



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SIMULADOR EN
REALIDAD VIRTUAL PARA APOYAR LA REINSERCIÓN SOCIAL DE
NIÑOS Y ADOLESCENTES CON SECUELAS DE QUEMADURAS**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN COMPUTACIÓN

PABLO ALEJANDRO GUTIÉRREZ HIDALGO

PROFESOR GUÍA:
FRANCISCO GUTIÉRREZ FIGUEROA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
JUAN ÁLVAREZ RUBIO
NELSON BALOIAN TATARYAN

SANTIAGO DE CHILE
2023

Resumen

La Corporación de Ayuda al Niño Quemado, conocida como COANIQUEM, es una organización sin fines de lucro que se dedica a la rehabilitación de niños y adolescentes víctimas de quemaduras. Entre sus procesos se destaca la reinserción social, cuyo objetivo es facilitar que los niños puedan reintegrarse en la sociedad después de enfrentar experiencias traumáticas causadas por las quemaduras. Este trabajo de memoria explora la propuesta de utilizar la realidad virtual como herramienta para fortalecer las sesiones de reinserción social, proporcionando un entorno simulado que ayude a percibir a los usuarios en un ambiente virtual, permitiendo evaluar las reacciones y sentimientos del niño.

En este trabajo, se desarrolló una sala de clases virtual utilizando el motor de videojuegos Unity y el dispositivo de realidad virtual Oculus Quest 1. La colaboración con COANIQUEM fue esencial para diseñar y crear una simulación que incluye un tutorial, una experiencia breve en una sala de clases con situaciones desafiantes y un lugar de descanso que funciona como zona segura en el proyecto. La simulación se diseñó para evaluar la adaptación del niño en un entorno escolar, aprovechando la inmersión y la interacción de la realidad virtual para brindar una experiencia realista y controlada.

Finalmente, se realizó una prueba de concepto con el personal de COANIQUEM y sujetos de prueba para evaluar la simulación desde el punto de vista del supervisor del proyecto y del usuario, respectivamente. Los resultados fueron positivos, validando la efectividad y utilidad del proyecto. Los participantes experimentaron una experiencia inmersiva en la cual las personas se sintieron inmersas en la simulación, mencionando las posibles mejoras en los componentes sociales e interactivos de la simulación. Estos resultados demuestran el potencial de la simulación en realidad virtual como una herramienta valiosa para la rehabilitación y el apoyo psicológico de niños que enfrentan desafíos de reinserción social después de quemaduras.

Agradecimientos

Primeramente, me gustaría agradecer a Dios y a mi familia, pilares fundamentales de lo que soy y de donde he llegado. Agradezco enormemente a cada uno de ellos por todos los aprendizajes que he tenido hasta el día de hoy. Además, agradezco los muy enérgicos 'Vamos que se puede' de mi progenitora; parece que, de momento, se está pudiendo.

También quiero agradecer a los integrantes de COANIQUEM, especialmente a Matías Orellana, Alejandro Godoy y Gabriela Hidalgo, por brindar estas oportunidades de proyectos, por su simpatía y apoyo en momentos del desarrollo.

Agradezco al mi profesor guía y a todos los miembros del grupo del martes, por ofrecer un espacio específico para revisar el avance y mejorar en los desarrollos.

Quiero expresar mi agradecimiento a mi polola, Claudia, por estar conmigo en todos los momentos difíciles y por nunca dudar de mis conocimientos y habilidades en el desarrollo de esta memoria, te amo.

Agradezco a los 31 gramos, quienes son grandes amigos en mi vida universitaria y me ayudaron mucho a que esta experiencia en el DCC fuera mucho más divertida y cálida.

También me gustaría agradecer a 'ONU: heladería y club de literatura'. Su amistad y comprensión han sido muy importantes para mí. Mencionar especialmente a Nicolás, gracias por escucharme ese día, significó mucho para mí.

Quiero expresar mi agradecimiento a Joaquín Uribe, la única persona que sabe cómo hacer aparecer un toroide de la nada cuando este no quería aparecer. Su habilidad para lograr esto y además poner en juego una mención en la memoria es realmente impresionante.

En estos últimos días, quiero agradecer a Javier Lavados, cuyas sesiones de estudio extremas han sido las únicas que me han servido desde hace bastante tiempo, han sido noches intensas y por lo visto, están dando frutos.

Finalmente, existen muchas personas que estuvieron en mi camino por la universidad que, por alguno u otro motivo, ya no están. Con este párrafo quiero mencionar simbólicamente a todas esas personas y aclarar que también fueron una parte importante, quizá no estén en mi vida el día de hoy, pero aun así sigo agradecido por su apoyo y compañía, acordándome periódicamente de ellos.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Problema abordado	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.2.3. Evaluación	3
1.3. Resumen de la solución desarrollada	3
1.4. Alcance del proyecto	4
1.5. Estructura del documento	4
2. Estado del arte	6
3. Diseño del prototipo	9
3.1. Requerimientos iniciales	9
3.2. Menú principal	10
3.3. Tutorial	10
3.3.1. Diseño general del tutorial	11
3.3.2. Interacción con objetos	12
3.3.3. Pantalla	12
3.3.4. Botón para la zona tranquila	13
3.3.5. Botones para elegir escena	13
3.4. Sala de clases	14
3.4.1. Diseño general de la sala	14
3.4.2. Ciclo y pausa de eventos	15
3.4.2.1. Profesora	16
3.4.2.2. Alumnos	17
3.4.3. Objetos en la mesa	18
3.5. Zona tranquila	18
3.6. Motor de videojuego	19
4. Implementación de la simulación	21
4.1. XR Interaction Toolkit	21
4.1.1. Soporte para diferentes cascos	21
4.1.2. Interacción con el ambiente virtual	22
4.1.3. Seguimiento virtual del casco	23
4.1.4. Diagrama de clases para el usuario	24
4.2. Recursos gráficos	25
4.2.1. Probuilder	25

