
**ChoVR: Una herramienta de realidad virtual para la
formación en dirección coral**

**ChoVR: A virtual reality tool for choral conducting
training**



**Trabajo de Fin de Grado
Curso 2019–2020**

Autores

**Arturo Pinar Adán
Elena Romero Guantes
Cinthya Villaescusa Sifuentes**

Directores

**Borja Manero Iglesias
Alejandro Romero Hernández**

**Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería Informática
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid**

ChoVR: Una herramienta de realidad virtual para la
formación en dirección coral

ChoVR: A virtual reality tool for choral conducting training

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería Informática

Autores

**Arturo Pinar Adán
Elena Romero Guantes
Cinthya Villaescusa Sifuentes**

Directores

**Borja Manero Iglesias
Alejandro Romero Hernández**

Convocatoria: *Junio 2020*

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería Informática

**Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid**

25 de junio de 2020

Agradecimientos

Este proyecto no hubiera sido posible sin la ayuda y el apoyo de un buen número de profesionales:

En primer lugar, las personas que han pasado en distintos momentos por el Grupo de Investigación para la Adquisición del Conocimiento Musical. Gracias a Amaya Añúa Tejedor, Gabriel Rusinek Milner y Luis Noain Calabuig por atendernos siempre amable y generosamente nuestras consultas y aportar sus sugerencias.

En segundo lugar, a las personas relacionadas directa o indirectamente con la Orquesta y Coro Nacional de España y al Real Conservatorio Superior de Música de Madrid, por permitirnos analizar en profundidad la práctica de los directores de coro. También queremos dar las gracias a la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid por facilitarnos el proceso de investigación con el equipo necesario para llevar a cabo nuestro proyecto de realidad virtual.

En el ámbito personal, queremos dedicar un especial reconocimiento a nuestros familiares, amigos y compañeros de trabajo, por el apoyo incondicional y apostar siempre por nuestras ocurrencias, por impulsarnos a estudiar música e ingeniería informática y por cuidar de nosotros sin descanso en este tiempo tan difícil en el que se ha desarrollado la investigación.

Por último, queremos agradecer de manera especial a Borja Manero Iglesias y Alejandro Romero Hernández, nuestros directores del TFG, por haber confiado en nosotros para llevar a cabo nuestra idea y, además, por su inestimable ayuda y enseñanzas. Ante todas las dificultades que se nos han presentado, siempre han estado dispuestos a dedicarnos su tiempo. Gracias de corazón.

Resumen

La dirección coral es un encuentro entre la música, el director y los intérpretes. Pero ¿Cuál es la labor de un director? Es indiscutible que la manera de transmitir el lenguaje coral tiene que ser efectiva. Para ello debe haber alguien que ayude a mantener el ritmo, transmitir los matices de la obra y hacer que todos los elementos de la partitura se entiendan.

El lenguaje no verbal de un director de coro es una parte básica y fundamental en toda interpretación coral. Es por ello que durante la formación en dirección se debe incidir en la práctica de estos aspectos. Sin embargo, uno de los problemas que encuentran los directores es la imposibilidad de practicar desde sus casas durante el estudio debido a que no disponen a placer de un coro real o de una persona que les corrija.

En este proyecto hacemos uso de realidad virtual y captura de los gestos. Así, se pretende subsanar la falta de medios ofreciendo al usuario una herramienta gamificada dividida en tutoriales iniciales y niveles de mayor dificultad. Se ofrece así una experiencia lo más próxima posible a un coro real. De esta manera, el alumno puede controlar con sus manos aspectos como el tempo, el volumen y el tono, pudiendo también seleccionar qué tipo de voz debe cantar.

El proceso de investigación con expertos nos da una alta probabilidad de que será una herramienta complementaria útil para el estudio de los alumnos, proporcionando más horas de práctica en la formación de directores de coro.

Palabras clave

Dirección coral, Realidad virtual, Captura de movimiento, Tempo, Coristas, Movimiento, Gesto.

Abstract

Choral conducting is a meeting among the music, the conductor, and the performers. But, what are the responsibilities of the conductors? Mainly, they should help the choir to keep the rhythm, transmit them the nuances of the play, and make all the elements of the score consistent. The non-verbal language of a choir director is a fundamental part of any choir performance and is highly reinforced in music conservatories. However, one of the main problems that conductors face is the difficulty in their practice since they do not have at their disposal a real choir or an expert in providing them with useful feedback.

This project aims to make use of a gamified virtual reality and gesture capture to offer choir conductors with a safe and useful place to practice and improve. Thus, we intend to overcome the lack of means by offering the user a gamified tool divided into initial tutorials and more challenging levels. We aim to offer an experience as close as possible to a real choir. In this way, the student (future conductor) can control aspects such as tempo, volume, and tone with his hands, and can also select the voice that should start singing. Those aspects make our tool an effective way to practice choir conducting before facing real choirs.

In this paper, we present the design and developing phases of the project. Even though we do not have a fully playtesting yet, experts' opinions agree on the usefulness of the project as a complementary tool for the future choir direction students, providing a highly accurate and realistic space to practice the needed abilities.

Keywords

Choral conducting, Virtual reality, Motion capture, Tempo, Chorists, Movement, Gesture.

Índice

| | |
|--|----------|
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Motivación | 1 |
| 1.2. Metodología de Trabajo | 2 |
| 1.3. Estructura de la memoria | 4 |
| 1. Introduction | 5 |
| 1.1. Motivation | 5 |
| 1.2. Work Methodology | 6 |
| 1.3. Document structure | 8 |
| 2. Estado de la Cuestión | 9 |
| 2.1. Dirección Musical | 10 |
| 2.1.1. Proceso de aprendizaje del director | 10 |
| 2.1.2. Proceso de aprendizaje de una obra musical | 11 |
| 2.1.3. El gesto | 12 |
| 2.1.4. Las funciones del director | 13 |
| 2.1.5. Indicaciones de expresión | 15 |
| 2.1.6. Marcación del compás | 16 |
| 2.2. ¿Qué es realmente la realidad virtual? | 20 |
| 2.2.1. Gafas de realidad virtual | 20 |
| 2.2.2. Captura del movimiento | 21 |
| 2.2.3. Captura de movimiento para videojuegos | 23 |
| 2.3. Videojuegos y simuladores educativos | 24 |
| 2.3.1. Tecnologías para desarrollo de videojuegos | 24 |
| 2.3.2. Aplicaciones educativas | 26 |
| 2.4. Nuevas tecnologías en educación musical | 30 |
| 2.4.1. La educación musical tecnológica en los alumnos | 30 |
| 2.4.2. Profesores, los otros beneficiarios | 30 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 2.4.3. | Los dispositivos y sus usos en la educación musical . . . | 31 |
| 2.5. | Videojuegos musicales | 32 |
| 2.5.1. | Beat Saber | 32 |
| 2.5.2. | NoteHunters | 32 |
| 2.5.3. | Thumper | 33 |
| 2.5.4. | OnShape | 33 |
| 2.5.5. | SoundStageVR | 34 |
| 3. | Objetivos | 35 |
| 4. | Investigación y Desarrollo | 37 |
| 4.1. | Fase de investigación sobre dirección coral | 37 |
| 4.2. | Factores que se pueden integrar en un videojuego | 39 |
| 4.3. | Diseño del simulador gamificado | 41 |
| 4.3.1. | Gamificación | 41 |
| 4.3.2. | Diseño del entorno virtual | 42 |
| 4.3.3. | Diseño de la integración con la herramienta | 42 |
| 5. | Desarrollo de la herramienta | 44 |
| 5.1. | Tecnologías | 45 |
| 5.1.1. | Simulación virtual | 45 |
| 5.1.2. | Motion capture | 45 |
| 5.2. | Flujo de juego | 47 |
| 5.2.1. | Menú | 47 |
| 5.2.2. | Escenas minijuego tempo | 48 |
| 5.2.3. | Escena nivel avanzado | 55 |
| 5.3. | Implementación de las escenas de tempo | 60 |
| 5.3.1. | Cajas (States y Aux) | 60 |
| 5.3.2. | HI5_Right_Human_Collider | 63 |
| 5.3.3. | Complete Cinema | 63 |
| 5.3.4. | Canvas | 64 |
| 5.4. | Implementación de la escena nivel avanzado | 64 |
| 5.4.1. | Human_LeftHand y Human_RightHand | 64 |
| 5.4.2. | Complete Cinema | 64 |
| 5.4.3. | CharacterAreas | 65 |
| 5.4.4. | ColliderAreas | 65 |
| 5.4.5. | Coristas (NPCs) | 65 |
| 5.4.6. | HI5_Interaction_Objects | 66 |
| 5.4.7. | Scripts | 66 |
| 6. | Contribuciones | 71 |

| | |
|---|------------|
| 7. Conclusiones y Trabajo Futuro | 79 |
| 7.1. Conclusiones | 79 |
| 7.2. Trabajo futuro | 82 |
| 7. Conclusions and Future Work | 83 |
| 7.1. Conclusions | 83 |
| 7.2. Future Work | 87 |
| 8. Anexo | 88 |
| Bibliografía | 101 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| 1.1. Tablero de tareas en Jira | 4 |
| 1.1. Jira Board | 7 |
| 2.1. Clase de técnica gestual | 10 |
| 2.2. Figuras de los compases más simples | 16 |
| 2.3. Tipos de atril | 17 |
| 2.4. Ventana de movimiento de gestos | 17 |
| 2.5. Colocación de las manos | 18 |
| 2.6. Movimientos posibles de brazos | 19 |
| 2.7. Visión desde las gafas de RV | 20 |
| 2.8. Traje de motion capture de la empresa | 21 |
| 2.9. Mark Ruffalo con el traje de motion capture | 22 |
| 2.10. Set de grabación del videojuego | 23 |
| 2.11. Desarrollo de The Gallery | 23 |
| 2.12. Entorno de trabajo de Unity | 25 |
| 2.13. Entorno de trabajo de Unreal | 25 |
| 2.14. La flora y fauna de la app ThingLink | 26 |
| 2.15. Entrenamiento del cuerpo de bomberos con RV | 27 |
| 2.16. Episodio Whale Encounter del juego The blu | 28 |
| 2.17. Concierto virtual con audiencia mundial | 28 |
| 2.18. Escenario de RV para Google Earth VR | 29 |
| 2.19. Clases dirigidas mediante Realidad Virtual | 31 |
| 2.20. Visualización del juego | 32 |
| 2.21. Visualización de la aplicación | 32 |
| 2.22. Visualización del juego | 33 |
| 2.23. Visualización del juego | 33 |
| 2.24. Visualización del juego | 34 |
| 4.1. Directora del coro Microcosmos de la UCM | 38 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.2. | Diseño del proceso de investigación | 39 |
| 4.3. | Director fundador de la orquesta y coro RTVE | 39 |
| 4.4. | Esquema de desarrollo de la herramienta | 40 |
| 4.5. | Posición de los integrantes de un coro | 41 |
| 4.6. | Patrones gestuales de los 3 tipos de tempos utilizados | 43 |
| 5.1. | Set VIVE de realidad virtual HTC | 45 |
| 5.2. | Set de guantes Noitom, modelo Hi5 | 46 |
| 5.3. | Equipo completo: Realidad Virtual y Motion Capture | 46 |
| 5.4. | Diagrama de escenas de CHOVR | 47 |
| 5.5. | Menu inicial de la herramienta | 48 |
| 5.6. | Escena del compás 2/4: Gesto bien ejecutado | 50 |
| 5.7. | Escena del compás 2/4: Fuera de tiempo | 50 |
| 5.8. | Escena del compás 2/4: Gesto mal ejecutado | 51 |
| 5.9. | Escena del compás 3/4: Gesto bien ejecutado | 51 |
| 5.10. | Escena del compás 3/4: Fuera de tiempo | 52 |
| 5.11. | Escena del compás 3/4 : Gesto mal ejecutado | 52 |
| 5.12. | Escena del compás 4/4: Gesto bien ejecutado | 53 |
| 5.13. | Escena del compás 4/4: Fuera de tiempo | 54 |
| 5.14. | Escena del compás 4/4: Gesto mal ejecutado | 54 |
| 5.15. | Escenario con los personajes del nivel avanzado | 55 |
| 5.16. | Gesto inicial: Comenzar a cantar | 55 |
| 5.17. | Gráfico funcionalidades escena nivel avanzado | 56 |
| 5.18. | Gesto del director: Iniciar el canto | 57 |
| 5.19. | Gesto del director: Parar el canto | 57 |
| 5.20. | Gesto del director: Subir el tono | 58 |
| 5.21. | Gesto del director: Bajar el tono | 59 |
| 5.22. | Gesto del director: Subir el volumen | 59 |
| 5.23. | Gesto del director: Bajar el volumen | 60 |
| 5.24. | Diseño de cajas del compás 2/4 | 61 |
| 5.25. | Diseño de cajas del compás 3/4 | 61 |
| 5.26. | Diseño de cajas del compás 4/4 | 61 |
| 5.27. | Escena del compás 2/4: Bien ejecutado | 62 |
| 5.28. | Escena del compás 2/4: Error | 63 |
| 5.29. | CharacterAreas de cada corista | 65 |
| 5.30. | Gesto: Palma de la mano boca arriba | 67 |
| 8.1. | Design of the research process | 91 |
| 8.2. | Rehearsal Microcosmos choir | 92 |
| 8.3. | Tool development scheme | 93 |
| 8.4. | Virtual auditorium | 94 |

| | |
|---|----|
| 8.5. Tempos and its movements | 95 |
| 8.6. Tutorial screenshot | 96 |

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo de introducción plantearemos las ideas principales y el motivo que nos llevó a desarrollar este proyecto, los objetivos que se esperaban cumplir y las necesidades que deseamos satisfacer. Además, expondremos las partes en las que se divide esta memoria y por último hablaremos de la metodología de trabajo que hemos seguido durante el período de tiempo en el que se ha desarrollado el proyecto.

1.1. Motivación

En España, y en muchos otros países, el entrenamiento para convertirse en director de coro se lleva a cabo en un Conservatorio Superior de Música (Real Conservatorio Superior, 2017). Los planes de estudios incluyen prácticas con coros reales antes de poder convertirte en director. Sin embargo, la percepción de muchos profesionales del área es que estas prácticas resultan insuficientes. La principal razón por la que esto ocurre es que, para poder realizarlas, hace falta un coro, es decir, un conjunto de personas que estén a disposición del futuro director. Que un coro completo esté a tu disposición es caro y complejo por las agendas de los cantantes. Esa es la razón por la que se reducen este tipo de prácticas en las escuelas de música.

La buena comunicación entre el director de coro y los intérpretes es una parte fundamental para que se desarrolle correctamente una obra. Existe una parte de trabajo que se realiza en casa, tanto el estudiante de dirección, que estudia lo aprendido en clase como el director profesional, que ensaya sus gestos y postura corporal. Esta práctica permitirá al director que sus gestos sean más naturales cuando los realice en los ensayos con el coro.

Es cierto que las Federaciones Corales han fomentado nuevos métodos de aprendizaje musical, lo que ha provocado una evolución en el aumento de coros y en su calidad. Sin embargo, ninguna de las escuelas corales consultadas incluye herramientas tecnológicas para mejorar el aprendizaje en sus aulas. No obstante, en los últimos años, se ha multiplicado el uso de herramientas tecnológicas en diferentes ámbitos de la educación (Hernandez, 2017).

Los juegos serios son un ejemplo de éxito. Existen multitud de estudios que han comprobado la efectividad del uso de videojuegos como herramientas de aprendizaje. Se han utilizado en las áreas STEM ¹ (López et al., 2018).

En consecuencia, con los medios tecnológicos existentes hoy en día, es posible crear una herramienta complementaria que ayude al director en su estudio, ya que la única forma de práctica y ensayo que tienen los directores de coro es con los integrantes del coro presentes.

Cabe destacar que este proyecto ha suscitado interés dentro del mundo pedagógico y tecnológico. Los resultados de este trabajo se han publicado en un artículo que se presentará entre los días 6 y 7 de julio en el congreso Edu-Learn2020 ², y se publicarán, tanto el resumen como el artículo científico (incluido en esta memoria), en la IATED DIGITAL LIBRARY (International Academy of Technology and Development, 2020), como uno de los proyectos innovadores en educación y tecnología de 2020.

1.2. Metodología de Trabajo

Se ha utilizado el sistema de trabajo de las metodologías ágiles. Durante el proceso de trabajo se han realizado entregas flexibles gestionadas según las circunstancias y necesidades, ya que se desconocía la viabilidad del proyecto, el alcance y desarrollo.

- **Comunicación continua:** Hemos mantenido continuamente la comunicación con los directores desde el principio del proyecto con el fin de garantizar la calidad del producto. Hemos estado constantemente asesorados para asegurar la correcta elaboración del proyecto, tanto la parte técnica como la parte de investigación.

¹STEM: Término que agrupa las cuatro grandes áreas del conocimiento. Science, Technology, Engineering and Mathematics (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas)

²www.iated.org

- **Entregas constantes:** Hemos estado en contacto a través del correo para la resolución de dudas. Hemos realizado entregas con un período de margen de dos o tres semanas, siempre que no sean necesarias reuniones extra. Además, los últimos meses hemos utilizado la plataforma de Google Meet para poder llevar a cabo las reuniones que en un principio hacíamos de manera presencial en la facultad. Mediante la plataforma de Google Drive hemos agregado periódicamente las entregas. Esta plataforma ha permitido a los tutores modificar, comentar y corregir el trabajo realizado.
- **Control de versiones. (GitHub)**

Nuestro github está dividido en ramas separadas en función de la temática. Además, usamos Changelog, para llevar organizado un registro de cambios, indicando las modificaciones de cada versión y los pasos que hemos llevado a cabo, ya que en caso de necesidad, se puede volver a la versión anterior para corregir o deshacer un camino.
- **Visualización del trabajo en curso. (Jira)** Hemos usado esta plataforma para establecer las prioridades del trabajo restante, seleccionar las tareas pendientes que se harán para la siguiente reunión y dividir el trabajo entre los integrantes del equipo.

Esta plataforma ha sido especialmente útil, con su uso hemos evitado trabajar simultáneamente en una misma tarea, ya que hemos tenido limitaciones para poder trabajar juntos en un mismo lugar. Las columnas del tablero son:

- **Por hacer:** En esta columna aparece la lista de las tareas que están por realizar que se reajustan tras cada reunión y se asignan a uno o varios de los integrantes del equipo, las cuales se organizan por prioridades.
- **En curso:** En esta columna aparece la lista de tareas que se están desarrollando y serán modificadas por los integrantes del grupo cuando finalicen la tarea, pasando al bloque de testing.
- **Testing:** Aquí albergamos todas las tareas finalizadas que estamos probando. Revisamos cada tarea exhaustivamente antes de pasarla a la columna **Listo** y enseñársela a los tutores.

- **Listo:** Listado de tareas que tras el proceso de elaboración y revisión se pueden dar por finalizadas.

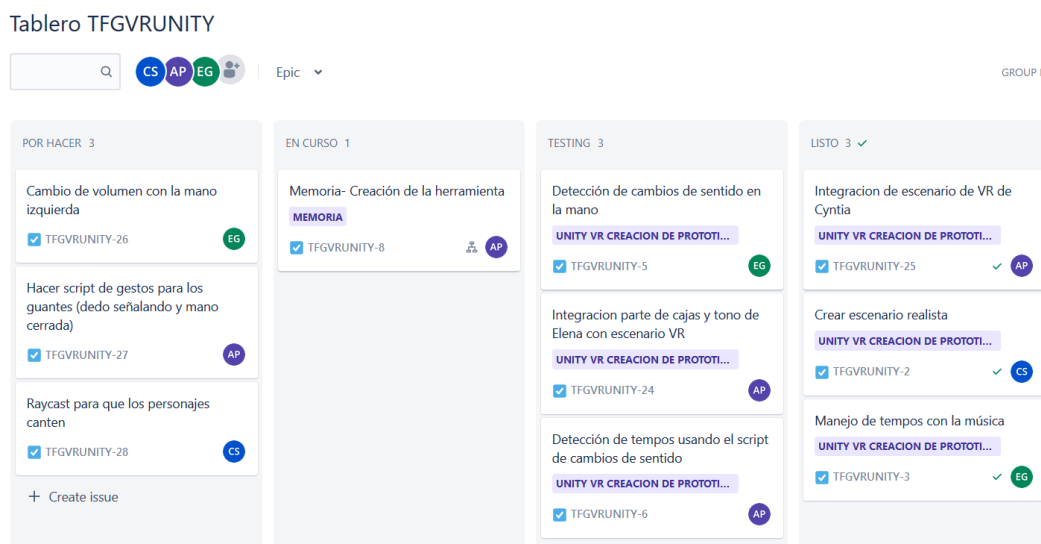


Figura 1.1: Tablero de tareas en Jira

1.3. Estructura de la memoria

La memoria de este trabajo estará estructurada de la siguiente manera. En el capítulo 2 (**Estado de la cuestión**), hablaremos de todos los aspectos importantes para la dirección coral, las nuevas tecnologías en el mundo de la música, educación y la realidad virtual.

En el capítulo 3 (**Objetivos**), será donde se describan los objetivos del proyecto.

En el capítulo 4 (**Investigación y Diseño**), se explica la metodología de trabajo elegida.

En el capítulo 5 (**Desarrollo**), se explicarán las cuestiones técnicas de la herramienta. En el capítulo 7 (**Conclusiones y trabajo futuro**), explicamos las conclusiones obtenidas una vez finalizada la creación del proyecto y cómo mejorar la herramienta en un futuro. En el capítulo 6 (**Contribuciones al proyecto**) se exponen las contribuciones de cada miembro del grupo al proyecto. Finalmente añadimos el artículo de investigación que se aceptó en la conferencia Edulearn 2020 ³ como **Anexo** en el capítulo 8.

³www.iated.org

Chapter 1

Introduction

In this introductory chapter we will present the main ideas and our motivation that led us to develop this project, the objectives that we were expected to achieve and the needs that we wish to satisfy. In addition, we will expose the parts into which this document is divided and finally we will talk about the work methodology that we have followed during the period of time in which the project has been developed.

1.1. Motivation

In Spain, and in many other countries, the training to become a choir director takes place at the Conservatorio Superior de Música (Real Conservatorio Superior, 2017). The curricula include practices with royal choirs before you can become a conductor. However, the perception of many professionals in the area is that these practices are insufficient. The main reason is that, in order to perform them, you need a choir, that is, a group of people who are available to the future director. Having an entire choir at your disposal is expensive and complex because of the singer's agendas, which is why this type of practice in music schools is reduced.