4.2.2.	Generación de los terrenos	26
4.2.3.	Modelos humanos con esqueleto y animaciones	28
4.2.4.	Otros modelos y texturas	28
4.3.	Menú principal	28
4.4.	Tutorial	30
4.5.	Zona tranquila	32
4.6.	Sala de clases	33
4.6.1.	Elementos de la mesa	33
4.6.2.	Manejo de eventos	34
4.6.2.1.	Events Manager	35
4.6.2.2.	Profesora	35
4.6.2.3.	Alumnos	36
4.6.2.4.	Tipos de movimientos	38
4.6.3.	Diferentes managers de la sala de clases	39
4.6.4.	Diagrama de clases para los personajes	41
4.7.	Corrección de posición	42
5.	Prueba de concepto y análisis de los resultados	43
5.1.	Prueba con expertos de COANIQUEM	43
5.1.1.	Metodología	43
5.1.2.	Participantes	43
5.1.3.	Procedimiento	44
5.1.4.	Comentarios registrados	44
5.1.5.	Aprendizajes de los comentarios	44
5.2.	Prueba con personas de la universidad	45
5.2.1.	Metodología	45
5.2.2.	Participantes	45
5.2.3.	Cuestionarios	45
5.2.4.	Procedimiento	46
5.2.5.	Recolección y análisis de datos	47
5.2.6.	Resultados y análisis	47
5.2.6.1.	Mareos	47
5.2.6.2.	Presencia Física	48
5.2.6.3.	Presencia social	49
5.2.6.4.	Presencia personal	49
5.2.6.5.	Frustración y control	50
5.2.6.6.	Experiencia	51
5.2.6.7.	Multimedia	52
5.2.6.8.	Flujo de las acciones	53
5.2.7.	Comentarios por mejorar	54
5.2.8.	Aprendizajes principales	55
5.3.	Implicancias para el diseño	56
6.	Conclusión	57
	Bibliografía	60
	Anexos	62

A.	Bocetos extras del tutorial	62
B.	Créditos de modelos de internet	64

Índice de Ilustraciones

3.1.	Bocetos para el menú principal	10
3.2.	Bocetos para el tutorial	11
3.3.	Boceto de la sala de clases	14
3.4.	Estados de la profesora	16
3.5.	Estados de los alumnos	17
3.6.	Bocetos para la zona tranquila	19
4.1.	Componente XR Grab Interactable	22
4.2.	Estructura del XR Origin	24
4.3.	Diagrama de clases para el usuario	24
4.4.	Utilización de ProBuilder para la creación de figuras geométricas avanzadas . .	26
4.5.	Utilización de la herramienta terrain	27
4.6.	Utilización de la herramienta terrain en la zona tranquila	27
4.7.	Menú principal	29
4.8.	Instrucciones del menú principal	29
4.9.	Mesa giratoria del tutorial	30
4.10.	Zona tranquila	33
4.11.	Elementos de la mesa	34
4.12.	Camino realizado por la profesora	35
4.13.	Script de la profesora	36
4.14.	Script de los alumnos	37
4.15.	Targets de un compañero, donde la cabeza y el torso apuntan	38
4.16.	Script extra para el compañero que pide la goma	38
4.17.	Pausa que puede activar el supervisor	39
4.18.	Fade Manager	40
4.19.	Events Manager	40
4.20.	Diagrama de clases para los personajes	41
5.1.	Visualización para los mareos	47
5.2.	Visualizaciones de presencia física	48
5.3.	Visualizaciones de presencia social	49
5.4.	Visualizaciones de presencia personal	50
5.5.	Visualizaciones sobre la frustración y el control	51
5.6.	Visualizaciones sobre la experiencia de la simulación	52
5.7.	Visualizaciones sobre los aspectos visuales y sonoros de la simulación	53
5.8.	Visualizaciones sobre el flujo de acciones	54
A.1.	Primera pantalla de la mesa giratoria	62
A.2.	Segunda pantalla de la mesa giratoria	63
A.3.	Tercera pantalla de la mesa giratoria	63
A.4.	Cuarta pantalla de la mesa giratoria	64

Capítulo 1

Introducción

En Chile, aproximadamente 80.000 niños y adolescentes sufren de quemaduras cada año [1]. Los daños generados por estos accidentes provocan grandes consecuencias tanto para el niño afectado como para su familia en diversos aspectos. Entre estas consecuencias se incluyen los gastos económicos, los daños estéticos, los impactos emocionales, los impedimentos en el crecimiento y los efectos sociales [2].

La Corporación de Ayuda al Niño Quemado, o por sus siglas, COANIQUEM, es una institución privada sin fines de lucro con el objetivo principal de brindar rehabilitación integral y gratuita a niños y adolescentes con quemaduras y otras cicatrices [3]. Su enfoque se centra en mejorar la calidad de vida y el futuro de los pacientes después de su accidente.

El proceso de rehabilitación posterior a una quemadura es complejo, ya que implica cirugías, curaciones y otros procedimientos que pueden resultar desconocidos para el niño afectado [2]. Estos procesos conllevan implicancias tanto psicológicas como kinésicas, las cuales deben ser abordadas por expertos en la materia.

Dentro de los procesos de rehabilitación, el primero de ellos, el proceso psicológico, incluye un procedimiento conocido como 'reinserción social'. Este procedimiento tiene como objetivo ayudar a personas con impedimentos físicos o discapacidades a alcanzar un nivel de funcionamiento independiente en sus actividades diarias, tales como empleo, transporte o estudios [4]. En el caso específico de COANIQUEM, su objetivo es facilitar que el niño afectado vuelva a participar de forma habitual en actividades en espacios públicos, tal como lo hacía antes de la quemadura.

1.1. Problema abordado

En el proceso de reinserción social llevado a cabo por COANIQUEM, los expertos preparan a los niños para posibles reacciones que puedan surgir mediante actividades lúdicas relacionadas con las situaciones conflictivas que deben enfrentar. Actualmente, los psicólogos utilizan juegos de rol y proyección de situaciones para preparar a los niños frente a estos escenarios.

Sin embargo, uno de los desafíos a los que se enfrentan los niños en estos procedimientos radica en la dificultad que experimentan para aceptar el proceso como un evento real. Aunque

estos métodos ayudan a formular posibles interacciones y respuestas, la experiencia de los niños se limita a lo mental.

El siguiente paso después de las sesiones psicológicas es animar al niño a asistir a la escuela durante un período determinado, como un acercamiento inicial. El principal problema radica en que no existe una transición suave entre estos dos pasos, ya que pasar de estar con un experto en el proceso de reinserción social a ir a la escuela durante ciertos días representa un gran salto en términos de peligros y emociones para el niño.

Todo esto nos lleva a la idea de que no existe una etapa lo suficientemente práctica, realista y controlada para poner en práctica lo aprendido en las actividades terapéuticas fuera de los espacios públicos originales. Los juegos de roles y la proyección de situaciones difieren mucho de un entorno público real. Como consecuencia, cuando los niños tengan que volver a interactuar en entornos sociales y enfrentarse a situaciones relacionadas con sus quemaduras, podrían experimentar reacciones fuertes, como ataques de ansiedad, ataques de ira, angustia, entre otros.

Con el fin de evitar estas reacciones adversas, se busca una nueva manera de simular interacciones sociales a través de una aplicación de exposición controlada. Esta herramienta serviría como complemento a las sesiones actuales que se llevan a cabo en COANIQUEM y no se considera en ningún momento del trabajo de memoria que esta solución sea un reemplazo de las sesiones actuales.

La búsqueda de soluciones innovadoras es algo que valoran mucho los profesionales de COANIQUEM. Dado que trabajan con niños y adolescentes, no es tan sencillo recurrir a fármacos y medicamentos, ya que estos suelen estar diseñados para personas adultas y su uso en niños puede suponer un riesgo. Por esta razón, se busca constantemente soluciones que empleen nuevas tecnologías y enfoques. En este contexto, la realidad virtual se presenta como una posible solución novedosa.

1.2. Objetivos

A continuación, se describirán los objetivos generales y específicos que se buscan cumplir en el presente trabajo de memoria.

1.2.1. Objetivo General

El objetivo general de este trabajo consiste en diseñar y desarrollar el prototipo de un simulador de realidad virtual con la finalidad de que pueda ser utilizado en terapias de exposición controlada para niños y adolescentes que sufren secuelas de quemaduras en zonas visibles. Específicamente, se espera que en una sesión de uso de la herramienta participen dos personas: el encargado de la sesión, perteneciente a COANIQUEM y el niño afectado. Para los fines de este informe, se les mencionarán como 'supervisor' y 'usuario' respectivamente.

Específicamente, se planea que este trabajo sea una herramienta complementaria para las sesiones de reinserción social llevadas a cabo por los expertos de COANIQUEM. La intención no es reemplazar las actividades lúdicas actuales, sino proporcionar una herramienta adicional

que complemente el proceso terapéutico y pueda ser útil para evaluar el desempeño del niño en un ambiente virtual.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Realizar el diseño de la simulación, logrando implementar los requerimientos solicitados de parte de los expertos de COANIQUEM.
2. Orquestar el proceso de desarrollo, incorporando los puntos de vista de las partes involucradas en el proceso.
3. Mejorar la simulación en términos de inmersión, considerando la teoría de la autodeterminación y validando el proceso junto al equipo médico de COANIQUEM.

1.2.3. Evaluación

La evaluación de los puntos mencionados se comentará a continuación en el mismo orden en el que fueron presentados:

1. Para este punto se debió validar la opinión de los expertos de COANIQUEM, esto se realizó con reuniones online, donde se discutían las ideas principales del *software*. Al finalizar el desarrollo se llevan a cabo reuniones presenciales donde los expertos validaron las decisiones tomadas.
2. Para el segundo punto, la simulación debe contener todos los elementos implementados. Las reuniones mencionadas anteriormente, junto a las reuniones con el profesor guía, sirvieron para evaluar el estado del proyecto y tomar nota de los cambios y decisiones en el desarrollo de este.
3. Finalmente, para ver los aspectos relacionados con la inmersión de la simulación se realizaron pruebas de conceptos con los expertos de COANIQUEM y con personas aleatorias de la universidad, con el fin de evaluar uso desde el punto de vista del usuario y del supervisor.

1.3. Resumen de la solución desarrollada

La solución desarrollada consiste en un prototipo de *software* de simulación en realidad virtual. En este, el usuario podrá interactuar en una sala de clases de manera inmersiva. Esto con el objetivo de que el usuario pueda tener un acercamiento al ambiente público de manera controlada. Todo esto, siendo monitoreado por el supervisor, el cual será el experto de COANIQUEM.

La simulación consta de dos escenarios: El tutorial y la sala de clases. En el tutorial, el usuario podrá acostumbrarse al uso del dispositivo de realidad virtual y, al mismo tiempo, podrá conocer las mecánicas implementadas en la simulación, ofreciendo un espacio libre y diseñado para las pruebas. Por otro lado, la sala de clases será una zona en la cual el usuario experimentará la simulación de un lugar público como tal.

Las mecánicas principales de la simulación consisten en la capacidad de interactuar con objetos, comunicarse con el supervisor y acceder a una zona tranquila. Esta última área tiene

la función de permitir al usuario retirarse si siente que la simulación es demasiado intensa, con el objetivo de encontrar tranquilidad y calma.

El tutorial consiste de una mesa giratoria, donde cada una de las caras es una nueva instrucción o indicación, el usuario puede navegar libremente por las caras de la mesa con el fin de visitar algún elemento si no quedó claro.

Por otra parte, el segundo escenario consiste en una secuencia de eventos, los cuales ocurren en una sala de clases. Entre los eventos que podemos destacar se encuentran: Una bienvenida al usuario de parte de la profesora, que un compañero le pida un objeto al usuario y un recreo, donde el usuario estará expuesto a estímulos auditivos y visuales.

En el caso donde el usuario se sienta incómodo durante la simulación, este podrá presionar un botón de emergencia, el cual lo llevará a una zona segura. El objetivo de esta zona es brindar un espacio de tranquilidad en medio de la simulación, con el objetivo de que el usuario pueda estar ahí y hablar con el supervisor.

Las decisiones de diseño fueron respaldadas principalmente por Matias Orellana y Alejandro Godoy, los cuales son un fisiatra y psicólogo pertenecientes a COANIQUEM, realizando consultas y pruebas en el proceso del desarrollo. Además de esto, existieron más expertos de COANIQUEM que participaron en las validaciones finales.

La solución propuesta proporciona un desarrollo con tecnologías modernas. En este caso se utilizaron dispositivos de realidad virtual y un motor de videojuegos. Con esto, la solución puede ser un potencial de mejora para los procesos de reinserción social, brindando nuevas herramientas que puedan ser prometedoras a futuro.

1.4. Alcance del proyecto

El alcance del proyecto corresponde a generar un prototipo de aplicación en realidad virtual para apoyar a los expertos de COANIQUEM para sus terapias de reinserción social. Esto incluye encargarse de que los elementos de la aplicación estén correctamente contruidos desde un punto de vista funcional y que las decisiones de diseño involucradas tengan el propósito de apoyar las sesiones con los psicólogos. Lo anterior no incluye la validación de la aplicación dentro de una perspectiva terapéutica, es decir, no se validará si es que el prototipo desarrollado sirve para el uso real en una sesión con un paciente de COANIQUEM. Esto último se espera que sea el siguiente paso en el desarrollo de este prototipo para un trabajo futuro junto a la implementación de mejoras para seguir trabajando en este proyecto.