Good communication between the choir director and the performers is a fundamental part of the correct performance of a work. There is a part of work that is done at home, both, the student of choral conducting and often the professional director, have to rehearse their gestures and body posture. This study will allow the director to make his gestures more natural when he performs them in rehearsals with the choir.

While it is true that, Choral Societies have encouraged new methods for musical learning, in the choral schools consulted, none have been found including technological tools to improve learning in their classrooms. However, in recent years, the use of technological tools has multiplied in different areas of education (Hernandez, 2017). Serious games are an example of success. There are many studies that have proven the effectiveness of using video games as learning tools. They have been used in many areas of the so-called STEM (López et al., 2018).

Consequently, with the technological media that exist today, it is possible to create a complementary tool that helps the director in his or her study, since the reality is that a director without the choreographers is not certain of performing the gestures and harmony correctly. This variety of possibilities can only be achieved by meeting the audience in person.

It is important to remark that this project has attracted interest within the educational world. On April 2020, we submitted an article that have been accepted in EduLearn 2020 ¹. The scientific article and its presentation have been published in IATED DIGITAL LIBRARY (International Academy of Technology y Development, 2020), and it is considered one of the innovative projects in education and technology in 2020. Moreover, the article is included in Annex 8 of this document.

1.2. Work Methodology

We have acquired the working system of agile methodologies. During the work process we have made flexible assignments managed according to the circumstances and needs, since the viability, the scope and development of the project were unknown.

- **Continuous communication:** Communication with tutors has been constant in order to guarantee the quality of the product. We have been advised at all times to ensure the proper development of the project, both the technical part and the research part.
- **Continuous assignments:** We have been in contact through the mail for the resolution of doubts. In addition, the last few months we have used the Google Meet platform to be able to carry out the meetings that we originally did in person at the faculty. Using the Google Drive platform we have periodically added deliveries. This platform has allowed tutors to modify, comment and correct the work done.

¹www.iated.org

- **Visualization of work in process. (Jira)** We have used this platform to set priorities for the remaining work, select what will be done for the next meeting and divide the work among the team members. This also helps us to organize ourselves, as we have had limitations in working together in one place. The columns on the board are:
 - **To do:** In this column appears the list of tasks to be done that are reordered after each meeting and assigned to the respective team members according to its priority.
 - **In progress:** In this column is displayed the list of tasks that are in progress. When they are finished, the team members assigned to this tasks will move them to the testing column.
 - **Testing:** When a task is completed it is moved to the Testing column to proceed to its evaluation and testing phase where it is determined if it fulfills all its purposes and works correctly.
 - **Testing:** Here we host all the completed tasks we are testing. We review each task thoroughly before moving it to the "Done" column and showing it to the tutors.
 - **Done:** List of tasks that after the process of development and revision can be considered as completed.

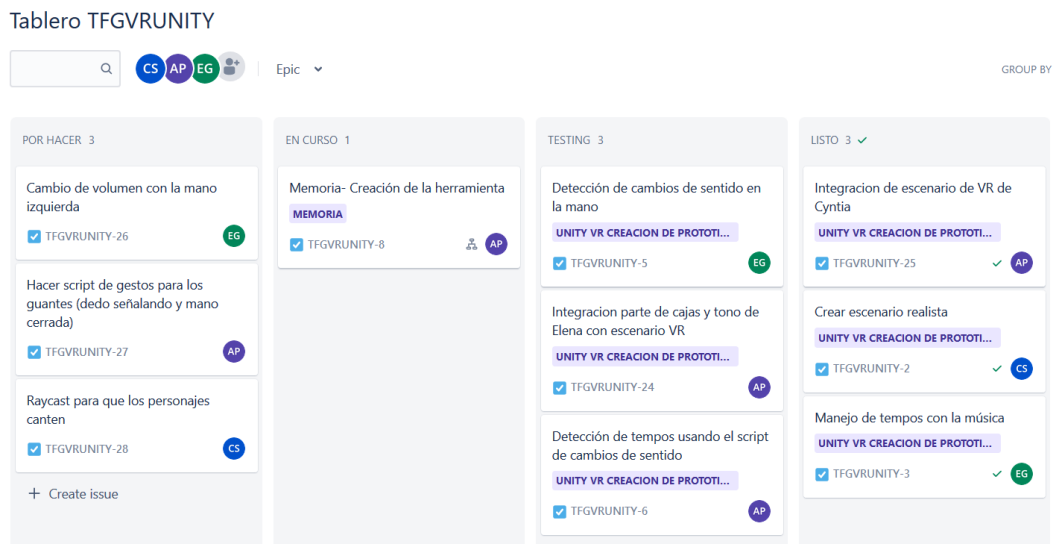


Figure 1.1: Jira Board

- **Version Control. (GitHub)** We have made assignments with a margin period of two or three weeks, as long as no extra meetings are necessary. Our GitHub repository is divided into separate branches depending on the task performed. In addition, we use a Changelog, to keep an organized track of changes allowing us to go back the previous version to correct or undo a path if necessary.

1.3. Document structure

This document will be structured as follows.

In chapter 2 (**State of the Art**), we will discuss, on one hand, choral conducting's bullet points. On the other hand, we will describe new technologies related to music, education and virtual reality. In chapter 3 (**Objectives**), we will describe the project objectives. In chapter 4 (**Research and design phases**), it is explained the work methodology selected for project's development and the reason why we have chosen it. In chapter 5 (**Development**), we will explain technical decisions taken in the development of the project. In chapter 7 (**Conclusions and Future Work**), we will expose the conclusions after development of the project and future ideas for improve the tool. In chapter refcap:contribuciones (Contributions to the project) the contributions of each member of the group to the project are set out. Finally, we include the investigation article accepted in Edulearn 2020 ² as **Annex** in chapter 8.

²www.iated.org

Capítulo 2

Estado de la Cuestión

Como ya se ha explicado en el capítulo 1, nuestro objetivo es crear una aplicación que permita practicar a los estudiantes de dirección coral de forma no presencial. Para ello, el primer paso debe responder a la pregunta ¿Cuál es la labor de un director?

Una vez establecido el enfoque detallado de los gestos y funciones del director, daremos un breve contexto sobre el diálogo que existe entre el director y los integrantes del coro y la importancia que existe entre las señales visuales y auditivas como fuentes de información.

Más adelante, se expondrán las indicaciones de expresión para comprender mejor que la música es mucho más que interpretar notas. Hay herramientas para lograr una mejor comunicación de la obra al público y transmitir distintas emociones. A continuación, se presentarán los proyectos basados en este campo aunando la música y las nuevas tecnologías en educación musical. Por último, hablaremos sobre la realidad virtual, exponiendo cuales son los instrumentos que se usan y las aplicaciones que tienen.

2.1. Dirección Musical

Se ha hecho un proceso de investigación para comprender qué aspectos musicales son imprescindibles para desarrollar nuestra herramienta. Para ello hemos recopilado la siguiente información para comprender mejor las metodologías pedagógicas y los recursos a los que tienen acceso los estudiantes a dirección de coro.

2.1.1. Proceso de aprendizaje del director

En el amplio espectro de agrupaciones corales tales como un coro, escolanía, coral de cámara, etc, existe una figura común, el director (Real Conservatorio Superior, 2017).

Para alcanzar los conocimientos necesarios para dirigir un coro, el estudiante pasa por fases de aprendizaje donde desarrolla una serie de aptitudes necesarias para abordar esta tarea (Ferrer, 1998) (Aviñoa, 1985), ya que el objetivo principal del director es alcanzar la máxima perfección a la hora de interpretar una obra musical.

Debe haber unos conocimientos previos en análisis, armonía, improvisación, acompañamiento y piano complementario. A partir de estos conocimientos, el estudiante se forma con clases de dirección de coros, bien a capella o bien acompañado de instrumentos, desarrollando su capacidad auditiva y la práctica del repertorio coral habitual en la formación de un director de coro (Figura 2.1).



Figura 2.1: Clase de técnica gestual

Durante su formación, el estudiante adquiere unos conocimientos de la técnica de dirección y desarrolla su capacidad comunicativa a través de sus gestos para ir reuniendo los elementos básicos que configuran el discurso musical desde el punto de vista de la dirección de coro.

Continúa ampliando conocimientos con asignaturas como armonía, composición, contrapunto, canto, historia de la música, improvisación y análisis. Estas asignaturas son obligatorias para la formación superior de cualquier músico.

Otro punto importante en el aprendizaje de director de coro es el estudio de los idiomas habituales en el repertorio vocal. Los idiomas principales que se estudian son el italiano, alemán, francés e inglés. Se profundiza en el aspecto fonético y prosódico y la relación que existe entre la voz cantada y hablada.

Un pilar importante para cualquier director es la educación auditiva para reconocer los distintos tipos de estructuras musicales y sonoras. Las competencias que se pretenden alcanzar son: reconocer, memorizar, reproducir elementos armónicos, rítmicos, tímbricos y melódicos.

Del conjunto de conocimientos que se adquieren en el estudio de dirección de coro, la parte en la que se centra el proyecto es en la técnica de dirección, es decir, el desarrollo de los gestos de cada director.

2.1.2. Proceso de aprendizaje de una obra musical

Para lograr el objetivo de interpretar correctamente una obra musical se requiere de una serie de fases de aprendizaje del grupo coral. El director irá guiando con técnicas auxiliares que ayudan a conseguir los objetivos que propone cada canción (Serradilla, 2016).

1. Es fundamental coordinar la parte lingüística de la composición con la parte musical para dar un sentido comunicativo en la interpretación de la obra. Realizar el calentamiento vocal, trabajar con el texto de la obra musical, recitarlo. Escuchar la canción sin texto para asimilar mejor la entonación y que los intervalos estén correctamente relacionados con el sentido de la pronunciación de las palabras (Schön et al., 2004).
2. Usar distintas versiones de la canción para asimilar mejor el ritmo que precisa.
3. Apoyo de un instrumento adicional como acompañamiento, normalmente piano, para corregir las diversas melodías e interpretar con exactitud cada nota.

4. Alternar monodia y polifonía. En primer lugar, asegurar la afinación melódica de cada grupo de voces por separado y corregir los errores. En segundo lugar, unir todas las voces y comenzar con el proceso de empaste para lograr un correcto balance de sonidos y un buen resultado final.
5. Una vez alcanzada la correcta reproducción de la canción, se estudia el carácter alegre, triste, vivo o calmado y la dinámica o intensidad de sonido que requieren ciertos pasajes de la obra.

2.1.3. El gesto

En cuanto a los gestos, debemos destacar que es el elemento más característico que diferencia a cada director. En un principio, el director sigue unas pautas generales por los que se ciñe la dirección coral y poco a poco va puliendo los movimientos dándole un toque personal. Los criterios generales que se deben ceñir los directores son (Gustems, 2008):

- **Eficaz.** Los recursos interpretativos deben ser fácilmente comprendidos por los intérpretes.
- **Comunicativo.** Tener una gran capacidad de transmisión, más allá del uso de las palabras.
- **Lógico.** Debe ser consecuente con las especificaciones que requiere el compositor de la obra, y seguir las indicaciones.
- **Estético.** Debe tener unos movimientos agradables a la vista, en consonancia con el estilo de la música.
- **Económico.** Debe tener la capacidad de ahorrar gestos repetitivos e indicar con la mayor claridad aquello que persigue comunicar.

El director trabaja con el poder de la comunicación no verbal, por ello es importante tener en cuenta estos criterios, que ligados a la teatralidad, ayuden a comprender y transmitir mejor el sentido que se desea dar a la obra de arte musical.

2.1.4. Las funciones del director

El director es la persona encargada de atender a las secciones del coro y mantener a todos los integrantes que lo componen coordinados entre sí.

Desde un punto de vista técnico, el director debe garantizar el equilibrio y la correcta sincronización de los diversos grupos de voces. Desde un punto de vista artístico, durante los ensayos el director transmite a los coreutas su propia interpretación de la pieza.

2.1.4.1. Preparación y ensayos

El director debe saber los conocimientos de los intérpretes y sus posibles limitaciones como el nivel técnico y expresivo que tienen, sus dificultades, etc. Con esta información sobre los integrantes del grupo y sabiendo el público al que se va a dirigir, hace la elección de las obras a interpretar.

Una vez concluida esta fase, hace un análisis previo de la estructura de la obra y su construcción, adquiriendo un alto conocimiento de las formas musicales. A pesar de que el director debe hacer su propia interpretación de la obra, debe encontrar cuál era la finalidad y la esencia del compositor en esa obra (Abellán, 2017). Entonces surge una combinación entre el carácter personal del director y la esencia del compositor.

Es entonces cuando se establece una serie de gestos que explicaremos en el apartado 2.1.4.2 que le servirán para guiar a los integrantes del coro a interpretar de la mejor forma posible la obra esperada.

A partir de este momento, comienza la fase de preparación de la obra con los integrantes del coro. El director deberá trabajar la obra con los músicos ensayando con diferentes técnicas vistas en el apartado 2.1.2 y deberá disponer de conocimientos técnicos y sociales para lograr la buena comprensión y obediencia por parte de los músicos.

2.1.4.2. Técnica gestual

De todo lo que necesita conocer un director, nosotros enfocaremos nuestro proyecto en la técnica gestual, para la cual es preciso conocer una serie de herramientas básicas, que con la práctica y dedicación se puede llegar a dominar (Corte y Terminal, 2019):

- **Posición:** La importancia de la posición corporal y la relajación, la forma de las manos, cómo empuñar la batuta, cómo adecuar el gesto de la dirección al físico del director.

- **Batir:** Es el procedimiento por el que se transmite la información rítmica y dinámica de los compases de la obra, a través del gesto.
- **Figuras simples:** Las figuras de compás más sencillas son: la plomada, el alla breve, el triángulo y la cruz. Estas figuras las explicaremos más detalladamente en el apartado 2.1.6 en la Figura 2.2.
- **Figuras compuestas y subdivisión:** Compases ¹ de amalgama ². Son compases muy propios de la música folclórica, flamenco y petenera usando la combinación de dos compases como por ejemplo $3/4 + 2/4$ o bien la combinación de $2/4 + 3/4$.

En estos casos se incrementa la dificultad en la dirección, ya que se debe tener muy clara la subdivisión ³ de los compases, dónde hacerlo y cuánto tiempo.

- **Gesto activo y pasivo:** Para desarrollar el compás correctamente, desde el punto de vista del pulso ⁴, existen gestos activos y gestos pasivos, es decir, dentro de cada compás unas secciones llevan un pulso más fuerte y otras secciones un carácter más débil e inexpressivo.

El director debe tener los conocimientos para jerarquizar los impulsos con los criterios que rige la obra y dar entradas en el instante adecuado.

- **Cierres:** Distintas formas de indicar un corte. Los calderones. Cómo ayudar al coro a pronunciar juntos las consonantes finales.
- **Dinámicas:** Indicar el volumen general y crear equilibrios sonoros dentro de la obra.
- **Articulación:** El director debe conocer las necesidades de la obra y cuándo realizar acentos para dar énfasis en un momento determinado, o de lo contrario si la obra requiere marcaciones más ligadas.
- **Tempo:** El director debe conocer las herramientas necesarias para mantener una velocidad constante y mantenerlo durante toda la obra salvo en los pasajes donde se requiera cambiar de tempo.

¹Compás: Entidad métrica que divide el tiempo en partes iguales según la unidad de tiempo por la que se guíe.

²Compás de amalgama: La suma de dos o más compases diferentes. Dando como resultado la combinación de dos compases diferentes.

³Subdivisión: Es la división interna que tienen los compases. Hay de dos tipos: Binaria o ternaria

⁴Pulso: Es una unidad básica que divide el tiempo en partes iguales y se emplea para medir el tempo en la música así como la frecuencia cardíaca.

- **Lenguaje corporal:** No sólo las manos transmiten información. El torso puede ser un pilar fundamental, ya que puede expresar muchas cosas a nivel musical (Fried, 2017), (Van Den Stock et al., 2009). Por ello, es de gran importancia la actitud corporal y la expresión facial, ya que a través de estos recursos permiten a los intérpretes transmitir la información y comunicar con detalle las exigencias del director.

2.1.5. Indicaciones de expresión

Como se viene estudiando, para lograr una buena interpretación de la obra, es imprescindible darle la máxima expresión musical para conseguir llegar a la sensibilidad del oyente. Para ello haremos uso de los siguientes términos (Rodríguez, 2013a)

- **Dinámica.** Se relaciona con otro parámetro musical de gran importancia: La intensidad ⁵. De este modo, la obra puede tener pasajes fuertes (fortissimo, forte, mezzo forte) y otros más débiles (pianissimo, piano, mezzo piano), indicados gracias a los matices fijados a lo largo de la partitura, que el director tendrá que transmitir.
- **Acentuación.** Es similar a la dinámica, pero aplicado a una nota en concreto. De este modo, la obra puede tener notas acentuadas, staccato, picado, tenuto.
- **Tempo** ("tiempo") hace referencia a la velocidad a la que se interpreta la música que, relacionado con el carácter, ayuda al coro a establecer una primera idea de las exigencias de la pieza. De este modo, un tiempo lento (grave, largo, adagio) tendría una línea más melancólica, mientras que uno más rápido (allegretto, vivace, presto) da sensación de alegría. Aunque no tiene por qué ser algo exacto.
- **Carácter.** El carácter que se debe tomar ante una obra musical es bastante subjetivo, ya que es un parámetro más personal del director. Aunque gracias a estas indicaciones se puede saber el matiz general (dulce, animado, gracioso, decidido) que dar a la obra.

⁵Intensidad: Cuando hablamos de la intensidad de la música nos referimos a la cualidad que diferencia un sonido suave de uno fuerte

2.1.6. Marcación del compás

El acto de dirigir lo relacionamos indiscutiblemente con las manos. De manera complementaria, los directores recurren al movimiento de los brazos para enfatizar así los gestos manuales. Todos los compases se pueden marcar con una de estas figuras básicas: la Plomada, el Triángulo y la Cruz (Fernández, 2019) simuladas respectivamente en la figura 2.2.

- La **Plomada** sirve para marcar los compases de 1 ó 2 tiempos.
- El **Triángulo** sirve para marcar los compases de 3 tiempos.
- La **Cruz** sirve para marcar los compases de 4 ó más tiempos.

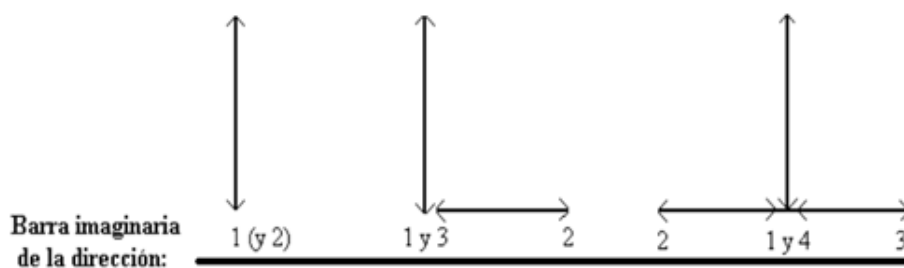


Figura 2.2: Figuras de los compases más simples

Nuestro proyecto se centrará en estos tres marcajes de los compases para simplificar el proceso de estudio de los movimientos en la aplicación.

Será la mano izquierda la que describa la expresividad y el carácter animado, fogoso, tierno (Apartado 2.1.5) así como la dinámica piano, forte (Apartado 2.1.5). El director debe ahorrar gestos y evitar hacerlo con ambas manos para utilizar los elementos necesarios. De esta manera, mantiene gestos en reserva para emplearlos en nuevas necesidades expresivas posteriores o solucionar algún imprevisto. La mano derecha, por su parte, principalmente marca el pulso, usando ambos brazos con cierta simetría entre ellos. (Poggi y Ansani, 2017)

Cabe destacar que, aunque cada mano se especializa en una misión determinada teniendo cierta independencia entre las manos, a su vez hay una relación entre ambas a la hora de expresar el matiz en un momento determinado de la obra. Ambas manos estarán siempre en un plano similar. Esta configuración se invierte en los directores zurdos. La mano derecha es la mano encargada de la agógica (tiempo, ritmo) y la mano izquierda es la encargada de la expresión y dinámica.

2.1.6.1. Infraestructura necesaria

Para poder ensayar la partitura, se precisa de un atril de dirección especial para esta actividad. Debe ser estable para soportar las partituras del director, más voluminoso y pesado que los atriles simples de los instrumentistas (Figura 2.3). El uso de un atril de dirección adecuado es de gran importancia para no adquirir defectos en los gestos, mala colocación del cuerpo o porque tape la cara del director. La parte donde reposa la partitura debe situarse de forma horizontal para poder leer desde arriba. Además, la altura del atril debe permitir la visualización de los gestos del director. (Rodríguez, 2013b)

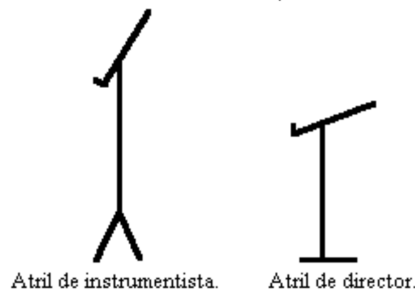


Figura 2.3: Tipos de atril

2.1.6.2. Postura inicial

Para comenzar a dirigir se tiene que adoptar una postura cómoda (Fernández, 2019), los pies un poco separados, la pelvis un poco hacia adelante y los hombros relajados. Las manos, en preparación de dirigir, suben hasta el nivel de la cintura formando una especie de cuadrado, donde se pueden hacer los gestos sin sobrepasar esos límites (Figura 2.4).



Figura 2.4: Ventana de movimiento de gestos

El rango en el que las extremidades superiores se mueven va desde la altura del codo hasta donde empieza la cara, de esta manera el cantante tiene claro el punto en el que centrarse, de lo contrario si el rango fuese mayor, el cantante tendría mayor dificultad de visión debido al atril y la aparición de dos puntos muy lejanos para observar, lo que derivaría a una mirada dispersa y poco exacta (Figura 2.5).

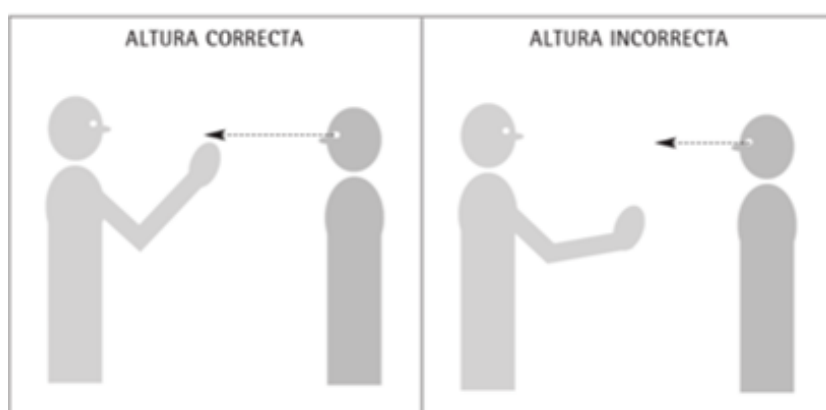


Figura 2.5: Colocación de las manos

2.1.6.3. Dirección coral, ¿Un diálogo posible?

La práctica de la ejecución coral se basa principalmente en la ejecución unidireccional entre el director y los coreutas. Por tanto, el director es el actor principal, el cual debe construir, comunicar y regular todos los parámetros musicales en la interpretación de una obra.