1.5. Estructura del documento

El resto del documento está estructurado de la siguiente forma:

- El Capítulo 2 presenta el estado del arte para entender cómo en la literatura se abarcan las Terapias de Exposición en Ambientes Virtuales, y con esto entender cuáles son las necesidades y oportunidades que motivan esta memoria, y qué elementos o características se pueden utilizar para obtener mejores resultados.

- El Capítulo 3 corresponde al diseño de la aplicación, aquí se explica el razonamiento para las diferentes características de la solución, en términos de diseño, elementos psicoterapéuticos y la arquitectura del software.
- En el Capítulo 4 se muestran las características de la solución junto con los elementos que fueron agregados, eliminados o editados en las diferentes etapas de retroalimentación del proceso de desarrollo.
- En el Capítulo 5 está la validación y pruebas de concepto para evaluar la calidad del *software* y cómo es recibido por diferentes usuarios de prueba, con base en cuestionarios pre y post experimento, donde luego se analizan los resultados y se concluye sobre el producto desarrollado.
- El Capítulo 6 presenta el fin del documento con las conclusiones que afloraron a lo largo del proceso completo de la memoria, y además se presentan las oportunidades que se abren para un trabajo futuro sobre esta solución.

Capítulo 2

Estado del arte

De acuerdo a los profesionales médicos de COANIQUEM, actualmente no disponen de un método de simulación en realidad virtual que sea utilizado para la reinserción social de los niños. Lo más cercano a interacciones con otras personas son los juegos de roles (lo que llega a ser complicado de pensar para un niño, no logrando el realismo deseado) o las veces en las que se llevan a los niños a las escuelas por cortos periodos de tiempo de manera intermitente de acuerdo a sus reacciones en ese ambiente.

La utilización de la realidad virtual como reemplazo o complemento de fármacos ha sido estudiado anteriormente en el contexto de dolores físicos. Un ejemplo de esto es el uso de realidad virtual como analgésico al momento de hacer cambio de vendaje en niños quemados en Brasil [5], donde se ejecutaban simulaciones de montañas rusas o ambientes marinos a los niños mientras se realizaba el tratamiento. Los resultados muestran que el uso de realidad virtual es efectivo como analgésico para evitar el dolor en procesos de sanación. Estas simulaciones no fueron un caso particular, pues existen otros casos donde se encuentra una solución viable al utilizar realidad virtual, por ejemplo, utilizándolo en soldados estadounidenses afectados por explosivos en Irak o Afganistán con el fin de calmar el dolor [6]. Los resultados volvieron a confirmar que la realidad virtual puede ser un reemplazo a los analgésicos para ciertos tratamientos.

Por otro lado, en la realidad virtual existe un área completa dedicada al uso de entornos virtuales con el fin de tratar principalmente problemas psicológicos. En estos procesos se generan ambientes tridimensionales controlados relacionados al problema que se presenta, con el objetivo de que el usuario pueda participar de manera real en espacios virtuales sin exponerse al evento real. Esta forma de terapia recibe el nombre de terapia de realidad virtual [7].

Continuando con esto, la realidad virtual ha tenido más fuerza en el aspecto psicológico de las terapias. Una investigación del año 2002 demuestra que la terapia de exposición es efectiva al momento de reducir los síntomas relacionados a las sensaciones y sentimientos provocados por la causa del problema [8]. Esta idea se expande a la realidad virtual en, por ejemplo, un estudio realizado en el 2007, donde se mencionan las oportunidades en el aspecto psicoterapéutico de la realidad virtual, específicamente en el tratamiento de control de ansiedad y fobias específicas [9]. Un ejemplo de esto último es una memoria realizada en la Universidad de Chile [10], donde se realiza una simulación en realidad virtual para tratar

la fobia a las arañas mediante exposición controlada.

La evolución de la realidad virtual como una alternativa médica factible ha evolucionado con el pasar del tiempo. En la actualidad, la opinión general de los médicos y psicólogos ha sido mayoritariamente positiva, según una encuesta realizada a varios profesionales del área [11], entregando un mejor horizonte al momento de utilizar espacios virtuales como complemento a procesos médicos.

Para analizar los principales aspectos que deben tomarse en cuenta al momento de realizar una simulación, la teoría de la autodeterminación [12] es un elemento útil. Esta teoría considera que se obtienen resultados negativos en procesos que son motivados por presión externa de manera obligada, donde el usuario no se siente partícipe del proceso. Y a su vez, se obtienen resultados positivos cuando la motivación viene del usuario y cuando este se siente partícipe del proceso.

Específicamente, la teoría de la autodeterminación establece tres aptitudes principales que influyen en la motivación de una persona: autonomía, competencia y relación [13].

1. La primera de estas aptitudes es la autonomía, la cual consiste en hacer que el usuario pueda sentirse independiente de cualquier suceso. En el caso de la realidad virtual, se busca que el usuario pueda estar en un ambiente en el cual pueda tomar decisiones y tener cierto grado de control sobre los sucesos que ocurren.
2. La segunda aptitud es la competencia, la cual se basa en la capacidad de obtener buenos desempeños. En el contexto del proyecto, buscamos que el usuario pueda adquirir un dominio de los controles y posibilidades disponibles, permitiéndole realizar acciones de manera efectiva y con destreza.
3. Finalmente, la relación busca que una persona pueda interactuar y sentirse conectado en el ambiente. En el aspecto de la realidad virtual, se busca un ambiente inmersivo en el que el usuario pueda sentirse parte.

Como se puede concluir de los párrafos anteriores, la teoría de la autodeterminación aplicada a la realidad virtual busca que el usuario pueda sentirse independiente, capaz e inmerso en el ambiente virtual. El proyecto tendrá en consideración estas conclusiones, tomando decisiones que respeten la teoría antes mencionada.