Para hacer un estudio más detallado, estudiamos los gestos de los directores y observamos la comunicación entre director y el coreuta, de este modo, entendimos la práctica coral como un espacio de relaciones entre el tiempo y la interpretación, en el que prima la importancia de la interacción que ocurre entre director-coreutas, coreutas-director y coreuta-coreuta (Mithen et al., 2006).

2.1.6.4. Las claves visuales y auditivas como fuentes de información temporal

Como hemos ido narrando anteriormente, entendemos la sincronización coral como la relación entre el ajuste temporal y la secuencia de sonidos musicales o los sonidos de un metrónomo.

Tratándose de la interacción entre el director y los coreutas, hay estudios que utilizan un amplio repertorio de comportamientos no verbales (Lara, 2017), gestos faciales y corporales, que coordinados entre sí componen la correcta dirección coral.

Nosotros nos centraremos en el estudio de los movimientos de los brazos y las manos y la relación que existe entre los movimientos corporales del director con los participantes del coro para observar lo que provoca y cómo los intérpretes corrigen su ejecución ajustándose a las exigencias del gesto. Cada director tiene sus propios gestos personales, pero hay unos gestos genéricos comunes a todos los directores y este principio se asume en este proyecto. De lo contrario, sin este denominador común el coro no podría interpretar de forma correcta la obra.

El gesto debe ser claro, preciso, sobrio, elegante y expresivo. Las acciones principales en las que se basa un director son (Rodríguez, 2013b):

- **Movimiento frontal-vertical:** El director debe mover sus brazos y manos en un plano frontal y vertical delimitado entre los codos y la cara, respecto a la vista de los intérpretes.
- **Movimiento inclinado de los brazos:** Los movimientos que se hagan en un plano inclinado respecto a su vista pierden información cuanto más inclinado resulte este plano.
- **Movimiento horizontal de los brazos:** son inútiles aquellos movimientos que se hagan en un plano horizontal respecto a su vista.

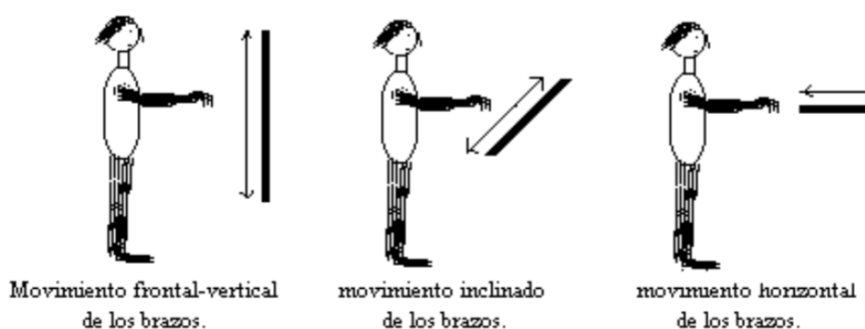


Figura 2.6: Movimientos posibles de brazos

2.2. ¿Qué es realmente la realidad virtual?

La realidad virtual es un nuevo término surgido gracias al desarrollo e innovación de la tecnología en los últimos años. Se puede ver como un nuevo medio con el que, a través de la experimentación, se pretende encontrar nuevas aplicaciones prácticas para comunicarse (Sherman y Craig, 2002) o bien, como un conjunto de experiencias inmersivas y sensoriales dentro de un entorno (Lechtaler et al., 2015) .

Sin embargo, al tratarse de un medio en constante evolución, los expertos no coinciden en su exacta definición. Hay quienes lo limitan a un ámbito de tecnología hardware (Steuer, 1992) y es que la realidad virtual va estrechamente ligada a estos aparatos. La unión de estas herramientas y el software adecuado logran transportar al usuario a una simulación lo más aproximada posible a los deseos del desarrollador.

2.2.1. Gafas de realidad virtual

Cabe destacar que todas las aplicaciones desarrolladas actualmente con realidad virtual implican el uso de gafas. Estas son capaces de transportarnos casi por completo a ese mundo virtual creado digitalmente (Pan et al., 2006).

Además, desde los últimos años han estado en constante desarrollo, lo que hace posible que hoy tengamos distintos tipos de gafas, más simples y baratas con fines muy concretos como la visualización de vídeos o más sofisticadas, destinadas para videojuegos que requieran mayor calidad.



Figura 2.7: Visión desde las gafas de RV

2.2.2. Captura del movimiento

Atendiendo a las pautas que da Levis en cuanto a las bases técnicas de la realidad virtual (Levis, 2006), se plantean nuevas ideas y dudas sobre cómo conseguir realismo en el entorno virtual. Asegura que la interactividad es necesaria en estos entornos, pero ¿cómo puede llegar a cumplirse con los medios de los que disponemos hoy en día?

Una de las posibles soluciones es la captura del movimiento (MoCap), definido como una tecnología capaz de grabar el movimiento humano a través de sensores y mapear digitalmente dicho movimiento a criaturas creadas por ordenador (Bregler, 2007). Dependiendo de la aplicación en la que se use y su finalidad, se puede ver como la unión entre el mundo real y el creado computacionalmente o bien como una herramienta para el estudio de movimientos.

2.2.2.1. Aplicaciones educativas de motion capture

Hace unos años, la tecnología en los centros educativos estaba limitada por los precios encarecidos de los equipos de motion capture y realidad virtual. Hoy en día, la diversidad de empresas que apuestan por esta tecnología ha hecho abaratar los costes. Es el ejemplo de Chordata ⁶ una empresa emprendedora que ha logrado reducir los costes del equipo al 50% con el uso de código abierto, de modo que cualquier persona que tenga conocimientos de programación puede hacer uso de ello y mejorarlo sin coste alguno. Además, la producción de los trajes se realizan en una empresa de confección artesanal. Al tratarse de modelos sencillos, permiten el uso de estos trajes al alcance de cualquiera (Figura 2.8).



Figura 2.8: Traje de motion capture de la empresa

⁶www.chordata.com

Los centros educativos que toman la decisión de adquirir un traje de motion capture, apuestan por este tipo de sistemas, es decir, el uso de trajes especializados que no conllevan un elevado coste ni sofisticación.

Varias universidades en el mundo cuentan con un sistema de tecnología de captura de movimiento para preparar a los estudiantes en las especialidades de ingeniería, cinematografía y artes audiovisuales (Elvira y Río, 2017). El uso de estas herramientas abre la posibilidad de estudiar una gama de opciones como la medición y control de robots, ciencias médicas, ciencias del deporte y para la industria del entretenimiento en la producción de películas y videojuegos (Apartado 2.2.2).

2.2.2.2. Captura de movimiento en el cine

Esta tecnología lleva siendo usada durante años en el mundo del cine para añadir efectos especiales a las películas o bien, para crear animaciones a partir del movimiento humano (Gómez Echeverry et al., 2018). Encontramos múltiples ejemplos en este campo en los que todos siguen un mismo patrón: una persona, equipada de distintos tipos de sensores, se expone ante las cámaras para realizar los movimientos pertinentes. En la producción de la película, se añaden los efectos necesarios o se trasladan dichos movimientos a una animación (Figura 2.9).



Figura 2.9: Mark Ruffalo con el traje de motion capture

2.2.3. Captura de movimiento para videojuegos

Otra aplicación donde podemos ver el uso de motion capture es en la creación de videojuegos. La interpretación y la tecnología se unen para dar lugar a un nuevo universo virtual. Aunque el alto coste del hardware dificulta el desarrollo de estos (Pueo y Jimenez-Olmedo, 2017), afortunadamente se desarrollan videojuegos con esta tecnología (Figura 2.10).



Figura 2.10: Set de grabación del videojuego

Actualmente se trabaja con en software en 3D potenciando el método de óptica pasiva para poder recrear en tiempo real la situación deseada ante los monitores, y así tener una mejor y más rápida comprensión, ya que las pantallas del estudio de grabación no sólo muestran lo que graban las cámaras, sino también cómo se vería en el videojuego ⁷ (Figura 2.11).



Figura 2.11: Desarrollo de The Gallery

⁷ www.realovirtual.com

2.3. Videojuegos y simuladores educativos

El uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en la sociedad actual ha ido avanzando de forma progresiva especialmente en la última década (Ruiz y Del Valle, 2014). Hace unos años era impensable el uso de ordenadores en las clases, exponer los trabajos en proyectores o el uso de tablets con el temario de las asignaturas (Sustaeta y Domínguez-Alcahud, 2004).

2.3.1. Tecnologías para desarrollo de videojuegos

A lo largo de la historia se han utilizado numerosas técnicas o tecnologías en el desarrollo de los videojuegos (Iglesias, 2011), sin embargo, hoy en día la que destaca son los llamados motores de juegos (game engine).

Los motores de juegos o videojuegos proveen al desarrollador de una serie de herramientas y rutinas de programación para facilitar el diseño, creación y representación del juego (Gil Romero, 2014).

Este aumento de facilidad en el desarrollo de videojuegos junto con la aportación de un motor para los gráficos 2D y 3D, son algunos de los motivos que han llevado a que hoy en día se haya incrementado notablemente su utilización.

En la actualidad existen numerosos motores de juegos como Id Tech5, CryEngine3, Anvil, RAGE, Source, Unity o Unreal Engine. Sin embargo, en este documento solo se analizan los dos últimos por ser los más utilizados (Gil Romero, 2014).

2.3.1.1. Unity

Desarrollado por Unity Technologies en el año 2004, surgió como una iniciativa de la compañía para proveer a los desarrolladores de juegos de un entorno que permitiría desarrollar todos los juegos bajo una capa común sin requisitos específicos de cada plataforma (Rico y Arbelaez, 2015).

Unity posee numerosas ventajas como la cantidad de documentación presente en Internet, su facilidad de aprendizaje, la posibilidad de desarrollar juegos para Realidad Virtual y un entorno de trabajo fácil e intuitivo (Figura 2.12) .

Por otro lado, tanto la mala gestión de las librerías .Net que pueden ralentizar algunos procesos como su limitación para algunos diseños de objetos son algunas de sus principales desventajas.

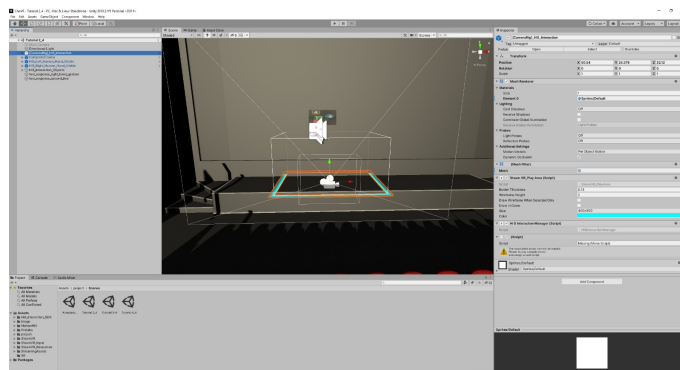


Figura 2.12: Entorno de trabajo de Unity

2.3.1.2. Unreal Engine

Unreal Engine fue creado por la compañía Epic Games en el año 1998 orientado al desarrollo de videojuegos en primera persona. Actualmente, el entorno de trabajo (Figura 2.13) ofrece desarrollo móvil y en realidad virtual, un lenguaje gráfico de programación conocido como Blueprint (Rico y Arbelaez, 2015). Entre sus principales ventajas destacan la posibilidad de poder modificar el propio código del motor al ser Open Source ⁸.



Figura 2.13: Entorno de trabajo de Unreal

⁸ www.redhat.com

Destaca su gran calidad en la iluminación global de la escena, gran potencia en la creación de materiales y shaders ⁹, su posibilidad de programar de manera visual a través de blueprints ¹⁰ o su gran cantidad de documentación. Sin embargo, el principal problema que presenta Unreal es su dificultad de aprendizaje al tener un lenguaje (C++) y un editor poco intuitivos. Finalmente, otro aspecto negativo muy destacado es la poca optimización en los proyectos orientados a dispositivos móviles.

2.3.2. Aplicaciones educativas

Investigando acerca de proyectos destinados a la educación, formación, conocimiento o práctica de los usuarios en distintos temas, destacamos los siguientes:

2.3.2.1. Aplicaciones y plataformas

Algunos ejemplos de aplicaciones y plataformas centradas en la educación son VR Lessons by ThingLink ¹¹, Unimersiv ¹², VR Language App by Mondly ¹³, Anatomyou VR ¹⁴. Estas aplicaciones permiten aprender idiomas a través de sencillos diálogos, recrear situaciones cotidianas con la ayuda de la realidad virtual, aprender anatomía humana navegando por el cuerpo humano, transportar a una época determinada, aprender sobre el espacio e historia y explorar el ecosistema de una región lejana.

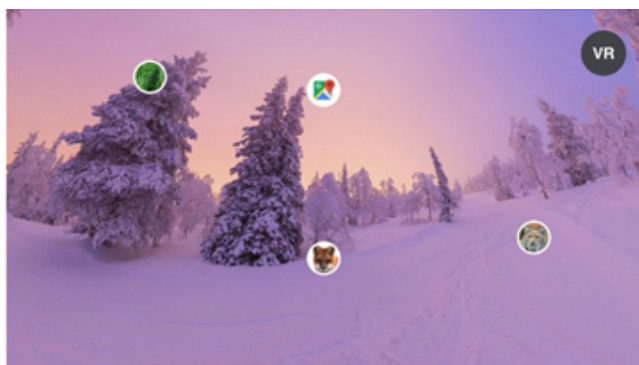


Figura 2.14: La flora y fauna de la app ThingLink

⁹ www.shaders.com

¹⁰ www.unrealengine.com/blueprints

¹¹ www.thinglink.com

¹² www.unimersiv.com

¹³ www.mondly.com

¹⁴ www.anatomyou.com

2.3.2.2. TwoReality

*TwoReality*¹⁵ Es una empresa especializada en el ciclo de diseño, creación y desarrollo de aplicaciones virtuales solicitadas por otras empresas e implementadas para Microsoft HoloLens, HTC Vive, Oculus, Samsung Gear VR y Cardboard.

La compañía apuesta por diversos campos profesionales como el entrenamiento de personal en el sector de la industria y construcción a través de realidad virtual, decoración de espacios, simulaciones en Realidad Virtual (RV) para la industria, videojuegos con desafíos y recompensas, turismo, salud.

TwoReality persigue poder facilitar a cualquier persona el desempeño de cualquier profesión desde la RV.



Figura 2.15: Entrenamiento del cuerpo de bomberos con RV

2.3.2.3. The blu, Ballenas, Peces y Mundo Submarino

*The Blu*¹⁶ fue desarrollado por la compañía Penrose Studios, una empresa enfocada en la creación de experiencias de RV como *Maestro*, herramienta que permite crear y revisar los proyectos de tu equipo de trabajo desde dentro de la RV o *Arden's Wake: Tide's Fall*, que representa la vida de una niña que crece en un mundo postapocalíptico. Sin embargo, su experiencia más emblemática es considerada *The blu*. Es el primer juego que ha permitido traer la experiencia de sumergirse en el fondo marino sin necesidad de salir de casa.

¹⁵ www.tworeality.com

¹⁶ www.theblu.com

The Blu, también conocido como *Whale Encounter*, fue su gran éxito reconocido como la experiencia más simbólica y popular de RV en la selección del festival *Sundance Film Festival* de 2016. Este episodio permite contemplar a la criatura más larga del planeta: La Gran Ballena Azul que puede llegar a medir hasta 25 metros de longitud. *The Blu* también contiene otros episodios en los que permite experimentar el buceo al lado de un arrecife lleno de coral o en los inmensos fondos marinos.



Figura 2.16: Episodio Whale Encounter del juego The blu

2.3.2.4. The WaveVR

*The WaveVR*¹⁷ es una compañía que realiza eventos con artistas miembros de la comunidad. Con la herramienta *Wave Builder*, crean espacios en RV y un conjunto predeterminado de gráficos. Permiten al usuario caminar, gesticular e interactuar con otros usuarios y estos podrán disfrutar de sus cantantes favoritos desde sus casas viviendo una experiencia inmersiva.

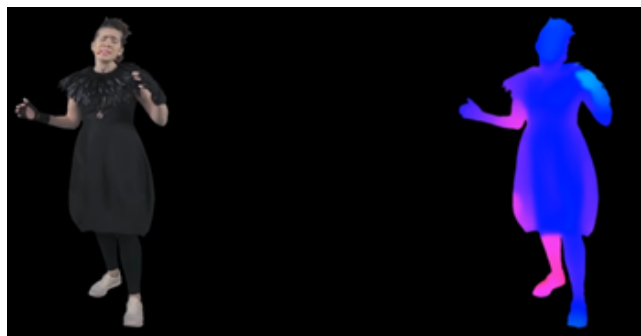


Figura 2.17: Concierto virtual con audiencia mundial

¹⁷ www.wavexr.com

2.3.2.5. Google Earth VR

Google ¹⁸, creador de Google Earth, nos ha permitido poder ver cualquier lugar en el mapa del mundo a través de una pantalla. En la actualidad, Google ha decidido apostar por la RV creando su famosa herramienta de descarga gratuita Google Earth VR.

Permite experimentar un viaje a casi cualquier lugar de nuestro planeta a través de equipos de RV como *Oculus* o *VIVE*. Busca poder relajarnos y hacernos viajar en cualquier momento sin salir de casa y con el único esfuerzo de conectar el equipo de RV. Está compuesto por tres grandes modalidades:

En primer lugar, el modo *Walk Around* nos permite caminar a través de ciudades, montañas, desiertos, volcanes, y prácticamente casi cualquier tipo de paisaje desde una altura suficiente como para poder contemplar gran cantidad de los kilómetros cuadrados que lo componen (Figura 2.18). También capta todo tipo de movimientos de la cabeza, como por ejemplo agacharse para ver con más detalle una zona. Otra modalidad muy utilizada es el modo *Fly* que a través de HTC VIVE Controllers o mandos con funcionalidad similar de Oculus, permite poder volar contemplando todo un paisaje o ciudad. Finalmente, la modalidad *Browse* permite seleccionar un lugar del globo terráqueo para teletransportarse y poder observar con más detalle. También incluye la opción de ver el planeta Tierra desde una perspectiva satelital.



Figura 2.18: Escenario de RV para Google Earth VR

Actualmente, ofrece varios escenarios para explorar. Algunos de ellos son el Estadio de Hong Kong, Hoover Dam (Nevada/Arizona), El Coliseo de Roma o los Alpes suizos. En el futuro Google pretende que sea alcanzable cualquier lugar de nuestro planeta.

¹⁸ www.google.com/earth

2.4. Nuevas tecnologías en educación musical

Se dice que la música tiene la capacidad de transmitir sentimientos que nos evoca recuerdos del pasado, nos transporta a otro lugar o incluso recordar épocas que nos marcaron de alguna manera (José Joaquín García Merino, 2010).

La introducción de las nuevas tecnologías en educación musical durante los últimos años, está permitiendo mejorar los recursos para el desarrollo de este campo a todos los niveles (Álvarez, 2017).

2.4.1. La educación musical tecnológica en los alumnos

En la docencia musical, estas nuevas tecnologías están teniendo una gran acogida (Peula et al., 2017). Gracias a estas, los alumnos consiguen una formación más completa, redefiniendo la enseñanza de la música. Hoy en día, los alumnos cuentan con infinidad de recursos con los que pueden descubrir nuevos estilos musicales, adentrarse en la historia de la música o incluso transformarla y jugar con ella gracias a diversas aplicaciones.

Numerosos estudios narran la importancia de la nueva línea de trabajo en la metodología basado en el uso de las TICs para la enseñanza musical (Serrano, 2017), (Romero Carmona, 2004), (Gértrudix Barrio, 2009). Otros estudian cómo los alumnos desarrollan habilidades gracias a la presencia y el uso de esta tecnología (Galera Núñez y Gutiérrez Cordero, 2009).

También, pueden fomentar la curiosidad y la creatividad, exponiendo conceptos como juegos o retos. Se ha demostrado que el buen uso de las nuevas tecnologías en el aprendizaje musical suscita más motivación y mejora la calidad en el aprendizaje (Ho, 2004).

2.4.2. Profesores, los otros beneficiarios

Pero no solo implica una mejora de aprendizaje en el alumnado. Estas facilitan la labor del profesorado, incidiendo en su desarrollo profesional. Los propios profesores se sienten más cómodos usando estas nuevas herramientas y el uso que hacen de ellas es cada vez más habitual (Bauer et al., 2003) (Salinas Ibáñez, 2004) (Hernández et al., 2018).

Además, sirven para mejorar los recursos del profesorado, y así permitir a los alumnos ampliar conocimientos desde otra perspectiva, ya que el enfoque de la asimilación de contenidos se fija desde otro punto de vista, con la participación activa de los alumnos en su proceso de aprendizaje (Campus, 2011)(Pérez Cañado y Ráez Padilla, 2014).



Figura 2.19: Clases dirigidas mediante Realidad Virtual

2.4.3. Los dispositivos y sus usos en la educación musical

Así pues, el ordenador, Tablet o dispositivo móvil se puede ver como un elemento que transforma ideas abstractas en sonidos organizados. De esta manera, el dispositivo se convierte en una herramienta, un medio y un instrumento.

Como herramienta, y con el software y hardware específico, el usuario puede actuar como un director que controla todo lo que esta le puede ofrecer. Como medio, permite al alumno explorar y ser curioso, ofreciendo diversas posibilidades de transformación del sonido.

Pero quizá, el concepto del dispositivo como un instrumento sea el recurso más importante con el que cuenta un profesor. ¿Qué diferencias hay entre un violín y una guitarra? ¿Cómo se tienen que poner los dedos para tocar el piano? ¿Cómo suena un clarinete cuando el director le señala? Todos estos conceptos pueden ser enseñados de manera accesible gracias a las nuevas tecnologías (Wise et al., 2011).

2.5. Videojuegos musicales

2.5.1. Beat Saber

Es un videojuego en el cual con el uso de ambos mandos que simulan dos sables, se van cortando las notas a medida que se van acercando al jugador. Con el paso del tiempo la dificultad se incrementa: aumenta la velocidad y el jugador deberá estar dotado de gran habilidad y coordinación para evitar una serie de obstáculos que van apareciendo mientras mantiene el ritmo y sigue cortando las notas ¹⁹.