Un buen documento para comentar los temas centrales de este escrito se pueden encontrar en un estudio realizado por la Universidad de Murcia, España, en la cual se ha realizado una búsqueda de estudios relacionados a las terapias de exposición utilizando realidad virtual [14]. Estos estudios cuentan con diferentes instrumentos de evaluación, conjunto de personas y cuatro escenarios, siendo estos: (1) estudios relacionados con el miedo a hablar en público, (2) estudios relacionados a espacios públicos virtuales, (3) estudios relacionados con entrevistas de trabajo y (4) estudios relacionados con internet y ordenadores. Estos estudios indicaron un avance optimista y útil en torno al uso de realidad virtual para tratar la ansiedad y fobia social.

Sobre los componentes físicos, los escritos mencionados en este capítulo no mencionan

características del *hardware* en general. Esto último se debe a que es difícil mencionar las características o capacidades de cada simulación, pues las herramientas son diferentes para cada *software* y no existe un estándar en este aspecto.

Al trabajar con dispositivos de realidad virtual, es importante tener en cuenta el concepto de *VR sickness*, que se refiere a los malestares y náuseas que una persona puede experimentar al usar estos dispositivos. Existen formas de mitigar estos malestares; por ejemplo, en un *paper* donde se desarrolló un dispositivo de realidad virtual para provocar este tipo de mareos [15], se proporcionaron consejos para evitar el *motion sickness*. Algunas de estas sugerencias incluyen mantener la inmersión en todo momento y considerar el movimiento dinámico de la cámara del usuario. De esta manera, se tomaron decisiones de diseño con el objetivo de reducir los efectos del mareo y mejorar la experiencia del usuario en la realidad virtual.

A modo de resumen, actualmente existen avances positivos e importantes respecto a la realidad virtual, considerándose como una buena herramienta la cual va desarrollando su potencial en aspectos más allá de la entretenimiento, por ejemplo, en temas de salud y terapéuticos. Aunque existan estos avances, se puede concluir que estos avances no son suficientes para satisfacer el problema abordado, motivando a la realización de este proyecto. Finalmente, la realización de este proyecto logrará sentar una base para la investigación sobre ambientes virtuales y para el desarrollo de exposición usando realidad virtual en niños.

Capítulo 3

Diseño del prototipo

El objetivo de este capítulo es mostrar el desarrollo del diseño de la solución, indicando cuál fue el proceso para obtener los requerimientos iniciales y cómo las decisiones se desarrollaron hasta obtener un concepto general y planificado para la implementación de la solución.

Como se mencionó en el capítulo de introducción, la solución consta de una simulación de una sala de clases, en la que el usuario pueda interactuar con un ambiente público de manera virtual y controlada, con el objetivo de que el usuario pueda tener un primer acercamiento más inmersivo a lugares públicos luego de su accidente.

Para el resto del documento, se utilizarán los términos 'supervisor' para referirse al experto de COANIQUEM que participa como observador del niño y 'usuario' para referirse al niño que participa en la simulación. De esta manera, se explicarán las interacciones entre ambos actores durante la simulación en ciertos momentos del informe.

3.1. Requerimientos iniciales

Al inicio del desarrollo, se mantuvo una conversación con los expertos de COANIQUEM con el objetivo de discutir las ideas iniciales planificadas para el proyecto. Durante esta interacción, se presentaron ideas fundamentales que funcionan como indicadores conceptuales de las ideas necesarias para el proyecto. A continuación, se enumeran las ideas concretas que fueron desarrolladas:

- La simulación tiene como objetivo representar un espacio público, concretamente una sala de clases, que ha sido establecida como el entorno predeterminado desde el inicio del desarrollo. Esta simulación tiene que lograr ser realista, de esta manera no deben existir elementos fantásticos ni elementos que puedan romper esta inmersión deseada. Una de las mecánicas iniciales consideradas para lograr esta inmersión es la posibilidad de que los usuarios puedan interactuar con objetos, incluyendo la opción de tomarlos y manipularlos dentro del entorno simulado.
- El usuario debe ser capaz de utilizar la simulación de principio a fin, sin interrupciones en la medida que sea posible, con el fin de poder garantizar su autonomía en la simulación.
- Debe existir un lugar seguro que sirva como pausa durante la simulación en caso de que el usuario se sienta bajo presión. El usuario debe tener la posibilidad de acceder a esta zona tranquila en cualquier momento, por voluntad propia.

- Debe existir un método de comunicación entre el usuario y el supervisor por medio de la simulación, esto con el objetivo de que el usuario no tenga que estar gritando al supervisor, o de que el usuario tenga que sacarse el dispositivo de realidad virtual en medio de la simulación.
- Debe existir un tutorial que sirva para enseñar los controles principales de la simulación. El paso por este tutorial también ayudará al usuario a familiarizarse con el mundo virtual, sin necesidad de que eso ocurra en la sala de clases. En caso de que el usuario ya haya utilizado la simulación anteriormente, debe existir la opción de ir directamente a la sala de clases sin tener que pasar por el tutorial nuevamente.
- En la sala de clases el usuario debe tener interacciones con los demás compañeros de la sala.

A partir de estos requerimientos, se identificaron cuatro zonas principales necesarias para la simulación: el menú principal, el tutorial, la sala de clases y una zona denominada 'zona tranquila'. A continuación, se describirán las decisiones tomadas para cada una de estas áreas.

3.2. Menú principal

El menú principal es una zona orientada totalmente al supervisor. En esta, el supervisor podrá decidir si iniciar la simulación desde el tutorial o si ir directamente a la sala de clases, pues, existe la posibilidad en el que no sea la primera vez del usuario en la simulación.

Para el diseño del menú principal, se pensó en un sistema simple con botones que puedan llevar a las distintas escenas, además de un botón para salir de la aplicación. A estas alturas de la planificación y de acuerdo el tipo del proyecto, este no tendría más elementos. En la figura 3.1 se pueden ver los bocetos iniciales para el menú principal.