Figura 2.20: Visualización del juego

2.5.2. NoteHunters

Es una aplicación enfocada a niños entre 6 y 14 años para iniciarlos en el aprendizaje del mundo de la música, se juega cantando o tocando un instrumento. La Cazadora de Notas viaja por el mundo volando y cazando las notas reproducidas correctamente que aparecen en el pentagrama ²⁰.

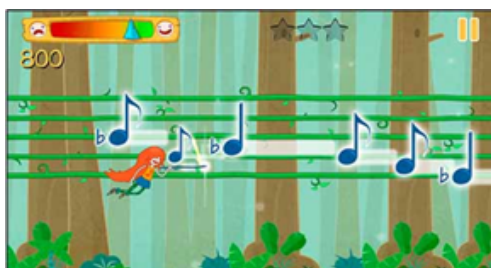


Figura 2.21: Visualización de la aplicación

¹⁹ www.beatsaber.com

²⁰ www.notehunters.com

2.5.3. Thumper

Es un juego para PS4 para jugarlo en realidad virtual en el cual se controla un escarabajo metálico que se va moviendo a toda velocidad por una pista infinita llena de curvas y obstáculos. A medida que avanzan los obstáculos, cada movimiento que se realiza generará un sonido, que a mayor velocidad se convertirán en notas de música electrónica ²¹.



Figura 2.22: Visualización del juego

2.5.4. OnShape

Es un juego musical para VR basado en el programa de televisión *Hole in the Wall*, donde hay que adoptar distintas formas según la silueta que aparece en el muro para lograr pasar sin chocarse. Incluye coreografías acompañadas de la forma que se deberá adoptar para atravesar el muro con éxito ²².

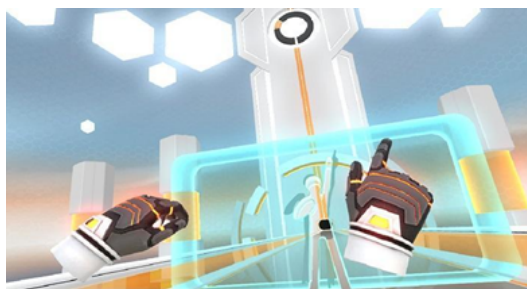


Figura 2.23: Visualización del juego

²¹ www.thumpergame.com

²² www.onshape.com

2.5.5. SoundStageVR

Es una aplicación de Realidad Virtual que te permite construir un estudio musical. A través de las gafas puedes diseñar y personalizar el estudio de grabación con altavoces, teclado u otros instrumentos, mesas de mezclas, y otras muchas aplicaciones a disposición de cualquiera desde su propia casa .
23



Figura 2.24: Visualización del juego

Capítulo 3

Objetivos

Esta memoria detalla las fases de investigación, diseño y desarrollo de la herramienta ChoVR, una aplicación de realidad virtual basada en la práctica del movimiento de las manos en dirección coral.

El **objetivo principal** de este proyecto es facilitar la práctica en solitario del estudiante de dirección coral y que este pueda prescindir de otras personas y corregir la ejecución de sus gestos mediante esta herramienta. Así, el usuario se meterá en la piel de un director de coro, con un coro virtual delante que reacciona a sus gestos.

El escenario le permitirá practicar ciertos parámetros musicales como el tempo, carácter e intensidad y ensayar con coristas que reaccionarán a sus movimientos en tiempo real.

El público objetivo será el alumnado de dirección coral. Además, al ser una aplicación educativa, servirá de iniciación para dar nociones a los interesados en el mundo de la música. Para ello, se ha desarrollado un entorno de realidad virtual mezclado con captura de movimiento para que el usuario pueda interactuar con los elementos de la simulación.

En un planteamiento inicial previo a la crisis sanitaria, para alcanzar nuestro objetivo principal descrito anteriormente, este proyecto se dividió a su vez en los siguientes subobjetivos:

1. Realizar un análisis de los contenidos. Para poder decidir cómo se iba a implementar la herramienta, se hizo hincapié en analizar la formación de los directores de coro y en buscar una solución informática para solventar los problemas a los que se enfrentan (Apartado 1.1).

2. Adecuar la posición de los elementos interactivos de la herramienta para cada usuario según su altura.
3. Simular una representación adecuada de un coro de manera virtual que permita la interacción con el usuario.
4. Analizar y posteriormente implementar los gestos genéricos que realizan los directores de coro.
5. Guiar al usuario en la realización de los patrones predeterminados del tempo (Figura 4.6).
6. Dirigir visualizando una partitura seleccionada por el usuario dentro de la colección de partituras que ofrece la herramienta.
7. Recrear un coro monofónico como prototipo básico, es decir, un coro formado por una sola voz.

Con este inusual panorama, nuestro objetivo principal sigue siendo el mismo, facilitar la práctica en solitario del futuro director y corregir sus gestos, sin embargo nos hemos visto obligados a adaptarnos a la situación actual y realizar una reorientación de los subobjetivos previamente establecidos:

- Ajuste de la altura del usuario: Se tuvo que descartar el segundo subobjetivo, pues no se pudo medir ni observar a los suficientes directores corales.
- Uso de partitura: Se tuvo que descartar el sexto subobjetivo, ya que al no poder realizar la fase de experimentación, no se pudo constatar si había un exceso de elementos con el uso del visor de la partitura y los componentes de las escenas que pudiesen abrumar al usuario.
- Recreación de un coro monofónico: Una vez alcanzado el subobjetivo siete, mejoramos la simulación aumentando el número de voces y creando un coro polifónico formado por un total de cuatro voces.

Capítulo 4

Investigación y Desarrollo

En este capítulo se explican la fase de investigación y diseño por las que pasó este proyecto. Dentro de la fase de investigación se abarcan distintas cuestiones como el por qué se eligió un coro, factores importantes a tener en cuenta en dirección coral y cómo han influido las indicaciones de diversos expertos musicales.

Por otro lado, en la fase de diseño se explican qué elementos se han integrado en la herramienta para cumplir los objetivos previamente analizados.

4.1. Fase de investigación sobre dirección coral

La fase de investigación se inició estudiando qué pautas se debían seguir para desarrollar una herramienta que pudiera ser útil para la enseñanza de música. Se concertaron distintas entrevistas con expertos musicales, como Gabriel Rusinek (Rusinek, 2012), quien sugirió orientar la herramienta a los coros, pues con un coro monofónico (de una sola voz) se puede crear un producto mínimo viable (MVP).

Con una voz, resulta sencillo extraer factores como el tempo y la intensidad. Una vez proyectado en esa dirección, en un punto de estudio más avanzado, se pueden añadir más voces a la obra, de las que también se podrá sacar información y ver cómo conectan entre ellas.

Habiendo enfocado el proyecto en torno a la dirección coral, se analizaron los diferentes problemas que podrían sufrir los alumnos y buscar una solución con una herramienta informática. Así, se observó el gran problema que tienen los estudiantes de dirección coral al no poder practicar sin un coro.

En una entrevista concertada con la directora Amaña Añúa Tejedor del coro Microcosmos de la Universidad Complutense de Madrid (UCM, 2020), nos brindó sus conocimientos asesorándonos y aclarando que la labor de un director se basa en un conjunto de movimientos de distintas partes de su cuerpo, como las manos, los brazos y la cara.

Su criterio principal a la hora de enumerar las características esenciales que debe tener un director en cuanto al gesto radica en la precisión y la expresión. Un gesto muy expresivo, pero con poca exactitud creará muchos problemas de comprensión al grupo. En cambio, un gesto muy preciso, pero poco expresivo acabará por ser aburrido.

Profundizando un poco en el anterior párrafo, la posición antes de comenzar una obra da mucha información al coreuta de lo que ocurrirá a posteriori. Nuestra labor consistirá en coger una serie de puntos de referencia en el cuerpo mediante los guantes de Realidad Virtual. De este modo, el programa los usará para tomar la decisión de si es o no es correcto el movimiento a realizar. Por tanto, la combinación de ambos elementos de forma natural representa la efectividad que, como proyecto, se debe perseguir.



Figura 4.1: Directora del coro Microcosmos de la UCM

Asistimos a varios ensayos de coro y reuniones con la Orquesta y Coro Nacionales de España (Orquesta y Coro Nacional, 2020). En ellos, se analizaron los movimientos realizados por cada director y se decidió cuáles de ellos resultan comunes a todos los directores.

Las conclusiones extraídas tras asistir a estos ensayos fueron tremendamente significativas, pues como explicamos en el siguiente apartado, tras la observación de estos directores profesionales se pudo extraer un estándar de los gestos que utilizan. A continuación, en la figura 4.2 se muestra el proceso de investigación que hemos seguido durante el proyecto.

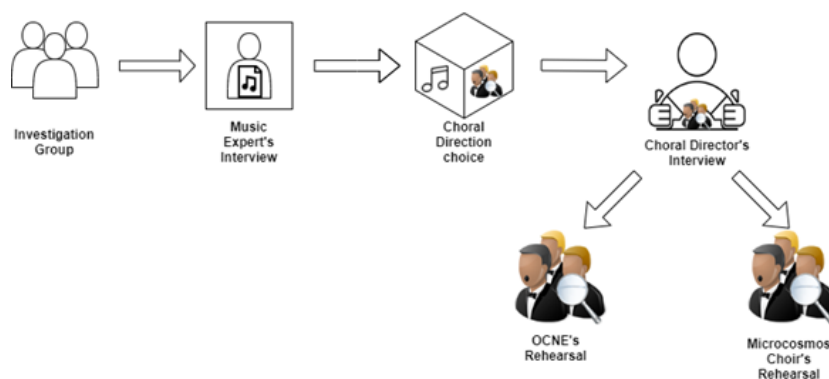


Figura 4.2: Diseño del proceso de investigación

4.2. Factores que se pueden integrar en un videojuego

El aprendizaje de un director de coro se basa en dos tipos de gestos (Ordás, 2013) 1) Por un lado, el lenguaje gestual articulado en signos, que representan el sonido, duración, matices, etc. 2) Por otro lado, la expresión facial conformada por la mirada y los labios.

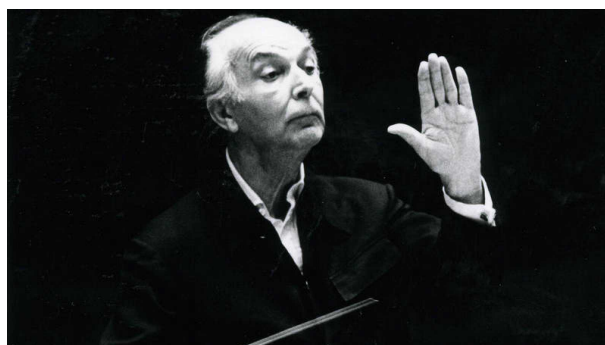


Figura 4.3: Director fundador de la orquesta y coro RTVE

Después de analizar las herramientas técnicas disponibles, las cuales se explicarán más detalladamente en el capítulo 5, se observó que no era posible capturar las expresiones faciales de los usuarios, ya que la utilización de las gafas de realidad virtual tapan al menos un tercio de la cara del usuario, impidiendo que los integrantes del coro tengan una clara visualización de los gestos faciales del director, por lo que se pierde mucha información gestual.

Mediante la observación a diversos directores en la fase de investigación y tras hablar con la directora del coro Microcosmos, se apreció que cada uno individualiza los movimientos que realiza. Por esta razón, se decidió crear un estándar de gestos, haciendo especial hincapié en la amplitud de los brazos, pues marcan la intensidad y el volumen de la obra (Poggi y Ansani, 2017), la posición de la muñeca, que marca el movimiento y la disposición de los dedos, especialmente importantes a la hora de interactuar con los coristas.

Como se puede observar en la siguiente figura 4.4 el usuario mediante el uso del equipo de Motion Capture y Realidad Virtual reproducirá de manera sincrónica los movimientos indicados en el transcurso de la reproducción de la herramienta, recibiendo una retroalimentación tanto del gesto correcto como del gesto erróneo.

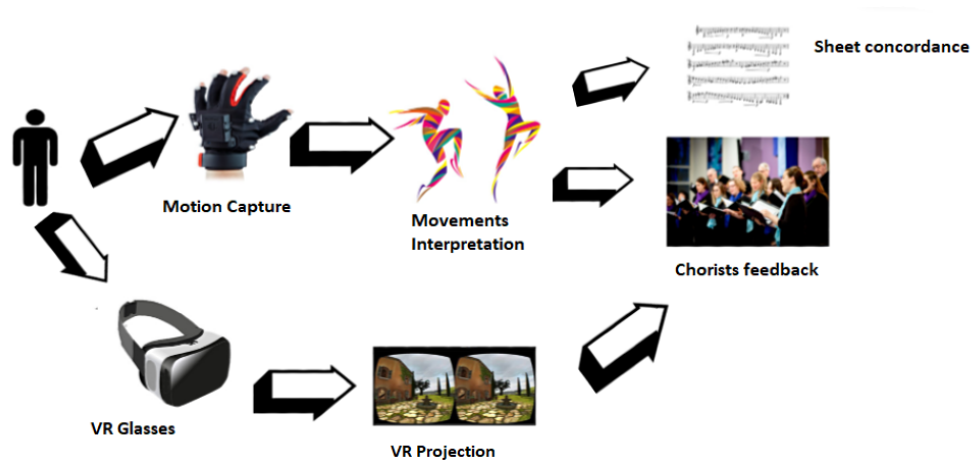


Figura 4.4: Esquema de desarrollo de la herramienta

4.3. Diseño del simulador gamificado

Esta tercera fase se centró en constituir todos los elementos principales de un coro para tratar de simularlos en el entorno virtual. Se decidió implementar la metodología de gamificación en la herramienta con el objetivo de incrementar la eficiencia pedagógica de la misma y ofrecer al usuario una funcionalidad extra.

4.3.1. Gamificación

La idea principal fue incluir en el proceso niveles bien diferenciados, lo que ayuda al usuario a familiarizarse con el entorno y tener un camino claro de aprendizaje. Estos apartados se explicarán en detalle en el capítulo 5.

- **Minijuego de Tempo:** Este minijuego fue diseñado para que el usuario pueda practicar, recibiendo una respuesta en tiempo real de la herramienta, los diferentes movimientos utilizados en los tempos $2/4$, $3/4$ y $4/4$.
- **Avanzado:** Es el nivel complejo. Se ofrece al usuario un entorno donde puede interactuar con distintos personajes, cantantes del coro, pudiendo dirigir la canción. Estos cantantes representan los cuatro registros de voces principales que existen en un coro: Soprano, contralto, tenor y bajo, que el usuario, mediante gestualidad, puede ir modificando.

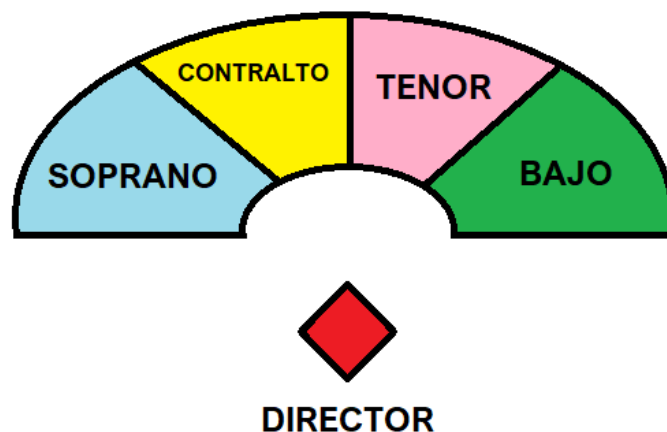


Figura 4.5: Posición de los integrantes de un coro

4.3.2. Diseño del entorno virtual

El proyecto se simula en un entorno donde se pretende reflejar los movimientos manuales de un director. De esta forma, hemos reutilizado un modelo basado en un cine, similar a un auditorio, que se compone de un amplio escenario donde se encontrarán situados el director (el usuario jugador) y los NPCs ¹, integrantes del coro que dirige el jugador.

El usuario, con vista de primera persona, sólo podrá visualizar sus manos, los elementos del juego y los personajes NPCs. Como la herramienta está dirigida a la práctica del movimiento de las manos se ha dejado la interfaz con el menor número posible de elementos para enfatizar la coordinación de gestos con los personajes sin distracciones.

Los NPCs que conforman la escena representan a los coristas que reaccionan acorde a las interacciones realizadas por el usuario en el rol de director. Cada NPC representa cada una de las distintas voces que componen un coro. Para el prototipo desarrollado se cuenta con un total de 4 voces (Bajo, Tenor, Contralto y Soprano).

4.3.3. Diseño de la integración con la herramienta

Para la correcta unión entre los movimientos realizados por el usuario y la simulación, se prototiparon las interacciones y la detección de gestos con el objetivo de seleccionar las formas más apropiadas de aplicarlos a la herramienta.

Esta contempla que el usuario posea unos conocimientos básicos sobre cada movimiento pues, como se ha explicado, este proyecto es un complemento a la práctica y al estudio de los futuros directores. De esta forma, no se indica al usuario cómo realizar el movimiento, sino que se corrige si lo hace mal.

Se analizó la métrica en la música y se observó que la clasificación de compases se divide en tres grupos principales (Corte y Terminal, 2019): compases binarios, ternarios y cuaternarios. Por ello, se diseñan tres posibilidades de movimientos básicos que representan los compases de 2/4, 3/4 y 4/4.

¹NPCs: Non Playable Characters

Por ejemplo, como se muestra en la figura 4.6 en el caso de la práctica del tiempo $2/4$, todo el movimiento debe ser realizado en 2 tiempos. Esto es debido a que el tiempo $2/4$ significa 2 negras en cada compás. Para todos los tempos se ha considerado la negra como medida genérica del pulso. De esta forma la herramienta detecta si en el momento adecuado te estás dirigiendo al punto indicado o te estás alejando del mismo.

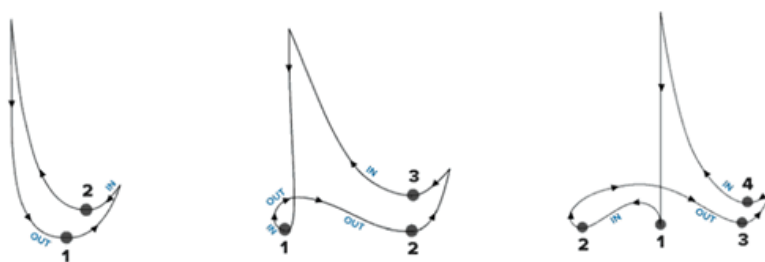


Figura 4.6: Patrones gestuales de los 3 tipos de tempos utilizados

Sin embargo, no todos los movimientos gestuales se reducen al tiempo. Se destacaron otros movimientos importantes en las obras corales, como los gestos indicados para subir o bajar el tono o aquellos que controlan la intensidad y el volumen de las voces. Dichos gestos son más sencillos y no requieren un patrón.

Por otro lado, se diseñaron las interacciones con los NPCs de una forma más sencilla a como se realizan en la realidad, ya que estos gestos suelen ser más personales entre director y coro. Cada personaje comenzará a cantar cuando sea apuntado por el director con el dedo índice extendido. Terminará de cantar cuando este le apunte con el puño cerrado.

Capítulo 5

Desarrollo de la herramienta

Todo el proyecto ha sido desarrollado con el motor de videojuegos de Unity3D. Las razones principales para elegir este motor de juego han sido (Gil Romero, 2014), (Rico y Arbelaez, 2015):

- Facilidad de aprendizaje: Unity 3D se caracteriza por una fácil y rápida curva de aprendizaje gracias a su extensa documentación, activa comunidad, estructura de su editor y versatilidad de prototipado.
- Contenido de terceros: Prefabs ¹, SDKs ², plugins de terceros.
- Compatibilidad para desarrollar en Realidad Virtual: Unity permite desarrollar juegos utilizando el hardware disponible en este proyecto (set HTC VIVE ³, guantes HI5 VR Gloves de Noitom ⁴, VIVE Trackers).

Para asignar tareas entre los desarrolladores, se usó Jira y como control de versiones GitHub⁵, en el pie de página se encuentra el link de nuestro repositorio del proyecto. Tras la fase de diseño del simulador y teniendo en cuenta todas las limitaciones con las que se contaba, la opción más lógica fue crear un MVP ⁶. Esto corresponde con un prototipo funcional que posee todas las características para que el usuario pueda trabajar con la herramienta.

¹ www.unity.com

² www.ionos.es

³ www.vive.com

⁴ www.hi5vrglove.com

⁵ www.github.com

⁶ (MVP: mínimo producto viable)

5.1. Tecnologías

A continuación, se va a describir el hardware utilizado en ChoVR. En este proyecto, las tecnologías empleadas han sido especialmente importantes, ya que dotan al proyecto del realismo que se andaba buscando en la fase de diseño.

5.1.1. Simulación virtual

Para visualizar la simulación con realidad virtual, se ha utilizado el set VIVE ⁷ de realidad virtual de la marca HTC. El set se compone de unas gafas, fabricadas por HTC y Valve, que permiten al usuario visualizar el entorno virtual en 360 grados. Se necesitan dos sensores que barren el espacio entre ellos con láseres de luz estructurada.



Figura 5.1: Set VIVE de realidad virtual HTC

El set incluye dos controllers con los que el usuario puede jugar libremente de forma inalámbrica. Disponen de un touchpad con múltiples sensores y pueden suplir la función de los guantes de motion capture (Figura 5.1).

5.1.2. Motion capture

Se ha incluido en el proyecto guantes de motion capture ⁸ para que el usuario disfrute de una experiencia aún más realista y tenga más sentido el practicar con las manos. Estos guantes son de la marca Noitom, modelo Hi5 ⁹. Están creados especialmente para trabajar con realidad virtual.

⁷ www.vive.com

⁸ Motion capture: captura de movimiento

⁹ www.hi5vrglove.com

Tienen múltiples sensores, permitiendo capturar el movimiento de la mano entera, de los dedos o de zonas más concretas de la mano. Esto otorga al proyecto mayor versatilidad y permite controlar los movimientos.

Para capturar la posición exacta del guante se utiliza la tecnología VIVE Tracker ¹⁰. VIVE Tracker se puede acoplar al guante revelando al set VIVE la posición del guante cada frame (Figuras 5.2 y 5.3).



Figura 5.2: Set de guantes Noitom, modelo Hi5



Figura 5.3: Equipo completo: Realidad Virtual y Motion Capture

¹⁰www.hi5vrglove.com

5.2. Flujo de juego

En este apartado se presentan las diferentes escenas que componen el entorno virtual, sus objetos y sus principales componentes. En total, se describen 5 escenas. Para su correcta explicación las hemos dividido en tres apartados: Menú (Apartado 5.2.1), Minijuegos de tempo (Apartado 5.2.2) y Escena Nivel Avanzado (Apartado 5.2.3).

Para facilitar que la herramienta pueda ser entendida con mayor facilidad, se puede acceder al siguiente video de You Tube ¹¹ que muestra un *Play* básico en la aplicación.

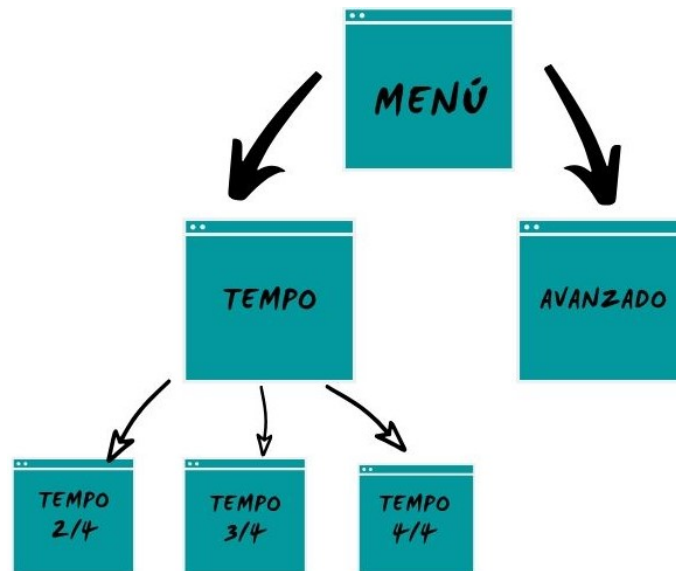


Figura 5.4: Diagrama de escenas de CHOVR

5.2.1. Menú

Escena inicial que no está implementada con realidad virtual. La idea que se persigue es dotar al usuario de un menú sencillo, fácil de manejar con el ratón, sin tener que obligarle a aprender a utilizarlo en Realidad Virtual.

Esta escena se visualizará en 2D y no hará uso de motion capture para interactuar con ella. Tiene dos botones, uno para cargar la escena donde elegir los diferentes minijuegos de tempo (botón con el texto **Tempo**) y otro para ir directamente a la escena avanzada (botón con el texto **Avanzado**).

¹¹www.youtube.com/ChoVR

El menú es implementado a través del Script `MenuController.cs` que contiene la lógica para redirigir al usuario a la escena representada por el botón que seleccione.

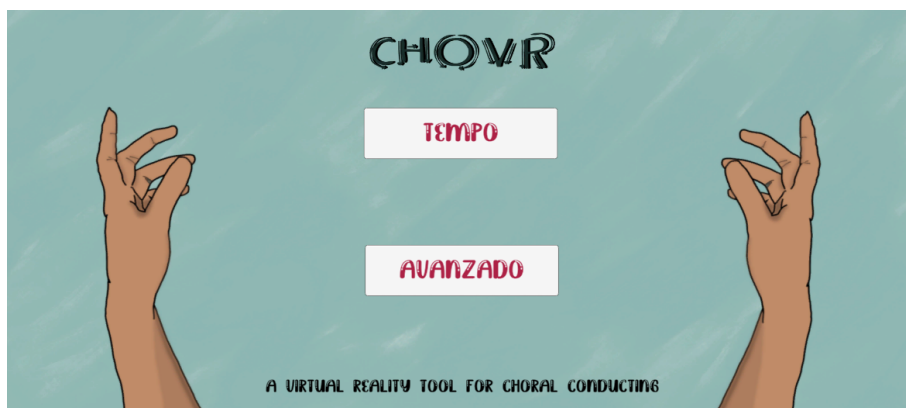


Figura 5.5: Menu inicial de la herramienta

5.2.2. Escenas minijuego tempo

En primer lugar, encontraremos una escena con 3 únicos botones: tempo 2/4, tempo 3/4 y tempo 4/4. Cada botón redirige a la escena correspondiente.

Todas las escenas de tempo son similares y su mecánica es la misma. La única diferencia es el número de cajas o pasos que el usuario debe recorrer para hacer el patrón necesario correctamente. Este punto se explica a continuación.

En cada escena de tempo se pueden observar un número distinto de cajas (objetos cubo), con un número cada una, lo que ofrece una guía para los movimientos. Esto significa que el primer movimiento a realizar será dirigir la mano hacia la caja 1, el siguiente a la caja 2 y así sucesivamente (Figura 5.24). De esta forma, el usuario puede recordar movimientos de tempo básico y verificar que los ha desempeñado correctamente.

5.2.2.1. Descripción de gestos implementados

Se han implementado tres tipos de gestos coincidentes con cada tipo de compás musical representado en la herramienta (compás de 2/4, 3/4, 4/4). Cada gesto está implementado en una determinada escena del Minijuego de Tempo.

Para mantener un control del tempo correcto los gestos se basan en pulsos. La herramienta representa cada pulso iluminando el cubo que le corresponde, señalando el pulso en un momento determinado de tiempo.

Cada gesto realizado genera tres posibles respuestas en la aplicación. Por un lado, si el gesto es realizado correctamente, es decir, se sigue el recorrido exacto marcado por las cajas y se toca cada una de ellas en el pulso adecuado, entonces se genera un mensaje de feedback con el siguiente texto: *well done!* y se reproduce un sonido para que el usuario pueda asociarlo a un desempeño correcto del gesto.

Por otro lado, el gesto puede ser realizado de manera incorrecta. Un gesto es considerado incorrecto cuando no se respeta el recorrido marcado por las cajas, o bien, si se toca alguna caja fuera del pulso que le corresponde.

Cuando alguno de estos dos casos sucede, la herramienta muestra un mensaje de error a la vez que reproduce un sonido para que el usuario pueda asociarlo a un desempeño incorrecto del gesto. En este caso los mensajes de error mostrados por la herramienta pueden contener los textos *Error, follow the path!*, en el caso de un gesto que no ha respetado el recorrido marcado por las cajas, o, por otro lado, el texto *Out of time!*, en el caso de que en el gesto se haya tocado una caja fuera del pulso que le corresponde.

A continuación, se detalla para cada gesto las posibles respuestas que genera la herramienta:

1. Escena 2/4 minijuego de tempo:

En la escena del compás 2/4 del minijuego de tempo se ha implementado el gesto que representa el compás 2/4 (Figura 4.6). Los pulsos del compás son representados a través de las cajas que se iluminan (caja 1 y caja3) también llamados *state* (Apartado 5.3).

Se considera que el gesto se realiza correctamente cuando se sigue el recorrido representado en la figura 5.27 y se cumplen las siguientes condiciones:

- Al tocar la caja 1, esta debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 2, la caja 1 debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 3, esta debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 4, la caja 3 debe estar iluminada.
- Finalmente, al tocar la caja 1 esta debe estar iluminada.



Figura 5.6: Escena del compás 2/4: Gesto bien ejecutado

Otra posibilidad es que el usuario haga el gesto incorrectamente. En la 5.7 se muestra un ejemplo de gesto fuera de tiempo.



Figura 5.7: Escena del compás 2/4: Fuera de tiempo

En la figura 5.28 otro posible ejemplo de gesto que no respeta el recorrido marcado por las cajas.



Figura 5.8: Escena del compás 2/4: Gesto mal ejecutado

2. Escena 3/4 minijuego de tiempo:

En la escena del compás 3/4 del minijuego de tiempo se ha implementado el gesto que representa el compás 3/4 (Figura 4.6). Los pulsos del compás son representados a través de las cajas que se iluminan (caja 1, caja 4 y caja 6).



Figura 5.9: Escena del compás 3/4: Gesto bien ejecutado

El gesto se interpreta como correcto cuando se sigue el recorrido representado en la figura 5.9 y se cumplen las siguientes condiciones:

- Al tocar la caja 1, esta debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 2, la caja 1 debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 3, la caja 1 debe estar iluminada.

- Al tocar la caja 4, esta debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 5, la caja 4 debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 6, esta debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 7, la caja 6 debe estar iluminada.
- Finalmente, al tocar la caja 1 esta debe estar iluminada.

Por otro lado, el usuario puede realizar el gesto incorrectamente. En la figura 5.10 se muestra un ejemplo de gesto fuera de tiempo.



Figura 5.10: Escena del compás 3/4: Fuera de tiempo

En la 5.11 otro posible ejemplo de gesto que no respeta el recorrido marcado por las cajas.



Figura 5.11: Escena del compás 3/4 : Gesto mal ejecutado

3. Escena 4/4 minijuego de tiempo:

Esta escena implementa el gesto que representa el compás 4/4 (ver Figura 4.6). Los pulsos del compás son representados a través de las cajas que se iluminan (caja 1, caja 3, caja 6 y caja 8).



Figura 5.12: Escena del compás 4/4: Gesto bien ejecutado

La herramienta define un gesto correcto como aquel que sigue el recorrido representado en la 5.12 y además cumple las siguientes condiciones:

- Al tocar la caja 1, esta debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 2, la caja 1 debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 3, esta debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 4, la caja 3 debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 5, la caja 3 debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 6, esta debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 7, la caja 6 debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 8, esta debe estar iluminada.
- Al tocar la caja 9, la caja 8 debe estar iluminada.
- Finalmente, al tocar la caja 1 esta debe estar iluminada.

Las siguientes dos imágenes representan dos ejemplos de gestos incorrectos. En la Figura 5.13 se muestra un ejemplo de gesto fuera de tiempo.



Figura 5.13: Escena del compás 4/4: Fuera de tiempo

En la Figura 5.14 otro posible ejemplo de gesto que no respeta el recorrido marcado por las cajas.



Figura 5.14: Escena del compás 4/4: Gesto mal ejecutado

5.2.3. Escena nivel avanzado

En la escena nivel avanzado del prototipo desarrollado, el usuario elige una canción y esta será interpretada por los coristas de la escena. Aparecerán 4 NPCs, cada uno correspondiente con un tipo de voz(Ver figura 4.6). A través de los gestos realizados con la mano izquierda o mano derecha el usuario podrá interactuar con los coristas para cambiar ciertos parámetros musicales como el tono, el volumen, indicar que canten o indicar a un corista que deje de cantar.



Figura 5.15: Escenario con los personajes del nivel avanzado

5.2.3.1. Descripción de gestos en la escena avanzada

Al comienzo de la escena se mostraran dos columnas de cubos, correspondientes a la mano derecha y izquierda, de esta forma el usuario tendrá que realizar un movimiento simultáneo con ambas manos tal y como muestra la 5.16. El objetivo de este movimiento inicial es permitir al usuario decidir el momento en el que desea que empiecen a cantar los coristas.



Figura 5.16: Gesto inicial: Comenzar a cantar

Tras haber realizado correctamente este gesto inicial, los cubos que lo representan desaparecerán y todas las voces comenzarán a cantar. A partir de ese momento, el usuario puede interactuar con ellas para cambiar su volumen, su tono, indicar que dejen de cantar o indicar que vuelvan a cantar.

Las acciones de subir o bajar volumen y tono se controlan con la mano izquierda. A su vez, la mano derecha controla el tiempo. Ambas manos pueden indicar a una voz cantar o silenciarse (Ver figura 5.17).

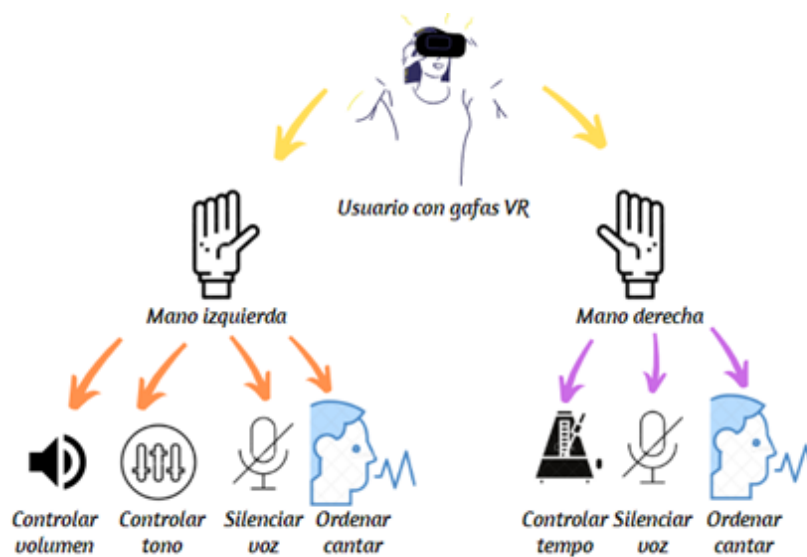


Figura 5.17: Gráfico funcionalidades escena nivel avanzado

Por otro lado, cada tipo de gesto debe cumplir una serie de características para provocar una respuesta de los coristas. Todos los gestos se rigen en un denominador común que restringe su detección a que el gesto sea realizado con la mano prácticamente quieta, es decir, un gesto en movimiento no provocará ninguna respuesta en la herramienta.

Además del denominador común definido, cada gesto debe cumplir una serie de características para poder provocar una respuesta en la herramienta:

1. Gesto para indicar cantar:

Para realizar este gesto correctamente se debe señalar al corista que se desea que cante con el dedo índice de la mano mientras se mantienen el resto de dedos recogidos.

Si el gesto es realizado correctamente, en el periodo de aproximadamente un segundo el corista señalado comenzará a moverse mientras empieza a cantar. Este gesto puede realizarse con ambas manos (Ver figura 5.17).



Figura 5.18: Gesto del director: Iniciar el canto

2. Gesto para indicar dejar de cantar:

Este gesto, que puede realizarse con ambas manos (Figura 5.17), se desempeña correctamente al señalar con la mano en forma de puño, es decir, todos los dedos recogidos, al corista que se desea que deje de cantar. Al indicar el gesto al corista, los nudillos del dedo índice y dedo corazón deben apuntarle para que deje de cantar. Si el gesto es realizado correctamente, en el periodo de aproximadamente un segundo el corista señalado dejará de cantar.



Figura 5.19: Gesto del director: Parar el canto

Es importante tener en cuenta que, aunque el corista deje de cantar, realmente solo se le deja de escuchar, por lo que, si se decide volver a indicarle que cante, este seguirá cantando por la parte de la canción por la que van el resto de coristas y no por la parte por donde se había quedado.

3. Gestos para indicar cambiar el tono:

Para subir el tono, se debe señalar hacia arriba con el dedo índice mientras se mantienen el resto de dedos recogidos (Figura 5.20). Por otro lado, para bajar el tono, hay que señalar con el dedo índice hacia abajo mientras se mantienen el resto de dedos recogidos (Figura 5.21). Para elegir el corista que se desea que baje el tono, el dedo índice debe estar en paralelo a su cuerpo (Figura 5.20 y figura 5.21).

Si el gesto es realizado correctamente, en el período de aproximadamente un segundo el corista cambiará ligeramente el tono. Si por el contrario, se desea que el corista cambie notablemente el tono, basta con dejar quieta la mano realizando el gesto aproximadamente tres segundos. Ambos gestos para subir y bajar tono pueden realizarse solo con la mano izquierda (Figura 5.17).



Figura 5.20: Gesto del director: Subir el tono

La anterior figura 5.20 muestra el gesto para indicar al corista que suba el tono. La flecha roja muestra la manera de indicar el corista al que se quiere que afecte el gesto.

La siguiente figura 5.21 muestra el gesto para indicar al corista que baje el tono. La flecha roja muestra la manera de indicar el corista al que se desea que afecte el gesto.



Figura 5.21: Gesto del director: Bajar el tono

4. Gestos para indicar cambiar el volumen:

Por un lado, para subir el volumen, se debe colocar la palma de la mano extendida boca arriba mientras se mantienen todos los dedos extendidos tal y como muestra la figura 5.22.



Figura 5.22: Gesto del director: Subir el volumen

La anterior figura 5.23 muestra el gesto para indicar al corista que baje el volumen. Las flechas rojas muestran la manera de indicar el corista al que se desea que afecte el gesto.

Por otro lado, para bajar el volumen, se debe colocar la palma de la mano extendida boca abajo mientras se mantiene los dedos extendidos tal y como muestra la figura 5.23.

La siguiente figura 5.22 muestra el gesto para indicar al corista que suba el volumen. Las flechas rojas muestran la manera de indicar el corista al que se desea que afecte el gesto.



Figura 5.23: Gesto del director: Bajar el volumen

Para elegir el corista que se desea que cambie el volumen, las yemas de al menos el dedo índice o el dedo corazón deben apuntarle tal y como se muestra en la figura 5.22 o en la figura 5.23.

Si el gesto es realizado correctamente, en el período de aproximadamente un segundo el corista cambiará ligeramente el volumen o intensidad con el que canta. Si por el contrario se desea que el corista cambie notablemente el volumen, basta con dejar quieta la mano realizando el gesto aproximadamente tres segundos. Ambos gestos para subir y bajar volumen pueden realizarse solo con la mano izquierda (Figura 5.17).

5.3. Implementación de las escenas de tiempo

En la implementación de las escenas del Minijuego de Tempo destacan los siguientes elementos:

5.3.1. Cajas (States y Aux)

Objetos con representación 3D en forma de cubo con un número que representan el orden que se debe seguir para realizar el movimiento. Hay dos tipos de cajas, *state* y *aux*.



Figura 5.24: Diseño de cajas del compás 2/4

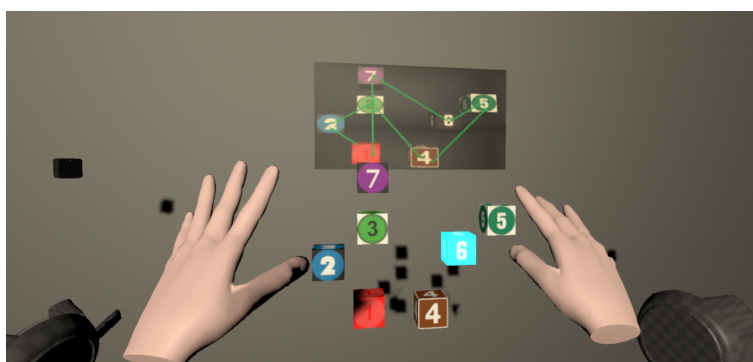


Figura 5.25: Diseño de cajas del compás 3/4



Figura 5.26: Diseño de cajas del compás 4/4

Las cajas *state* son aquellas que en los patrones de la figura 5.26 se representan con un punto. Son los objetivos más importantes dentro de cada patrón, pues representan el pulso que marca la negra. Además, cada caja *state* lleva un temporizador que controla que el movimiento entre *state* y *state* se haga en un segundo, atravesando todas las cajas *aux* que hay de por medio. A diferencia de las cajas *state*, las cajas *aux* son objetos utilizados para guiar al usuario y asegurarse así de que las curvas en los patrones se realizan de manera adecuada.

Todas las cajas tienen asociado un script (*StateController*) (dependiendo del tiempo a practicar, el script será *StateController2_4*, *State Controller3_4* o *StateController4_4*), que controla cómo se realiza el patrón con la mano.

Para que la herramienta pueda controlar la caja tocada por el usuario se utiliza el concepto de Collider de Unity ¹². Se implementa un algoritmo para detectar el momento en que el Collider de la mano derecha del usuario interactúa con el Collider de alguna de las cajas. Para verificar la procedencia del Collider se usa el concepto de *Layer* de Unity ¹³. El movimiento será correcto cuando el usuario toque cada *state* en el pulso que corresponde y se haya golpeado antes las cajas *aux* que preceden a dicho *state*.



Figura 5.27: Escena del compás 2/4: Bien ejecutado

El usuario recibe feedback en todo momento a través del *StateController*. Si se ha realizado un movimiento correcto, el script reproducirá el *AudioClip goodMove* ¹⁴ (Figura 5.27), es decir, reproduce un sonido a la vez que muestra un texto descriptivo para el usuario.

Por el contrario, si el movimiento ha sido incorrecto, se reproduce el *AudioClip wrongMove* (Figura 5.28), con su texto correspondiente. La re-

¹²www.unity3d.com

¹³www.unity3d.com/Manual/TagManager

¹⁴www.unity3d.com/Manual/AudioClip

producción y control de sonidos se lleva a cabo a través del componente *AudioSource* de Unity ¹⁵ el cual está asociado a todas las cajas.



Figura 5.28: Escena del compás 2/4: Error

5.3.2. HI5_Right_Human_Collider

Objeto con representación 3D que simula la mano derecha del usuario. Tanto la mano derecha como la mano izquierda, son objetos prefabricados, importados gracias al set de motion capture Hi5, que a su vez se dividen en partes, tantas como tantos sensores tienen los guantes. De esta forma, dentro de una mano podemos controlar la posición de sus dedos.

Este objeto engloba todos los *Colliders* de cada parte de la mano donde se encuentra el sensor y son utilizados para interactuar con los *Colliders* de otros objetos. Al tratarse de *Colliders* no son visibles en la escena, simplemente componen los elementos interactivables de la mano.

5.3.3. Complete Cinema

Constituye el *GameObject* que compone el escenario sobre el que se desarrolla ChoVR. El escenario se asemeja a un auditorio pero agregando ciertos elementos propios de un cine, como una pantalla (*GameObject HDScreen*), cuya utilidad es ilustrar al usuario acerca de cómo realizar correctamente cada movimiento.

¹⁵www.unity3d.com/Manual/AudioSource

5.3.4. Canvas

Este objeto recopila todos los subobjetos de texto que informan al usuario. Contiene el *GameObject TextResponse*, que representa el texto de feedback entre movimientos y el *GameObject textSecond*, segundo texto de feedback para indicar al usuario que debe empezar por la caja 1 en el caso de haberse equivocado.

5.4. Implementación de la escena nivel avanzado

La implementación de la escena del nivel avanzado se compone de los siguientes elementos:

5.4.1. Human_LeftHand y Human_RightHand

Como en las escenas de tempo, a esta escena se añaden también los objetos correspondientes con la mano izquierda y con la mano derecha.

A diferencia de las escenas de tempo, en esta escena tiene especial importancia la colocación de todas las subpartes del objeto prefabricado de la mano. La herramienta detecta si se ha hecho el gesto de puño (indica dejar de cantar a los NPCs).

Con la palma hacia arriba o hacia abajo, sube el volumen o baja el volumen respectivamente. Si el dedo está en posición horizontal y señalando a los NPCs, ordenará a estos cantar. Si el dedo indica arriba sube el tono y si indica abajo lo baja.