Figura 3.1: Bocetos para el menú principal

3.3. Tutorial

Considerando los requerimientos iniciales, se desarrollaron los primeros bocetos del tutorial, desarrollando ideas para la presentación de las mecánicas y algunos conceptos nuevos,

los cuales se muestran a continuación:

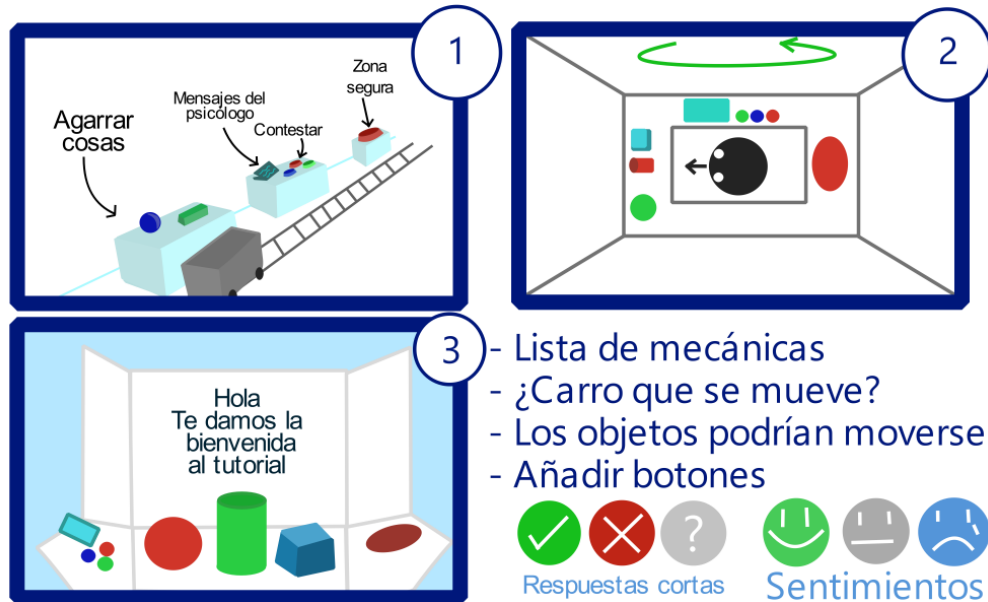


Figura 3.2: Bocetos para el tutorial

3.3.1. Diseño general del tutorial

En la figura 3.2 podemos observar tres diseños para el tutorial, junto al concepto inicial con el que el usuario podrá comunicarse. Cabe mencionar que ninguno de los diseños propone la idea del movimiento libre del usuario en la simulación, debido a que de esta manera deberían considerarse muchos factores en las interacciones del usuario relacionadas con las mecánicas, espacio y prevención de mareos. Siguiendo con esta idea, se decide que el usuario esté sentado en una silla, aprovechando el contexto de una sala de clases en la que el usuario se sitúa.

La idea del primer diseño del tutorial consistía en que el usuario estuviera en una especie de vagoneta, la cual fuera avanzando por diferentes estaciones, cada una de ellas mostrando una nueva mecánica de la simulación. Este diseño fue eliminado debido a que el usuario podría experimentar movimientos sin la necesidad de querer moverse. Siguiendo los consejos del paper para evitar el *motion sickness* [15] se toma en cuenta que el usuario no debe moverse para los otros dos diseños.

En el segundo diseño tenemos una vista aérea de la sala. En este diseño se consideraba que el usuario estuviera en una habitación con cuatro paredes, y que este tuviera que girar su cuerpo para ir a cada una de las estaciones. Esta idea fue desechada por varios motivos: El primero de ellos consiste en que el usuario debería tener el espacio suficiente en cada uno de los ángulos en los que se estuviera, necesitando más espacio en general. También, existen dispositivos de realidad virtual donde deben estar conectados al computador, el hecho de que el usuario estuviera girando podría generar que este se enrede con los cables. Finalmente, el espacio es bastante pequeño, lo cual puede ser poco favorable para algún usuario que pueda tener claustrofobia.

Finalmente, en la tercera idea no es el usuario el que se mueve, sino que se mueve una

mesa que está frente a él. De esta manera, el usuario no necesita moverse en ningún momento de la simulación, ayudando a sus posibles mareos. Y a su vez puede controlar el avance de las estaciones al presionar unos botones que se encuentran en los laterales de cada cara de la mesa. Luego de conversarlo con los expertos de COANIQUEM, esta fue la idea que se consideró. Por lo que, desde ahora, se considerará a la mesa como componente del tutorial, siendo cada una de sus diferentes lados (también llamadas caras) los segmentos del tutorial.

Luego de elegir esta idea, se desarrollaron diseños más detallados para la mesa giratoria, los cuales, por temas de espacio y cantidad de imágenes, se pueden encontrar en el anexo A.

3.3.2. Interacción con objetos

Existen dos tipos de objetos principales con los que el usuario puede interactuar, estos son los objetos que reaccionan a la física, es decir, que el usuario puede tomar. Y los botones, que el usuario puede presionar.

Los objetos que reaccionan a la física son aquellos con los que el usuario podrá interactuar, tomar, usar y lanzar. El objetivo es que la experiencia de uso sea similar al manejo de objetos reales. Estos objetos estarán inicialmente resaltados por un borde de color que indicará su capacidad de ser seleccionados.

Los botones de la simulación serán elementos que el usuario podrá presionar para activar diferentes eventos. Todos seguirán un diseño uniforme, con el objetivo de que sean fácilmente reconocibles a simple vista. Los botones tendrán tres funciones distintas: uno para desplazarse entre diferentes zonas, otro para girar la mesa y un tercero para comunicarse a través de una pantalla.

3.3.3. Pantalla

En la figura 3.2 también se pueden apreciar algunas expresiones faciales representadas en círculos, junto con otros símbolos que contienen signos. En esta etapa del diseño, también se consideró la forma en que el usuario y el supervisor podrán comunicarse entre sí, lo cual es algo solicitado de los requerimientos iniciales.

La idea general considerada fue utilizar una pantalla como medio de comunicación entre el usuario y el supervisor. De esta manera, el supervisor puede escribir mensajes al usuario sin necesidad de hablar en voz alta, rompiendo la inmersión deseada en la simulación. A su vez, el usuario podrá responder a través de la misma pantalla. Sin embargo, para cada uno de ellos, surgen diferentes problemas que se comentarán a continuación, destacando que el usuario utilizará el dispositivo de realidad virtual y el supervisor estará utilizando la pantalla y teclado del computador:

Para el supervisor, el concepto de escribir es bastante sencillo, ya que tiene acceso al teclado del ordenador. Sin embargo, el problema radica en que la pantalla de la aplicación siempre muestra lo que el usuario está viendo, lo que significa que en ciertos momentos, el supervisor podría estar escribiendo mensajes sin que el usuario pueda verlos. Para solucionar esto, se contempla un método mediante el cual el supervisor pueda captar la atención del usuario en la simulación al presionar una tecla, asegurándose de que este mire la pantalla en

momentos clave.