5.4.2. Complete Cinema

Al igual que en las escenas de tempo, este objeto sitúa al usuario en el auditorio simulado. Tiene un subobjeto (*HDScreen*) que representa una pantalla de cine y se utiliza para guiar al usuario en los movimientos que puede realizar en la escena avanzada.

5.4.3. CharacterAreas

Objetos en representación 2D de Unity completamente invisibles para el usuario. Se sitúan delante de cada corista. Se utilizan para que la herramienta pueda determinar el NPC al que va dirigido cada gesto del usuario (Figura 5.29).

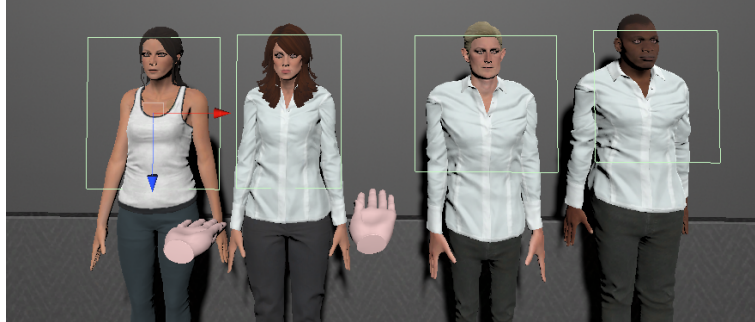


Figura 5.29: CharacterAreas de cada corista

5.4.4. ColliderAreas

Objetos en representación 2D de Unity completamente invisibles para el usuario. Se utilizan para que la herramienta pueda determinar la orientación de la palma de cada mano en cada momento. Se dividen en varias áreas en función de las posibles direcciones en los ejes de coordenadas 3D (atrás, delante, derecha, izquierda, arriba y abajo).

5.4.5. Coristas (NPCs)

GameObjects que representan a los coristas. Están representados como avatares con forma humana. Se componen de subobjetos que representan el pelo, la ropa y las distintas partes de su cuerpo. Cada uno lleva asociado un componente *Audio Source*¹⁶ a través del cual se controla su respuesta sonora. Para controlar aspectos como el tono y volumen del sonido se utilizan los *Audio Mixer* de Unity¹⁷.

¹⁶www.unity3d.com/Manual/AudioSource

¹⁷www.unity3d.com/Manual/AudioMixer

El Audio Mixer utilizado (*Choir*) contiene 4 Audio Groups ¹⁸ *SopranoVoice*, *ContraltoVoice*, *TenorVoice* y *BassVoice*. Son utilizados para controlar las voces de cada uno de los coristas. La salida del *Audio Source* de cada corista esta mapeada a alguno de los cuatro *Audio Groups* descritos.

5.4.6. HI5_Interaction_Objects

Objeto que se compone de subobjetos hijos. Cada subobjeto hijo componen uno de los elementos que puede interactuar con los *HI5_Human_Left_Hand* y *HI5_Human_Right_Hand*. En esta escena se utilizan para mostrar las cajas que el usuario debe tocar al hacer el gesto inicial (figura 5.16) para que todos los coristas comiencen a cantar.

5.4.7. Scripts

En el caso de la escena avanzada podemos dividir los Scripts en dos grandes bloques representados por *namespaces* en lenguaje C#:

5.4.7.1. HI5_Interaction_Core

Scripts propios del Interaction-SDK de HI5 (Noitom) usados para el control y representación de las manos en tiempo real respecto a HI5 Gloves.

Para lograr el reconocimiento de gestos no incluidos en el SDK y permitir detectar ciertas posiciones de la mano como la orientación de la palma, se han modificado los *scripts*:

- **HI5_Glove_Gesture_Recognition.cs**
- **HI5_Glove_Interaction_Hand.cs**
- **HI5_Hand_Visible_Hand.cs**
- **HI5_Object_Judgement.cs**

A través de la modificación de estos *scripts* hemos dividido la detección de los gestos en dos pasos:

- **Colocación de los dedos de la mano:** Esta funcionalidad ya se encontraba presente en los *Scripts* propios del Interaction_SDK de HI5 (Noitom).

Se lleva a cabo analizando el ángulo formado por los *colliders* de la palma de la mano y los *colliders* de cada uno de los dedos.

¹⁸www.unity3d.com/Manual/AudioMixerInspectors

De esta forma se definen dos posibles posiciones: Si el ángulo formado es mayor de 130° se considera que el dedo se encuentra en una posición extendida. Por el contrario, si el ángulo es menor o igual de 130° el dedo se encontrará en una posición recogida.

- Orientación de la palma de la mano:** Esta funcionalidad no se encontraba presente en los *scripts* propios del Interaction_SDK de HI5 (Noitom) y se han tenido que modificar para incluirla. Para conocer la orientación de la palma de la mano se implementa un algoritmo capaz de generar un raycast de Unity ¹⁹ la mano.

El objetivo del raycast es interceptar alguno de los objetos *ColliderAreas* para determinar la dirección seguida por el rayo. Una vez se conoce la dirección del rayo se puede inferir la orientación de la palma de la mano conociendo el área que ha interceptado el *raycast* generado.

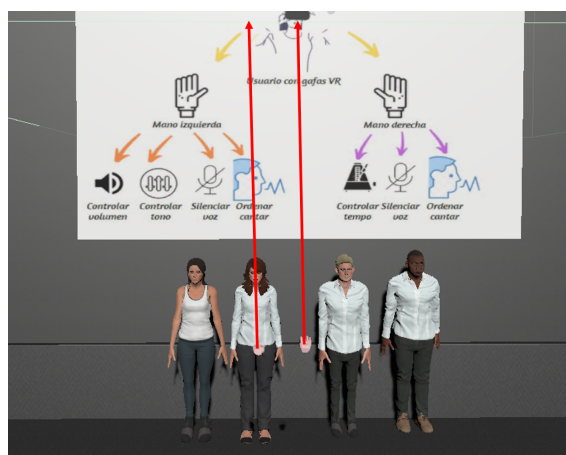


Figura 5.30: Gesto: Palma de la mano boca arriba

La figura 5.30 muestra un ejemplo en el cual la herramienta detecta que la palma de la mano está boca arriba. El raycast emitido por la palma de la mano se representa mediante una flecha roja. Al estar la palma de la mano boca arriba, el raycast intercepta un objeto *ColliderArea*, concretamente *UpArea*, que le permite inferir a la herramienta que la mano está boca arriba.

¹⁹www.unity3d.com/ScriptReference

5.4.7.2. ChoVR_Core

En este namespace se implementa el gesto inicial para que los coristas comiencen a cantar, la detección de que la mano esté quieta (los gestos en movimiento no deben ser entendidos por los coristas), la identificación del corista al que va dirigido el gesto del usuario y la lógica de respuesta de los coristas a cada gesto.

- **Gesto inicial.** El objetivo buscado es poder dar una forma al usuario de iniciar la simulación del coro cuando él lo desee. De esta forma, si el usuario, mientras se prepara, lleva, por ejemplo, la mano boca abajo apuntando a los coristas, estos no serán influidos hasta que el usuario indique que quiere comenzar, lo que supone que haga el gesto inicial (Figura 5.16).

El controlador encargado de este gesto inicial es el *Script BoxController* el cual se asegura de que el gesto sea realizado correctamente siguiendo las cajas mostradas con ambas manos, y que prácticamente ambas manos lo desempeñen a la vez. Solo en el caso de que el gesto haya sido correcto, hará invisibles y no interactivas las cajas que lo representaban y los coristas comenzarán a cantar la canción seleccionada. A partir de ese momento, cualquier gesto del usuario (Figura 5.17) provocará la respuesta adecuada en el corista apuntado.

- **Detección de que la mano este quieta.** El objetivo que se persigue es poder distinguir los gestos capturados en movimiento (lo que se entiende como gestos no intencionados) de los gestos no capturados en movimiento (gestos intencionados del usuario).

El controlador encargado de implementar esta tarea es el *Script AdvancedController* el cual, entre otras funcionalidades, captura la posición de cada mano cada segundo y la compara con la posición anterior para determinar si el gesto fue realizado intencionadamente.

- **Identificación del corista al que va dirigido cada gesto.** El objetivo seguido es poder distinguir el corista al que quiere dirigir el usuario cada gesto que realiza. El controlador encargado de implementar esta tarea es el *Script AdvancedController*.

Aunque este proceso de identificación tiene un denominador común basado en la generación de un *raycast* de Unity y en la captura de un determinado objeto *CharacterArea*, en realidad, cada tipo de gesto lo implementa de una forma distinta.

- Gesto para mandar cantar: Se utiliza un raycast emitido en la dirección a la que apunta el dedo índice de cualquiera de las dos manos. En función del *CharacterArea* interceptada se determina el corista al que va dirigido el gesto (Ver figura 5.18).
 - Gesto para mandar dejar de cantar: Se utiliza un raycast emitido desde el nudillo del dedo corazón de cualquiera de las dos manos. Dependiendo del *CharacterArea* interceptada se determina el corista al que va dirigido el gesto. (Ver figura 5.19).
 - Gestos para cambiar el tono: Aunque existen dos gestos para cambiar el tono, la implementación es similar: Se utiliza un raycast emitido desde la mitad del dedo índice (2ª falange) de la mano izquierda. Dependiendo del *CharacterArea* interceptada se determina el corista al que va dirigido el gesto (Ver figura 5.20 o la figura 5.21).
 - Gestos para cambiar el volumen: Aunque existen dos gestos para cambiar el volumen, la implementación es similar: Se utiliza un raycast emitido desde las yemas de los dedos índice y corazón de la mano izquierda. Dependiendo del *CharacterArea* interceptada se determina el corista al que va dirigido el gesto (Figuras 5.22 y 5.23).
- **Respuesta de los coristas a cada gesto.** El controlador encargado de implementar esta lógica de respuesta es el Script **CharacterController**.

Una vez se ha verificado el gesto realizado por el usuario e identificado el corista al que va dirigido, la herramienta generará dos tipos de respuesta de manera simultánea:

- **Respuesta motora:** Consiste en la utilización de animaciones de Unity ²⁰ aplicadas a los NPCs que representan los coristas en el escenario.

²⁰www.unity3d.com/Manual/AnimationSection

A través del *Animator Controller* ²¹ se definen dos posibles estados: *cantar* y *silencio*. Si el usuario manda cantar a un corista, su *Animator Controller* se establecerá en el estado *cantar* y el personaje comenzará a moverse de manera lo más parecida posible a una persona cantando.

Por el contrario, si el usuario manda dejar de cantar a un corista, su *Animator Controller* se establecerá en el estado *silencio* y el personaje se quedará completamente quieto.

- **Respuesta sonora:** Se utilizan los elementos *Audio Source* ²² y *Audio Mixer* ²³ de Unity. El tipo de respuesta generada dependerá del gesto realizado por el usuario. Si el usuario ordena cantar se establece el volumen del *Audio Group* del corista adecuado a un nivel de decibelios fácil de escuchar (0dB).

Si el usuario ordena dejar de cantar el *Audio Group* del corista adecuado se establece a un nivel de decibelios inaudible (-30dB). Si el usuario ordena cambiar el tono se altera el parámetro *Pitch* del módulo *Pitch Shifter* del *Audio Group* del corista adecuado entre una escala acotada con un límite máximo y un límite mínimo.

Finalmente, si el usuario ordena cambiar el volumen, se altera el parámetro *Volume* del módulo *Attenuation* del *Audio Group* del corista adecuado entre una escala acotada con un límite máximo y un límite mínimo.

²¹ www.unity3d.com/Manual/AnimatorControllers

²² www.unity3d.com/Manual/AudioClip

²³ www.unity3d.com/Manual/AudioMixer

Capítulo 6

Contribuciones

1. ARTURO

Al igual que mis compañeras, desde un primer momento tenía especial interés en desarrollar un proyecto relacionado con el mundo de la música. Tras acordar con nuestros tutores la realización de un proyecto capaz de aunar el mundo de la música con nuestros conocimientos informáticos, comenzamos una *Fase Divergente* en la cual se llevó a cabo un brainstorming. Tras unas semanas de debate, se acordó con los tutores el desarrollo de una aplicación para formar a futuros directores de orquesta.

Una vez definida la idea, comenzamos una extensa fase de investigación en la cual, los tres integrantes del equipo, realizamos un análisis acerca de posibles aplicaciones similares a la nuestra, con el fin, de realizar un trabajo lo más original posible. En particular, yo me ocupé de encontrar aplicaciones que utilizasen la Realidad Virtual con fines didácticos.

En la fase de Investigación, los tres integrantes del equipo, también nos ocupamos de formarnos en la utilización de Unity. Esta herramienta ha sido utilizada para desarrollar todo el proyecto. En particular, yo me centré más en la creación de un controlador que permitiese la vista en primera persona y la captura de la entrada por teclado.

Al ver que nuestros primeros experimentos funcionales con Unity eran cada vez más complejos, comenzamos a informarnos acerca de la herramienta GIT. Tras ello, tomamos la decisión de crear un repositorio en Github, creando cada uno su propia rama, para poder mantener un control de versiones y poder dividirnos mejor el trabajo realizado.

Por otro lado, en la fase de investigación, también asistimos a algunas reuniones con profesionales musicólogos con el fin de refinar la herramienta. Gracias a las conclusiones obtenidas, redefinimos el alcance de la herramienta para que estuviese orientada únicamente a directores de coro y estudiantes en la disciplina de dirección de coro. Tras estas reuniones, comenzamos a adentrarnos en el mundo de la Realidad Virtual, empezando por asistir semanalmente al despacho de nuestros tutores para comenzar a probar el equipo que utilizaríamos.

A lo largo de estas semanas, los tres miembros del grupo asistimos a distintos ensayos de directores de coro. En particular, yo asistí con mi compañera, Elena Romero, al ensayo de la profesional Amaya Añúa del coro Microcosmos de la UCM, con el fin de conocer mejor el registro de gestos utilizados por un director de coro.

Sin embargo, esta fase de pruebas se vio interrumpida por la inesperada crisis sanitaria causada por COVID-19, obligándonos a tomar medidas extremadamente rápidas para poder continuar utilizando el equipo de Realidad Virtual.

Tras hablarlo con los tutores acordamos que yo me llevaría el equipo de Realidad Virtual a mi domicilio, esto nos obligó a redefinir la metodología de trabajo seguida. Acordamos que mis compañeras, se encargarían de la investigación y desarrollo de componentes y scripts que no requiriesen de Realidad Virtual para poder funcionar, por otro lado, yo me ocuparía de la investigación, instalación, e integración de todo el equipo de Realidad Virtual en el proyecto y de la integración y unificación de los componentes desarrollados por mis compañeras.

Uno de los principales problemas que me he encontrado fue la instalación del equipo de *motion capture*, el cual fue difícil de solucionar debido a la falta de documentación en este campo. Tras su instalación, comenzamos el desarrollo de los dos tipos de niveles que tendría la herramienta: Minijuego de Tempo y nivel avanzado.

Respecto al Minijuego de Tempo, me ocupé de programar la lógica necesaria para poder detectar la interacción entre los guantes de *motion capture* y los objetos del escenario desarrollados por mis compañeras. Asistido por mis compañeras, también me ocupé de colocar las cajas de forma que definiesen un recorrido acorde a los compases de tempo que previamente habíamos investigado. Por otro lado, con ayuda

de mi equipo, también me ocupé de programar la lógica necesaria para corregir el movimiento y generar la respuesta adecuada para el usuario.

En cuanto al nivel avanzado, definí, junto a mi grupo, los gestos que íbamos a desarrollar e implementé la lógica necesaria para que fuesen reconocidos al ser desempeñados por el usuario con los guantes de *motion capture*. Posteriormente, junté, por un lado, los scripts utilizados para que los coristas pudiesen moverse, y, por otro lado, la lógica necesaria para cambiar de tono y volumen con mi parte. Finalmente, desarrollé el script que controla el gesto inicial del nivel avanzado.

Por otro lado, me dividí con mis compañeras la redacción de la memoria en base a los capítulos que más sencillos nos resultaban a cada uno. También, revisé, de manera rotatoria con mi equipo, los capítulos que no había redactado.

Por último, redacté y presenté, junto con mi grupo, el artículo presentado y aceptado en el Congreso EduLearn2020. Tras su selección, me ocupé de grabar la presentación y el video que utilizamos para explicar nuestra aplicación para el Congreso.

2. ELENA

Mi contribución al proyecto abarca, al igual que la de mis compañeros, desde la fase de investigación hasta el desarrollo del proyecto. Desde un primer momento y antes de hablar con los tutores, tanto mis compañeros como yo teníamos el deseo de desarrollar un proyecto relacionado con la música.

Una vez expresamos nuestra idea a los tutores, comenzamos juntos un brainstorming, donde surgieron ideas muy interesantes pero que no llamaban suficiente nuestra atención o no veíamos útiles.

Finalmente y tras descartar muchas ideas, se decidió apostar por crear una herramienta útil para los directores, de orquesta en un primer momento. Idea que cambió según fuimos adentrándonos en la fase de investigación 4.

Junto con los tutores, los miembros del grupo decidimos que la herramienta a realizar tendría elementos de jugabilidad. Además, nos comunicaron que la facultad disponía de distintos dispositivos de realidad virtual y motion capture que podíamos utilizar, pudiendo así crear una herramienta mucho más realista.

En vista de los dispositivos a utilizar y del tipo de aplicación que queríamos implementar, decidimos usar Unity como herramienta con la que desarrollaríamos todo el proyecto. Personalmente, nunca había utilizado este motor de juegos, por lo que era desconocido para mí y tuve que investigar a fondo para saber cómo utilizarlo. Adicionalmente, también tuve que informarme sobre los lenguajes con los que se escriben los scripts de Unity : C# y JavaScript, ya que, aunque los empleamos en algún punto de la carrera, tenía que repasar ciertos conceptos que no recordaba.

Para poder entender cómo funciona Unity, los tres miembros del grupo, de forma individual, realizamos un pequeño proyecto muy simple donde, apuntando a distintos objetos, hacíamos que reprodujesen un sonido u otro.

Una vez claro el entorno con el que íbamos a trabajar, nos dispusimos a estudiar aplicaciones que hicieran uso de tecnologías similares y a adentrarnos dentro del mundo de la dirección coral. Concretamente,

yo me centré en buscar información acerca de juegos educativos, aplicaciones de realidad virtual y captura de movimiento.

Gracias a nuestros tutores, conseguimos entrevistar a expertos musicales y asistir a ensayos de coro. Por disponibilidad de los miembros del grupo, decidimos asistir a distintos ensayos cada uno. Yo tuve la oportunidad de asistir a los ensayos del coro Microcosmos de la UCM y charlar con la directora Amaya Añúa para aclarar ciertas dudas que me surgían mientras observábamos cómo dirigía.

En las puestas en común de los miembros del grupo tras estos ensayos, documentamos un estándar de gestos más o menos comunes a todos los directores. También, de manera individual y debido a la crisis sanitaria que hemos sufrido en este 2020, visualizamos numerosos vídeos para refinar más aún dichos movimientos.

Tras estas entrevistas, comenzamos a diseñar la aplicación. Gracias al proyecto sencillo que realizamos con Unity, ya conocía, aunque no en gran medida, qué se podía integrar con este entorno. Por ello, tras las conclusiones extraídas en el análisis de juegos educativos que realicé, diseñé, para las escenas de tempo, un método sencillo para que el camino a realizar por el usuario fuese sencillo. Diseñé el camino pertinente para cada compás ($2/4$, $\frac{3}{4}$ y $4/4$) y, más adelante, todo los miembros del grupo decidimos cómo adaptar los caminos para que fueran más realistas para el usuario.

Desarrollé también la lógica de las escenas del minijuego de tempo. Programé los scripts para controlar cuándo se hacía mal un movimiento y también que el usuario obtuviese una respuesta a tiempo real de la herramienta (mensaje sonoro o texto).

Finalizando con las escenas de tempo, investigué a fondo acerca del diseño de las cajas. Realicé distintas pruebas de materiales y de iluminación de los cubos para que el usuario tuviese aún más claro dónde marcar el pulso del compás.

En cuanto a la escena de nivel avanzado, investigué acerca de los componentes que ofrece Unity para cambiar el tono de una voz y el volumen. Para lo relativo a las voces, tuve que investigar también los valores adecuados para las voces humanas, pues, por ejemplo, una voz demasiado aguda no podría ajustarse a los estándares de una voz real. Además, implementé la lógica necesaria para cambiar únicamente el

tono de las voces, pues normalmente todas las herramientas que varían el tono de una voz también cambian el tempo de esta.

Diseñé las dos escenas de menú, en 2D. Dibujé el fondo e implementé los botones que llevan a las diferentes escenas que componen el proyecto.

Finalmente, como el resto de mis compañeros, he contribuido a redactar la memoria. Desde un primer momento, nos dividimos los capítulos con los que cada uno se sentía más cómodo y pusimos en común todo lo escrito para corregir errores o hacer cambios.

Además, entre los tres, realizamos un arduo trabajo con el artículo presentado y aceptado en EduLearn2020. Los tres nos reunimos numerosas veces para redactar el resumen y el artículo enviado. También, mi compañera Cinthya Villaescusa y yo, nos encargamos del guión y de la presentación en PowerPoint incluida en el vídeo obligatorio para el congreso.

3. CINTHYA

Comenzamos este proyecto con la idea de desarrollar una aplicación útil para el mundo musical, siendo este nuestro único requisito.

Mis compañeros y yo nos reunimos con los tutores, quienes se interesaron por nuestra idea. Así, comenzó entre los cinco una lluvia de ideas para ver en a qué ámbito de la música dirigíamos nuestra idea.

Tras el descarte de numerosas ideas que no nos atraían y tras escuchar a profesionales y estudiantes de música, decidimos resolver ciertos problemas a los que se enfrentaban los directores de coro.

Los tutores sugirieron poner ciertos elementos de jugabilidad en nuestra herramienta, para que esta fuera más atrayente e intuitiva para el usuario. Además, uniendo los dispositivos de realidad virtual y captura de movimiento que nos prestó la facultad, el resultado podía ser muy interesante.

Comenzamos investigando los entornos con los que desarrollar nuestra herramienta. Escogimos finalmente Unity, entorno del que existe abundante información en Internet. Descubrimos que esta era una herramienta muy visual con la que trabajar pero de la que teníamos que investigar abundantemente.

Tanto mis compañeros como yo desarrollamos un pequeño proyecto donde distintos objetos reproducían una música según cómo se interactuase con ellos. Esto nos permitió aprender más de Unity y de los lenguajes de sus scripts, C# y JavaScript.

Así mismo, dedicamos varias semanas en investigar acerca de juegos educativos, realidad, virtual, captura de movimiento y dirección coral. Yo me encargué de estudiar cómo funciona un coro, la formación que realiza cada director para llegar a ser profesional y aspectos más técnicos, como las técnicas empleadas por cada director.