Además, se han implementado teclas especiales con preguntas predefinidas, con el objetivo de que el supervisor pueda ahorrar tiempo al escribir frases repetitivas o comunes durante la comunicación con el usuario. Estas teclas facilitarán la interacción y agilizarán la comunicación entre ambos.

Para el usuario, no existe problema con la visualización de la pantalla, ya que se ha considerado la presencia de una pantalla cerca en cualquier momento de la simulación. Además, se respeta la decisión del usuario de no querer ver la pantalla, y cualquier dificultad al respecto se aborda desde el lado del supervisor.

Sin embargo, el problema que enfrenta el usuario es la dificultad para escribir en la simulación, ya que los métodos de escritura en dispositivos de realidad virtual no resultan ágiles ni cómodos. Además, las ideas consideradas hasta el momento no son lo suficientemente realistas para la simulación.

De esta manera, se puede ver en la figura 3.2 la solución propuesta desde el lado del usuario: un sistema de botones con respuestas cortas, que incluyen estados de ánimo y opciones como 'Sí', 'No' y 'No entendí'. Esta solución y las opciones de los botones fueron validadas por Alejandro Godoy, psicólogo de COANIQUEM.

3.3.4. Botón para la zona tranquila

El tutorial cuenta con una sección en la que se presenta el botón para acceder a una denominada zona tranquila. Este botón sirve para tomar un descanso de la sala de clases, que es el único lugar donde el usuario podría sentirse incómodo o abrumado por los estímulos visuales y auditivos de la simulación.

Este botón puede ser presionado en cualquier momento de la simulación y estará ubicado en la sala de clases de manera visible y de fácil acceso. Sin embargo, se tomarán precauciones con la distancia para evitar que el botón pueda ser presionado accidentalmente.

Al presionar el botón, la pantalla del usuario se oscurecerá gradualmente, y luego recuperará la vista, esta vez estando el usuario en la zona tranquila. Este método de transporte, donde se oscurece la visión y se cambia la posición, es el utilizado en cualquier momento en el que se quiera cambiar la posición del usuario.

3.3.5. Botones para elegir escena

Finalmente, en la última de las caras de la mesa giratoria, se encontrará una zona con dos botones. El primero de estos botones llevará al usuario al menú principal, mientras que el segundo botón iniciará la sala de clases.

El propósito de esta zona es permitir que el usuario sea completamente independiente en caso de que decida detener la simulación por cualquier motivo particular. Por ejemplo, si se siente incómodo, si la experiencia no ha sido satisfactoria o si surge alguna emergencia. También, si el usuario decide continuar en la simulación, podrá hacerlo y llevarla hasta su

conclusión completa.

3.4. Sala de clases

La sala de clases es un espacio virtual que representa una clase, y esta es la experiencia principal del proyecto. En esta sala, el usuario podrá participar activamente. Para dar vida a esta simulación, se han creado dos tipos de personajes no jugables: la profesora y los alumnos. Estos personajes interactuarán con el usuario y aportarán realismo y dinamismo a la experiencia virtual.

A continuación, se muestra uno de los primeros conceptos de la sala de clases, el cual fue presentado y aprobado por Matías Orellana. A continuación, el resto de la sección comentará la planificación previa a la creación de la sala.

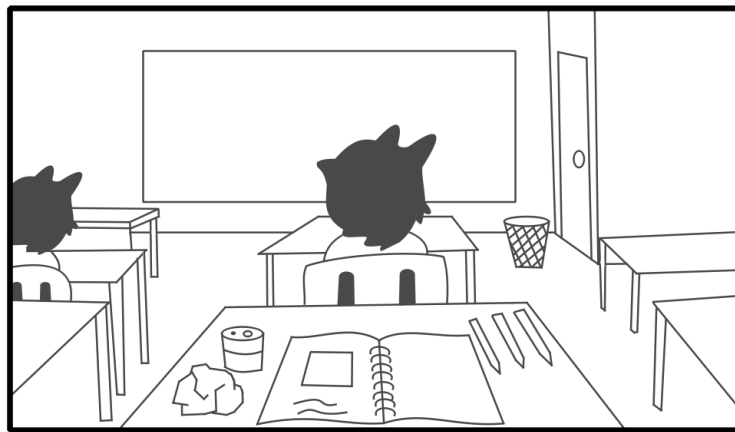


Figura 3.3: Boceto de la sala de clases

3.4.1. Diseño general de la sala

En la figura 3.3, se puede observar que el usuario estará representado como sentado en su puesto. Esta decisión tiene en cuenta el contexto del ambiente y es coherente con el planteamiento del problema, ya que en la vida real también estaría sentado. Esta elección también se considera para evitar posibles mareos del usuario.

Se ha decidido evitar que el usuario pueda moverse o que la cámara se mueva por su voluntad para abordar el problema de los mareos de manera efectiva. Introducir la opción de movimiento libre implicaría más diseño e implementaciones, lo que podría desviarse del concepto inicial del proyecto y, potencialmente, aumentar las posibilidades de que el usuario experimente molestias. Mantener al usuario en una posición fija contribuye a una experiencia más cómoda y sin problemas relacionados con la simulación de movimiento.

Es relevante destacar que en los conceptos iniciales se ha considerado que el usuario tendrá objetos en la mesa con los que podrá interactuar. Entre los objetos que se pueden apreciar en el bosquejo, se encuentran un lápiz, un cuaderno, un sacapuntas y un estuche. Estos elementos permitirán que el usuario disfrute de una experiencia más inmersiva y enriquecedora mientras participa en la simulación de la clase.

Además, durante el desarrollo de las ideas iniciales se discutieron los elementos esperados que ocurrieran en la simulación, entre estas ideas podemos encontrar:

- El usuario debe poder interactuar con una persona de una manera más directa que el resto de la clase.
- El usuario debería ser el centro de atención de manera breve y rápida.
- Debe existir un momento donde los estímulos visuales y auditivos vayan en aumento.

Estos eventos serán considerados en la planificación de los eventos que ocurrirán en la simulación y se comentarán a continuación.

3.4.2. Ciclo y pausa de eventos

Con los conceptos iniciales ya establecidos, se planifica el orden de los acontecimientos que ocurrirán en la sala de clases. Específicamente, estamos hablando del siguiente flujo de eventos, el cual se considera lineal, es decir, sin opciones que puedan abrir otros flujos de eventos.