Extrajimos movimientos comunes a cada director. Esta tarea se realizó gracias a la observación de directores profesionales en los ensayos a los que se nos permitió asistir. Para extraer distintas conclusiones y por no poder asistir todos los miembros del grupo a todos los ensayos, decidimos turnarnos. Yo asistí a los ensayos de la Orquesta y Coro

Nacional de España (OCNE). Una magnífica experiencia donde saqué conclusiones muy necesarias para el desarrollo de este trabajo.

Todo el entorno virtual se desarrolla en un cine. Investigué acerca de este objeto prefabricado que nos proporcionaron los tutores e incluí todos los objetos que componen las distintas escenas en este fondo. Así mismo, jugué con la iluminación del entorno para que fuese adecuada para el usuario.

En cuanto al diseño de la herramienta, ayudé al diseño de las escenas de tempo con la colocación de las cajas. De igual forma, ayudé a corregir los distintos errores que encontrábamos en la fase de testing.

Diseñé también todos los avatares (NPCs) que se incluyen en la escena avanzada, con la herramienta Adobe Fuse, decidiendo su colocación e intentando que simulasen a coristas reales. Para ello, me fijé en los ensayos a los que asistimos para poder simular un coro real a la perfección.

De la escena avanzada, implementé la lógica necesaria para hacer a los avatares cantar. Programé los scripts donde indicaba a los coreutas cantar cuando estos eran señalados y los silenciaba cuando eran señalados de nuevo.

También de la escena avanzada, me centré en implementar, testear y mejorar la lógica para que los gestos realizados no fuesen detectados en movimiento. Sin ella, nuestra herramienta no funcionaría correctamente. Además, me encargué de conseguir todos los recursos sonoros utilizados en la aplicación. Tuve que conseguir una canción interpretada por todos los tipos de voces que aparecen en la simulación que no tuviese CopyRight.

Junto con mis compañeros, desarrollé a fondo diferentes capítulos de la memoria. Me encargué también de pasar todo lo que ya habíamos escrito a Látex, para que el formato fuese óptimo y así cumplir con la normativa.

Por último, mis compañeros y yo escribimos y presentamos el resumen y el artículo presentado en el congreso EduLearn2020. Tras enviar el artículo, mi compañera Elena Romero y yo escribimos el guión y realizamos la presentación de PowerPoint que se incluyó junto al vídeo donde explicábamos la aplicación.

Capítulo 7

Conclusiones y Trabajo Futuro

7.1. Conclusiones

El **objetivo principal** de este proyecto es facilitar la práctica en solitario del estudiante de dirección coral y que este pueda prescindir de otras personas y corregir la ejecución de sus gestos mediante esta herramienta.

A lo largo de este documento se ha visto cómo dificulta el estudio de los futuros directores el no disponer de un coro para practicar a placer ya que se deben sumar muchos componentes a la hora de poder ensayar con un coro. En este caso, es indispensable la figura del director profesional, los coreutas de distinto registro vocal y el propio estudiante. Por este motivo, sólo se puede ensayar con el coro en momentos muy concretos durante la formación.

Las conclusiones extraídas tras fase de investigación en la que hemos entrevistado a diversos expertos en musicología nos han permitido enfocar nuestro proyecto al estudio de los gestos del director. En la fase de diseño, se determinaron los elementos a incluir para que se cumpliesen los objetivos extraídos de la fase de investigación, de este modo, se logra diseñar una herramienta más intuitiva para el usuario.

CHOVR nace con el objetivo de paliar la falta de disponibilidad tanto del profesor, pues esta herramienta aporta indicaciones en disciplinas concretas como el tempo, como de los propios coristas.

Así mismo, todas las interacciones con la herramienta han sido dotadas del realismo necesario para que el alumno pueda emplear lo practicado con CHOVR con los coreutas reales. Las conclusiones principales extraídas de este proyecto son:

- De la fase de investigación se extrae que la gestualidad es algo muy propio de cada director. Este tipo de herramientas no pueden pretender enseñar una gestualidad universal, porque no existe. Sin embargo, existen movimientos que sí se han podido prototipar y que son fundamentales para cualquier director de coro. Dichos movimientos pueden ser aplicables a cualquier obra y entendidos por todos los coristas, por lo que al trasladar la práctica de la obra en la herramienta a un escenario real, los coreutas interpretarán sin dificultad aquello que el director desea comunicar.

También se pueden aplicar en coros amateurs donde los intérpretes no están tan familiarizados con los movimientos del director. Cada gesto realizado es fácil de descifrar pues su significado es similar en un entorno distinto al musical. Por ejemplo: en una clase, el profesor indica quién debe hablar señalando al alumno.

- La gran ventaja del simulador creado es que da la posibilidad a los futuros directores de practicar con coros virtuales sin límite de tiempo, sin la necesidad de cantantes reales, y desde cualquier lugar.
- Público objetivo de diferentes niveles. Esta herramienta no se centra en enseñar a alumnos recién iniciados en el mundo de la dirección coral ni pretende simular un coro para directores expertos, sino que el usuario puede elegir qué practicar en todo momento. Así, CHOVR puede acompañar al alumno en todo su proceso de aprendizaje hasta llegar a convertirse en profesional o puede ser usada como una herramienta de práctica puntual.
- Los docentes de los centros musicales consultados también han resalta-do la ventaja que supone poder secuenciar (paso a paso) el aprendizaje de los detalles técnicos, ya que esto permite un aprendizaje más estructurado y controlado.

Separar los movimientos en cajas que golpear con un número cada una, permite al alumno memorizar más fácilmente el camino a realizar. De esta forma, CHOVR asienta unas bases en el movimiento para alumnos iniciándose en dirección coral, dándoles libertad en un futuro para individualizar el movimiento.

- Más rapidez en el aprendizaje. El alumno podrá ensayar los movimientos que haya aprendido en la escuela las veces que sea necesario y sin necesidad de tener delante al profesor, ya que recibirá feedback en cada partida. Además, el practicar los detalles técnicos en esta herramienta hace que los ensayos con personas reales sean más efectivos (al director no le hará falta perder tiempo en la práctica de esos detalles). De esta manera, se descarta la antigua metodología de prueba error, donde el usuario ensayaba con el coro real y adecuaba sus movimientos repitiendo una y otra vez la obra.
- La posibilidad de jugar con las voces a tiempo real permite al usuario hacer cambios más precisos en las obras a interpretar. Es más sencillo para este estudiar cómo actúa una voz con los movimientos realizados, pues puede silenciar a placer las voces y centrar su atención en la que desee.

Por último, queremos resaltar la gran acogida que ha tenido la herramienta en el OCNE (Orquesta y Coro Nacional, 2020). Tanto los directores de coro como los profesores de las escuelas de música han mostrado su interés en utilizar ChoVR como herramienta complementaria en sus aulas.

Por otro lado, queremos destacar que el interés que ha despertado el proyecto se ha visto reflejado en la aceptación de Edulearn, y se aprovechará esa conferencia para buscar socios que puedan estar interesados en la creación de una herramienta más compleja.

La realidad virtual abre un campo de posibilidades de creación de simuladores, o lugares seguros en los que el estudiante se puede equivocar sin que ello tenga consecuencias más allá del mundo virtual.

7.2. Trabajo futuro

Con la situación mundial provocada por el COVID-19 (Ministerio de Sanidad, 2020) no pudo llevarse a cabo la asistencia prevista a los ensayos de la OCNE. Por ello, pasada la crisis, se asistirá a los ensayos del coro de la OCNE para refinar la herramienta. Tras esta mejora, el objetivo es el de probar la herramienta con usuarios potenciales. A continuación, se probará el simulador en las instalaciones del RCSMM (Real Conservatorio Superior de Música de Madrid, n.d.), para recolectar datos y comprobar su eficacia.

Con el objetivo de mejorar y completar algunas funcionalidades, se detallan una serie de mejoras técnicas para el futuro:

- Inclusión de técnicas de machine learning (como el aprendizaje reforzado) para la mejora del reconocimiento de gestos y facilitar la personalización de la detección de gestos para diferentes usuarios.
- Mejorar el sistema de lectura de partituras, mejorar el compás y reconocimiento de más estructuras métricas, para lograr un registro de obras musicales más rico y no limitar las partituras a los tres compases básicos.
- Creación de un coro polifónico siendo los 3 personajes masculinos Tenor, Barítono y Bajo y los 3 femeninos Soprano, Mezzosoprano y Contralto. Estarán ordenados según su tesitura para dar al usuario una aplicación más realista, pudiendo practicar por separado la melodía de cada grupo coral y posteriormente el empaste de todas las voces.
- Sumar una nueva funcionalidad a través de la cual el usuario pueda introducir sus medidas para que así las cajas se coloquen facilitando los movimientos del usuario y que no resulten desproporcionados.

Conclusions and Future Work

7.1. Conclusions

CHOVR was created with the aim of alleviating the lack of availability of both the teacher, as this tool provides indications in specific disciplines such as tempo, and the choristers themselves. Likewise, all the interactions with the tool have been endowed with the necessary realism so that the student can use what has been practiced with CHOVR with the real choreographers. The main conclusions drawn from this project are:

- From the research phase, it is clear that gestures are something very specific to each director. This kind of tools cannot pretend to teach a universal gestuality, because it doesn't exist. However, there are movements that have been able to be prototyped and that are fundamental for any choir director. Such movements can be applicable to any work and understood by all choristers, so by transferring the practice of the work in the tool to a real stage, the choristers will perform without difficulty what the conductor wishes to communicate.

They can also be applied in amateur choirs where the performers are not so familiar with the director's movements. Each gesture made is easy to decipher as its meaning is similar in a different environment to the musical. For example: in a class, the teacher indicates who should speak by pointing to the student.

- The great advantage of the simulator created is that it gives the possibility to future conductors to practice with virtual choirs without time limit, without the need of real singers, and from any place.

- Target audience of different levels. This tool does not focus on teaching students who are just starting out in the world of choral conducting, nor does it aim to simulate a choir for expert conductors, but rather the user can choose what to practice at any time. Thus, CHOVR can accompany the student throughout his learning process until he becomes a professional or it can be used as a tool for occasional practice.
- The teachers of the music centres consulted have also highlighted the advantage of being able to sequence (step by step) the learning of technical details, as this allows for more structured and controlled learning.

Separating the movements into boxes to be hit with a number each, allows the student to memorize more easily the path to be taken. In this way, CHOVR establishes a basis in movement for students starting in choral direction, giving them freedom in the future to individualize the movement.

- Faster learning. The student will be able to rehearse the movements he has learned at school as many times as necessary and without the need to have the teacher in front of him, as he will receive feedback on each game. In addition, practicing the technical details in this tool makes rehearsals with real people more effective (the director will not need to waste time practicing those details). In this way, the old trial-and-error methodology is discarded, where the user rehearsed with the real chorus and adapted his movements by repeating the piece over and over again.
- The possibility of playing with the voices in real time allows the user to make more precise changes in the works to be performed. It is easier for this to study how a voice acts with the movements made, as it can silence the voices at will and focus its attention on the one he wants.

Finally, we would like to mention the great acceptance of the tool at the OCNE (Orquesta y Coro Nacional, 2020). Both, choir conductors and music school teachers have shown their interest in using ChoVR as a complementary tool in their classrooms.

On the other hand, we want to highlight that the interest that the project has aroused has been reflected in the acceptance of Edulearn, and this conference will be used to find partners who may be interested in creating a more complex tool.

Virtual reality opens a field of possibilities for the creation of simulators for the arts, or safe places where students can fail without consequences beyond the virtual world.

Finally, we would like to mention the great acceptance of the tool at the OCNE (Orquesta y Coro Nacional, 2020). Both, choir conductors and music school teachers have shown their interest in using ChoVR as a complementary tool in their classrooms.

On the other hand, we want to highlight that the interest that the project has aroused has been reflected in the acceptance of Edulearn, and this conference will be used to find partners who may be interested in creating a more complex tool.

Virtual reality opens a field of possibilities for the creation of simulators for the arts, or safe places where students can fail without consequences beyond the virtual world.

7.2. Future Work

With the global COVID-19 scenario (Ministerio de Sanidad, 2020) we could not carry out the planned assistance to the OCNE rehearsals. Owing to this, once the crisis is over, our team will attend OCNE's choir to refine the simulator. Finally, we will test the simulator at RCSMM (Real Conservatorio Superior, 2017) facilities, to collect data and check its real effectiveness.

In order to improve and complete some functionalities, we plan a series of technical improvements:

- Inclusion of machine learning techniques (such as reinforced learning) to improve gesture recognition and facilitate the personalization of gesture detection.
- Improve the score reading system (the beat and recognition of additional metric structures) to ensure a richer record of music works.
- Creation of a polyphonic choir having the 3 male characters (Tenor, Baritone and Bass) and the 3 females (Soprano, Mezzosoprano and Contraalto). Users could practice separately the melody of each choral group, and later all the voices together.
- Add a functionality for allow users to introduce their physical measures in order to a better rhythm boxes collocation facilitating their movements.

Chapter 8

Anexo

CHOVR: A VIRTUAL REALITY TOOL FOR CHORAL CONDUCTING TRAINING

**Arturo PINAR ADÁN, Elena ROMERO GUANTES, Cinthya
VILLAESCUSA SIFUENTES, Alejandro ROMERO, Borja
MANERO**

Complutense University of Madrid, Spain

apinar@ucm.es, elerom01@ucm.es, cinvilla@ucm.es, alerom02@ucm.es,
bmanero@ucm.es

Abstract

Choral conducting is a meeting among the music, the conductor, and the performers. But what are the responsibilities of the conductors? Mainly, they should help the choir to keep the rhythm, transmit them the nuances of the play, and make all the elements of the score consistent. The non-verbal language of a choir director is a fundamental part of any choir performance and is highly reinforced in music conservatories. However, one of the main problem that conductors face is the difficulty in their practice since they do not have at their disposal a real choir or an expert in providing them with useful feedback.

This project aims to make use of a gamified virtual reality and gesture capture to offer choir conductors with a safe and useful place to practice and improve. Thus, we intend to overcome the lack of means by offering the user a gamified tool divided into initial tutorials and more challenging levels. We aim to offer an experience as close as possible to a real choir. In this way, the student (future conductor) can control aspects such as tempo, volume, and

tone with his hands, and can also select the voice that should start singing. Those aspects make our tool an effective way to practice choir conducting before facing real choirs.

In this paper, we present the design and developing phases of the project. Even though we do not have a fully playtesting yet, experts' opinions agree on the usefulness of the project as a complementary tool for the future choir direction students, providing a highly accurate and realistic space to practice the needed abilities.

Keywords: virtual reality, choir, director.

1. INTRODUCTION

In Spain, and in many other countries, training to become a choir director takes place in a Conservatory of Music [1]. The curriculum includes practice with real choirs before becoming a conductor. However, the perception of many professionals in the field is that these practices are insufficient. The main reason is that, in order to do them, a choir is needed, in other words, a group of people who are at the disposal of the future conductor. To have a complete choir at your disposal is expensive and complicated due to the singers' agendas. That is the reason why this type of practices is limited in music schools.

Internationally, the choral phenomenon is studied from a musicological and interpretative approach. There are studies that examine how choral music affects the culture of different populations, such as England, Germany and France. Researchers such as Ferrer [2] and Aviñoa [3] have studied how choral music affects the population. In Spain, however, there are few studies from that perspective. Aviñoa believes that the lack of interest in choirs until recently due to the low quality of the repertoire. This fact may have led to the neglect of the training of choir directors in this country.

It is true that some Choral Federations have promoted new methods for musical learning, which has led to an evolution in the increase of the number of choirs and in their quality. However, in the music schools examined, none of them include technological tools to improve learning in their classrooms.

Paradoxically, in recent years, the use of technological tools has proliferated in different areas of education [4]. Serious games are an example of success. There are many studies that have proven the effectiveness of the use of video games as learning tools. Although they have been used mostly in areas of STEM [5], there are also examples of video games for artistic disciplines. Video games such as Dance Dance Revolution have been used to improve movement skills and coordination. That experimental study concluded [6] that the game produced an improvement in cognitive functions, greater ability to learn mathematics, and a better physical capacity to run for a mile. Other applications such as Guitar Hero [7], Rock Band or Beatmania [8], offer the possibility of acquiring the same body posture as a professional musician, or imitating a professional DJ. All of them contribute to the improvement of creativity allowing to compose in a more entertaining way [9].

Other learning methods have been investigated such as the use of Karaoke applications in children between 3 and 5 years old [10], concluding the improvement and strengthening of oral language. At the same time, virtual reality tools have demonstrated their effectiveness in diverse subjects. Not surprisingly, different industries (military, aerospace or medical among others) used for years virtual worlds (simulators) to train their personnel [11]. There are many benefits of video games and simulators applied to different areas. However, we are not aware (in the consulted bibliography) of simulators or videogames applied to choir directors.

This article details the research phase and the design of the video game "ChoVR", a virtual reality tool oriented towards choral conducting, which aims to facilitate students' development of movements, understanding of gestures, and proper interaction with the members of the choir. To do this, the player will be in the shoes of a choir director, facing a virtual choir that reacts to his gestures, and a score to follow. This scenario will allow him to learn certain musical parameters such as tempo, character and intensity. The virtual reality offers us the ideal scenario to teach and to practice.

This paper is structured as follows: In section 2, we talk about the different phases of analysis and research. Section 3, details the design process of the tool and its possible applications. Finally, in section 4, we outline the conclusions of the project and future work.

2. DOMAIN OF APPLICATION RESEARCH PHASE (DAR)

This section details research into choral conducting learning and how virtual reality can be used to enhance the learning process in this area. Before starting with the design phase of our tool, we carried out an exhaustive research phase where we had the opinion and indications of several experts. This phase includes two sub-phases (see Figure 8.1): 1) research on musical and choral conducting, and 2) factors that we can integrate into the simulator to be taught.

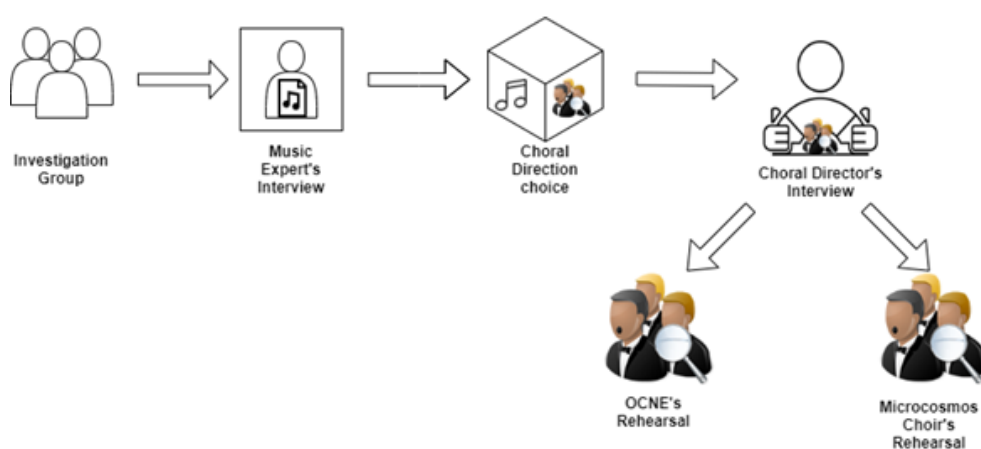


Figure 8.1: Design of the research process

2.1 Research on musical direction

We started the research phase by studying what guidelines we should follow to develop a tool that could be useful for music teaching. With the help of different musicologists, we confirmed that a choir can be a good starting point as it is the simplest case of use within this discipline in order to take it to a virtual space. A monophonic choir permits one voice, which facilitates the creation of a minimum viable product. With this voice, it is easy to extract factors such as tempo and intensity. In addition, it allows great scalability, at a more advanced study point, more voices can be added to the work, from which we can also extract information and see how they connect with each other (see future work section).

During this phase, after meetings with different conductors and choirs, we can observe the problem of not being able to practice without a choir available, which makes practice complex. Finally, we have the director of the choir Microcosmos from the Universidad Complutense de Madrid [12] (UCM

from now on) clarifying that the work of a director is based on a set of movements of different parts of his body, such as hands, arms and face.

We attended several choir rehearsals, (see figure 8.2) and meetings with the National Orchestra and Choir of Spain [13]- from now on OCNE by its Spanish acronym-. In them, we observe the movements made by each conductor and decide which of them are common to all conductors. These gestures are candidates to be included in our tool.



Figure 8.2: Rehearsal Microcosmos choir

2.2 Factors that may be integrated into a video game and can be taught

After the first research sub-phase, we concluded that a virtual reality tool can be useful for both aspiring students and choir directors to have a place to practice. In this phase, we detail in which aspects the ChoVR tool is focused

The learning of a choir director is based on two types of gestures [14]: 1) On the one hand the gestural language articulated in signs, that represent the sound, duration, shades, etc. 2) The facial expression conformed by the eyes (look) and the lips.

After analyzing the technical tools, we have (see Figure 8.3), we observe that it is not possible to capture the facial expressions of the users since the use of virtual reality headset. Thus, we focus the tool on the movement of the hands of a choir director. In this way, we obtain a tool that not only controls and corrects these movements, but also studies how they act on the choristers and on the work as a whole.

Observing several directors, we realize that each one individualizes the movements he makes. For this reason, we decided to create a standard of gestures. We put special emphasis on the amplitude of the arms, since they mark the intensity and volume of the work [15], the position of the wrist, which marks the movement and the disposition of the fingers, especially important when interacting with the choristers.

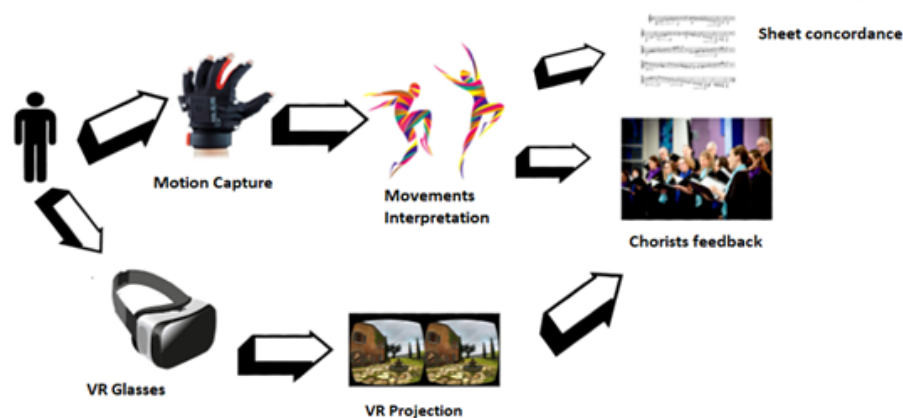


Figure 8.3: Tool development scheme

3. GAMIFIED SIMULATOR DESIGN

We use Unity 3D, since is the main software for the development of virtual reality prototypes [16]. We use the VIVE virtual reality set [17] and Hi5gloves from Noitom company [18] for hand motion capture. To improve the usability of the tool we enable also VIVE Controllers.

3.1. Simulator environment design

After the research phase, we decide to represent the choral learning process in a scenario that simulates an auditorium. This first phase of narrative design focus on two main aspects: 1) the analysis of the elements, roles and people that make up a choir, and 2) trying to simulate a context as realistic as possible.

In this aspect, we use a model based on an auditorium. This consists of a large stage where the director (the user) and the NPCs (Non playable characters) interact. The stage is surrounded by seats in which other seated characters (extras) will act as an audience. These don't interact with the characters of the choir or the director (user).

We apply gamification techniques in order to increase the pedagogical efficiency of the tool. The main one was to include difficulty levels. Levels help the user to become gradually familiar with the environment and to have a clear learning path.

At the most basic level, the game always guides the user's movements. It also indicates whether the user is moving to the correct point at the precise time with his hands. Advanced levels offer an environment where the user can interact with different characters (choir singers - NPCs). These singers have several voices that the user can modify by different gestures.

The user, with first-person view (shown through HTC Vive Headset), only visualizes (see figure 8.4) her hands, the game elements and the NPCs. The game does not include any unnecessary elements to avoid distractions.

NPCs represent the choir singers, and they react according to the director (user) interactions. Each NPC represents the different voices that make up a monophonic choir. In total, there are 3 males and 3 females.



Figure 8.4: Virtual auditorium

3.2. Interaction design

DAR phase data show us that, by capturing the trajectory of the user's gestures, we can determine the NPCs response. After determining these key aspects, our next step is to transfer this knowledge into our tool. To do this, we prototyped several interactions and gesture detection.

The tool is oriented to users with some basic knowledge about musical gestures since it aims to be a complement to the practice and the study of the future directors (see section 2). Thus, the tool does not show the user how to perform a specific movement. Though, simulator gives feedback if the movements are wrong.

The musical metric system classifies the tempos into three main groups [19]: Binary, Ternary and Quaternary measures. Therefore, we design three basic movement possibilities to represent the 2/4, 3/4 and 4/4 measures.

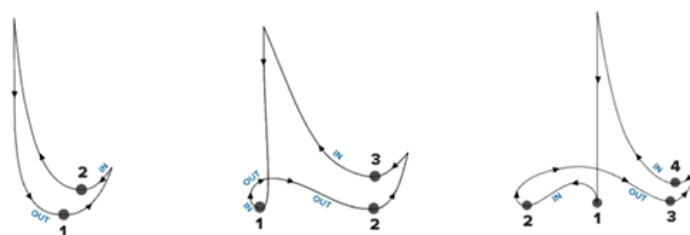


Figure 8.5: Tempos and its movements

For example, in the case of the 2/4 tempo practice (See figure 8.5), the user must perform whole movement in 2 seconds. This is because the tempo 2/4 means 2 blacks in each bar. We decided that one quarter note has the duration of one second. Thus, the tool detects if at the correct second the user is heading for the right box or he is moving away from it.

We also design the interactions with NPCs using the most common gestures. Each character will start singing when the user points her finger at them. She will finish singing when the user points at her with a closed fist.

3.3. Level Design

Our simulator has two main scenes: tutorial and advanced. The aim of this division is to provide the user with a logical learning process, a pedagogical path where they can: 1) remember or learn the movements of the different measures and, 2) practice these movements with simulated choir singers in the virtual world.

The tutorial shows 3 boxes with a number inside to guide the user with the movements. This means that the first movement is to move the hand towards box 1, the following to box 2 and so on (see Figure 8.6). Furthermore, the user can remember basic tempo movements, and perceive how the song changes while performing.

At this level, users can choose among a musical repertory (with plays that represent the different compasses 2/4, 3/4 and 4/4). While playing, the tool allows the user to practice: 1) the movements referred to the pulse, and 2) the gestures to increase or decrease the speed and the volume of the play. At the same time, it restricts the exaggerated movements and corrects wrong gestures.

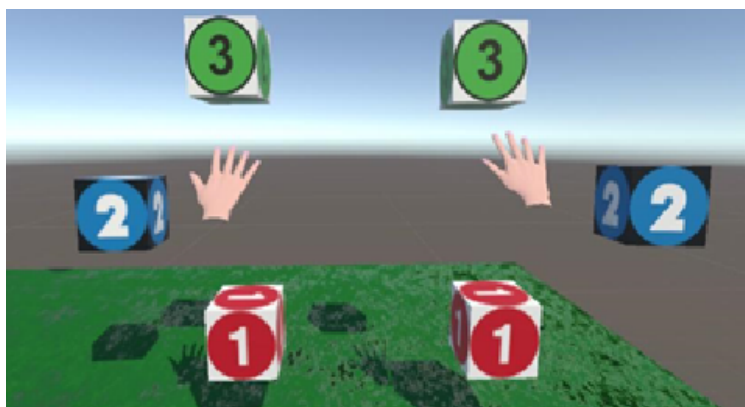


Figure 8.6: Tutorial screenshot

At the advanced level, the user can load the score of his choice in MIDI format. Next, she will choose the NPCs among different voice options to fulfill her desired choir. Finally, the auditorium scene (see Figure 8.4) is triggered, where she must perform each movement in the right way according to each measure of the song.

4. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

The main objective of this paper is to explain the design of a virtual reality gamified simulator created to facilitate the practice and study of choral conducting. Our aim is to serve as a complement in music schools to enhance the teaching method by using a virtual environment.

The main conclusions drawn from this project are:

- In the research phase, we concluded that gestures are highly specific to each conductor. This kind of tools cannot pretend to teach a universal gestuality, because it simply doesn't exist. However, there are some basic technical aspects (hands' spreading or speed, ordinary gestures, etc.) that can be practiced in our tool and that are essential for any choir director.
- Our simulator provides to future conductors with the possibility of practicing with virtual choirs without time limits, without the need for real singers, and from any location.
- Music teachers have also highlighted the advantage of being able to sequence (step by step) the technical learning, since this allows a more structured and controlled learning process.
- Faster learning. The student can rehearse the movements he has learned at school on demand without a teacher, as he will receive feedback on each game. In addition, practicing the technical details at home makes rehearsals with real people more effective (the director will not need to waste chorus time practicing those details).

Finally, we would like to mention the great acceptance of the tool at the OCNE [13]. Both, choir conductors and music school teachers have shown their interest in using ChoVR as a complementary tool in their classrooms. Virtual reality opens a field of possibilities for the creation of simulators for the arts, or safe places where the students can fail without consequences beyond the virtual world.

With the global COVID-19 scenario [20] we could not carry out the planned assistance to the OCNE rehearsals. Owing to this, once the crisis is over, our team will attend OCNE's choir to refine the simulator. Finally, we will test the simulator at RCSMM [1] facilities, to collect data and check its real effectiveness.

In order to improve and complete some functionalities, we plan a series of technical improvements:

- Inclusion of machine learning techniques (such as reinforced learning) to improve gesture recognition and facilitate the personalization of gesture detection.
- Improve the score reading system (the beat and recognition of additional metric structures) to ensure a richer record of musical works.
- Creation of a polyphonic choir having the 3 male characters (Tenor, Baritone and Bass) and the 3 female (Soprano, Mezzosoprano and Contraalto). Users could practice separately the melody of each choral group, and later all the voices together.

ACKNOWLEDGEMENTS

This project would not have been possible without the help and support of a good number of professionals: Thanks to Amaya Añúa Tejedor, Gabriel Rusinek Milner and Luis Noain Calabuig for always kindly and generously answering our queries and providing us with their suggestions. Also to the people directly or indirectly related to the Spanish National Orchestra and Chorus and to the Royal Conservatory of Music in Madrid, for allowing us to analyse the practice of their choir conductors. This project has been partially funded by the Ministry of Science, Innovation and Universities of Spain (Didascalias, RTI2018-096401-A-I00).

REFERENCES:

- [1] "Real Conservatorio Superior de Música de Madrid." <https://rcsmm.eu/> (accessed May 04, 2020).
- [2] M. N. Ferrer, *Aportaciones al estudio del movimiento coral en España*. Universitat de Barcelona, 1998.
- [3] X. AVIÑO, "Música i Cultura popular al segle XIX," *Actes del Col·loqui Int. sobre la Renaixença*, pp. 18–22, 1985.
- [4] J. A. Ruiz and I. Del Valle, "VII (nº de capítulo centrado. Lo pone el editor) LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS COMO HERRAMIENTAS QUE FACILITAN LA EDUCACIÓN FORMATIVA EN LA EDUCACIÓN," *Estrategias innovadoras para la docencia dialógica y virtual*, pp. 25–40, 2014, [Online]. Available: http://www.seeci.net/cuiciid2013/pdfs/unido_mesa_2_docencia.pdf.
- [5] V. Lòpez, D. Couso, and C. Simarro, "Educación STEM en y para el mundo digital . Cómo y por qué llevar las herramientas digitales a las aulas de ciencias , matemáticas, artes y tecnologías," *Rev. Educ. a Distancia*, vol. 1, pp. 1–27, 2018.
- [6] S. Lòpez, A. Ruiz-Ariza, S. S. Manzano, and M. J. de la Torre Cruz, "'Dance Dance' educación: ¿ una verdadera 'revolución' para el aula?," *MLS Educ. Res.*, vol. 1, no. 1, pp. 7–18, 2017.
- [7] JOSÉ JOAQUÍN GARCÍA MERINO, "Juguetes Musicales : Historia Y Evolución Hasta Las Tic . Influencia En El Desarrollo Aprendizaje," *Temas para la Educ.*, pp. 1–10, 2010.
- [8] C. Pruet, "The Rise of Manipulatives in Video Games The Rise of Manipulatives in Video Games," vol. 8, no. 2008, pp. 73–79, 2009.
- [9] E. De Bono and O. Castillo, *El pensamiento creativo*. Editorial Paidós, 1994.
- [10] A. NAULA and G. DANIELA, "FORTALECER EL LENGUAJE ORAL MEDIANTE UN CD KARAOKE EN NIÑOS Y NIÑAS DE 3 AÑOS, DIRIGIDO A LAS ESTUDIANTES DE SEXTO NIVEL DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR" CORDILLERA", DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EN EL AÑO 2018." 2018.
- [11] A. C. Lechtaler, C. F. Blanc, M. L. Carden, A. Köhler, A. G. Polak, and J. M. Señorío, "Simulación Inmersiva con Realidad Aumentada."
- [12] UCM, "Coro Microcosmos UCM," *Coro Microcosmos UCM*. <http://webs.ucm.es/info/microcos/>.
- [13] "Orquesta y Coro Nacionales de España." <http://ocne.mcu.es/> (accessed May 04, 2020).
- [14] A. Ordás, "La Actividad Coral como Práctica de Significado Intersubjetiva: Un estudio acerca de las fuentes de información temporal de los coreutas y del director," *Boletín la Soc. Argentina para las Ciencias Cogn. la Música*, vol. 5, no. 2, pp. 9–18, 2013.
- [15] I. Poggi and A. Ansani, "Forte, piano, crescendo, diminuendo: Gestures of intensity in orchestra and choir conduction," in *Proceedings of the 4th European and 7th Nordic Symposium on Multimodal Communication (MMSYM 2016), Copenhagen, 29-30 September 2016*, 2017, no. 141, pp. 111–119.
- [16] Unity Technologies, "Unity." 2020, [Online]. Available: <https://unity.com/es>.
- [17] HTC Corporation, "VIVE headset," 2020, [Online]. Available: <https://www.vive.com/eu/product/>.
- [18] Noitom, "Noitom Hi5 VR Glove," 2020. 2020, [Online]. Available: <https://hi5vrglove.com/>.
- [19] G. D. E. Corte and M. Terminal, "Capítulo 6º. LA TÉCNICA DEL DIRECTOR: II. E.," pp. 112–147.
- [20] C. y B. S. Ministerio de Sanidad, "Ministerio de Sanidad." 2020, [Online]. Available: <https://www.msbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/home.htm>.



EDULEARN₂₀

25th of June, 2020

ABSTRACT ACCEPTANCE LETTER

This is a confirmation that the abstract entitled:

“CHOVR: A VIRTUAL REALITY TOOL FOR CHORAL CONDUCTING TRAINING”

Author(s): Arturo Pinar-Adán, Elena Romero-Guantes, Cinthya Villaescusa-Sifuentes, Alejandro Romero-Hernandez, Borja Manero

has been accepted as VIRTUAL presentation at EDULEARN20.

Name of event: EDULEARN20 (12th annual International Conference on Education and New Learning Technologies)

Dates: 6th-7th of July, 2020

Organising entity: IATED

EDULEARN20 Local Organising Committee



Bibliografía

- ABELLÁN, M. M. C. Concepciones y prácticas de los directores de coro: el ensayo coral como escenario de enseñanza aprendizaje. *DialNet*, páginas 1–382, 2017.
- ÁLVAREZ, M. R. Tecnología al servicio de la educación musical. *Revista Española de Pedagogía*, vol. 75(268), páginas 481–495, 2017. ISSN 21740909.
- AVIÑO, X. Música i Cultura popular al segle XIX. *Actes del Col·loqui Internacional sobre la Renaixença*, páginas 18–22, 1985.
- BAUER, W. I., REESE, S. y MCALLISTER, P. A. Transforming music teaching via technology: The role of professional development. *Journal of research in Music Education*, vol. 51(4), páginas 289–301, 2003. ISSN 0022-4294.
- BREGLER, C. Motion capture technology for entertainment [in the spotlight]. *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 24(6), páginas 158–160, 2007. ISSN 1053-5888.
- CAMPUS, N. de la Educación Musical : propuesta para la formación de profesorado especialista. *DialNet*, 2011.
- CORTE, G. D. E. y TERMINAL, M. Documentación musical de andalucía. *Documentación musical de Andalucía*, páginas 112–147, 2019.
- ELVIRA, S. y RÍO, D. Aplicaciones y usos de la tecnología Motion Capture en el campo del arte y la ciencia. *DialNet*, páginas 22–32, 2017.
- FERNÁNDEZ, M. F. La técnica en la dirección musical. *Oregon C. Press EE. UU.*, 2019.
- FERRER, M. N. *Aportaciones al estudio del movimiento coral en España*. Universitat de Barcelona, 1998. ISBN 8447519449.

- FRIED, E. Using Body Language to Express the music in Conducting. *American String Teacher*, 2017. ISSN 0003-1313.
- GALERA NÚÑEZ, M. D. M. y GUTIÉRREZ CORDERO, R. La Tecnología Musical Como Herramienta Didáctica. *Recursos Educativos*, páginas 1–7, 2009.
- GÉRTRUDIX BARRIO, F. Las tic al servicio de la educación musical. Un binomio de siempre. *Departamento de Humanidades y Ciencias Sociales*, páginas 1–13, 2009. ISSN 1697-8293.
- GIL ROMERO, E. Un estudio acerca del desarrollo de videojuegos mediante el motor grafico unity 3d. *DialNet*, 2014.
- GÓMEZ ECHEVERRY, L. L., JARAMILLO HENAO, A. M., RUIZ MOLINA, M. A., VELÁSQUEZ RESTREPO, S. M., PÁRAMO VELÁSQUEZ, C. A. y SILVA BOLÍVAR, G. J. Human motion capture and analysis systems: a systematic review/Sistemas de captura y análisis de movimiento cinemático humano: una revisión sistemática. 2018.
- GUSTEMS, J. *Guía práctica para la dirección de grupos vocales e instrumentales*. Biblioteca de Eufonía. Editorial Grao, 2008. ISBN 9788478276431.
- HERNÁNDEZ, R., ORREGO, R. y QUIÑONES, S. Nuevas formas de aprender: La formación docente frente al uso de las TIC New Ways of Learning: Teacher Training in the Use of ICTs. 2018.
- HERNANDEZ, R. M. Impacto de las tic en la educación: Retos y perspectivas. *Propósitos y representaciones*, vol. 5(1), páginas 325–347, 2017.
- HO, W. Use of information technology and music learning in the search for quality education. *British journal of educational technology*, vol. 35(1), páginas 57–67, 2004. ISSN 0007-1013.
- IGLESIAS, A. Desarrollo de videojuegos. 2011.
- JOSÉ JOAQUÍN GARCÍA MERINO. Juguetes Musicales : Historia Y Evolución Hasta Las Tic . Influencia En El Desarrollo Aprendizaje. *Temas para la Educación*, páginas 1–10, 2010.
- LARA, N. Capitulo 3 Relacion causa efecto: orquesta director. 2017.
- LECHTALER, A. C., BLANC, C. F., CARDEN, M. L., KÖHLER, A., POLAK, A. G. y SEÑORIÑO, J. M. Simulación Inmersiva con Realidad Aumentada. 2015.
- LEVIS, D. ¿Qué es la realidad virtual? *Mateus, S., & Giraldo, JE (2012).Diseño de un modelo 3D del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con Realidad Virtual Scielo*, 2006.

- LÒPEZ, V., COUSO, D. y SIMARRO, C. Educación STEM en y para el mundo digital . Cómo y por qué llevar las herramientas digitales a las aulas de ciencias , matemáticas, artes y tecnologías. *Revista de Educación a Distancia*, vol. 1, páginas 1–27, 2018.
- MINISTERIO DE SANIDAD, C. Y. B. S. Ministerio de Sanidad. 2020.
- MITHEN, S., MORLEY, I., WRAY, A., TALLERMAN, M. y GAMBLE, C. The Singing Neanderthals: the Origins of Music, Language, Mind and Body. *Cambridge Archaeological Journal*, 2006. ISSN 0959-7743.
- ORDÁS, A. La Actividad Coral como Práctica de Significado Intersubjetiva: Un estudio acerca de las fuentes de información temporal de los coreutas y del director. *Boletín de la Sociedad Argentina para las Ciencias Cognitivas de la Música*, vol. 5(2), páginas 9–18, 2013.
- ORQUESTA Y CORO NACIONAL. Orquesta y Coro Nacionales de España. 2020.
- PAN, Z., CHEOK, A. D., YANG, H., ZHU, J. y SHI, J. Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers & Graphics*, vol. 30(1), páginas 20–28, 2006. ISSN 0097-8493.
- PÉREZ CAÑADO, M. L. y RÁEZ PADILLA, J. *Digital competence development in higher education: An international perspective*, vol. 12. Peter Lang AG, 2014. ISBN 9783653045369.
- PEULA, J. M., ZUMAQUERO, J. A., URDIALES, C., BARBANCHO, A. M. y SANDOVAL, F. Realidad aumentada aplicada a herramientas didácticas musicales. *Herramientas didácticas*, 2017.
- POGGI, I. y ANSANI, A. Forte, piano, crescendo, diminuendo: Gestures of intensity in orchestra and choir conduction. En *Proceedings of the 4th European and 7th Nordic Symposium on Multimodal Communication (MMSYM 2016), Copenhagen, 29-30 September 2016*, 141, páginas 111–119. Linköping University Electronic Press, 2017. ISBN 1650-3740.
- PUEO, B. y JIMENEZ-OLMEDO, J. M. Application of motion capture technology for sport performance analysis. *Retos*, vol. 2041(32), páginas 241–247, 2017. ISSN 19882041.
- REAL CONSERVATORIO SUPERIOR. Real conservatorio superior de música de madrid. 2017.
- RICO, C. S. C. y ARBELAEZ, M. V. Comparacion de motores de videojuegos para la creacion de juegos serios. 2015.
- RODRIGUEZ, R. Direccion de Coro: Capitulo 25. En *Direccion de coro*, páginas 547–563. Rodriguez Ricardo, 2013a. ISBN 978-84-9959-137-7.

- RODRIGUEZ, R. Ricardo Rodriguez Capitulo 4: El Lenguaje Gestual del director. En *Documentacion Musical de Andalucía*, vol. Dirección, capítulo Capitulo 4, páginas 65–80. Rodriguez Ricardo, 2013b.
- ROMERO CARMONA, J. Las nuevas tecnologías y la expresión musical, otros lenguajes en la educación. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, vol. 6(23), páginas 25–30, 2004. ISSN 1134-3478.
- RUIZ, J. A. y DEL VALLE, I. Las nuevas tecnologías como herramientas que facilitan la educación formativa en la educación VII. *Estrategias innovadoras para la docencia dialógica y virtual*, páginas 25–40, 2014.
- RUSINEK, G. EL aprendizaje significativo en educación musical. *Doce Notas. Universidad Complutense de Madrid*, vol. 52, páginas 17–18, 2012.
- SALINAS IBÁÑEZ, J. Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, vol. 1(1), página 3, 2004. ISSN 1698-580X.
- SCHÖN, D., MAGNE, C. y BESSON, M. The music of speech: Music training facilitates pitch processing in both music and language. *Psychophysiology*, 2004. ISSN 00485772.
- SERRADILLA, B. S. El aprendizaje musical y artístico desde una perspectiva intercultural: caso de estudio la escolanía del sagrado corazón de rosales. *Dedica. Revista de Educação e Humanidades*, páginas 131–144, 2016.
- SERRANO, R. M. Tecnología y educación musical obligatoria en España: Referentes para la implementación de buenas prácticas. *Revista Electronica Complutense de Investigacion en Educacion Musical*, vol. 14, páginas 153–169, 2017. ISSN 16987454.
- SHERMAN, W. R. y CRAIG, A. B. *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*. Elsevier, 2002. ISBN 008052009X.
- STEUER, J. Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of communication*, vol. 42(4), páginas 73–93, 1992. ISSN 0021-9916.
- SUSTAETA, I. y DOMÍNGUEZ-ALCAHUD, M. P. Aplicaciones didácticas de la informática musical. *Revista Electronica Complutense de Investigacion Musical*, vol. 1, páginas 1–12, 2004. ISSN 16987454.
- INTERNATIONAL ACADEMY OF TECHNOLOGY, E. y DEVELOPMENT. International academy of technology, education and development. 2020.
- UCM. Coro microcosmos ucm. 2020.

-
- VAN DEN STOCK, J., PERETZ, I., GRÈZES, J. y DE GELDER, B. Instrumental music influences recognition of emotional body language. En *Brain Topography*. 2009. ISSN 08960267.
- WISE, S., GREENWOOD, J. y DAVIS, N. Teachers' use of digital technology in secondary music education: illustrations of changing classrooms. *British Journal of Music Education*, vol. 28(2), páginas 117–134, 2011. ISSN 1469-2104.