1. Suena el timbre para dar comienzo a la clase y llega una profesora a la sala.
2. La profesora se dirige a la clase, informando que el usuario ha llegado a la sala nuevamente. Es importante recordar que en el momento en que el niño utilice el dispositivo, no estará asistiendo a clases físicamente. El objetivo de este punto es centrar la atención en el usuario durante un breve periodo de tiempo, logrando que la profesora señale al usuario y que los demás alumnos de la sala lo miren brevemente.
3. La profesora indica que la clase será de lectura silenciosa y esta se irá a sentar para dar inicio a la clase. Este punto se mantiene así, porque planificar una clase interactiva, en la que la profesora pueda hacer preguntas o existan interacciones, estaría fuera del alcance inicial del proyecto.
4. Mientras la clase transcurre normalmente, el compañero que se encuentra a la derecha del usuario le pedirá a este una goma, extendiendo su brazo hacia el escritorio del usuario. Esto se hace con el objetivo de generar una interacción directa y más personal. El usuario puede entregar la goma que se encuentra en su escritorio, y de esta manera, el compañero dejará de pedirla.
5. Luego de un rato, la profesora indicará que la clase terminó y esta se irá, dando paso al recreo, el cual inicia con el timbre de la clase.
6. En el momento que empiece el recreo, todos los compañeros empezarán a moverse por la sala y a realizar otras acciones, generando más ruido. Esto con el fin de que el usuario se presente ante estímulos más intensos, como fue comentado en el diseño general de la sala.

De esta manera, obtenemos un ciclo de eventos que cumple con los requerimientos solicitados y, al mismo tiempo, presenta un ritmo que comienza de manera pausada y va aumentando en intensidad e interacciones para el usuario.

Para cada elemento que tenga un ciclo de eventos dependiente del tiempo, este será controlado mediante un *script* que funciona con estados. Los eventos que involucran tanto a la profesora como a los estudiantes estarán orientados en función del transcurso del tiempo y si se encuentran en el recreo o en clase.

3.4.2.1. Profesora

Tanto para la profesora como para los alumnos se hicieron diagramas de estado. En este caso, el diagrama de estados de la profesora se puede ver en la figura 3.4.

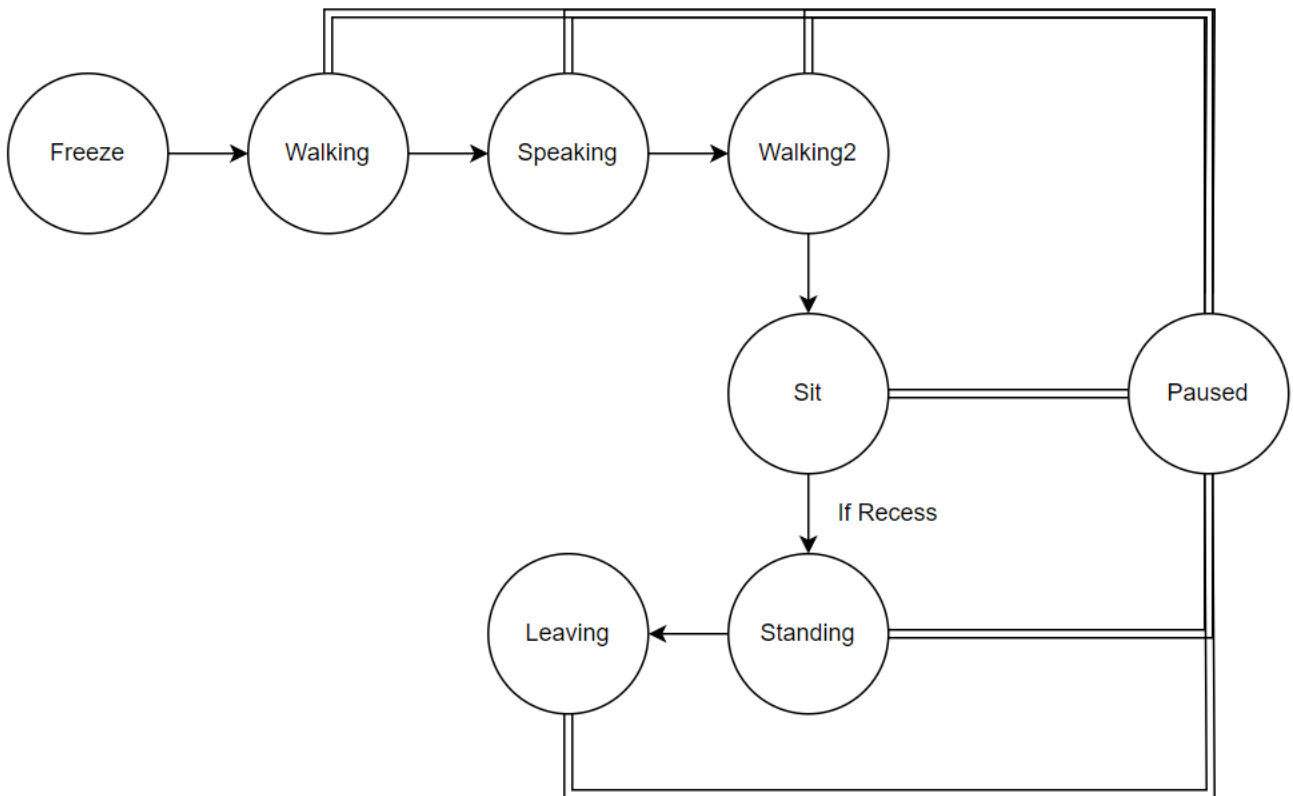


Figura 3.4: Estados de la profesora

Para representar los estados y el flujo de eventos, se utilizarán flechas simples para indicar el flujo normal de un estado a otro. La indicación 'If recess' significa que la condición para pasar a ese estado es que se esté en el recreo. Por otro lado, cualquier línea de doble carril entre cualquier estado y 'Paused' indicará que esa transición puede ocurrir en cualquier momento para pausar el flujo de la profesora y se estará en el estado de pausa hasta que se decida volver a la simulación, volviendo al estado en el que se estaba antes de transicionar.

El flujo de estados entre elementos que no tienen condicionales serán de ayuda para el flujo de las animaciones y movimiento de la profesora, las maneras en las que un modelo puede cambiar de posición se comentarán más adelante.

3.4.2.2. Alumnos

Los alumnos constituyen el segundo tipo de modelo de la simulación, y todos ellos utilizarán el mismo tipo de *script*. El comportamiento de cada persona se controló mediante variables públicas. La estructura de los estados de los alumnos se muestra en la figura 3.5.

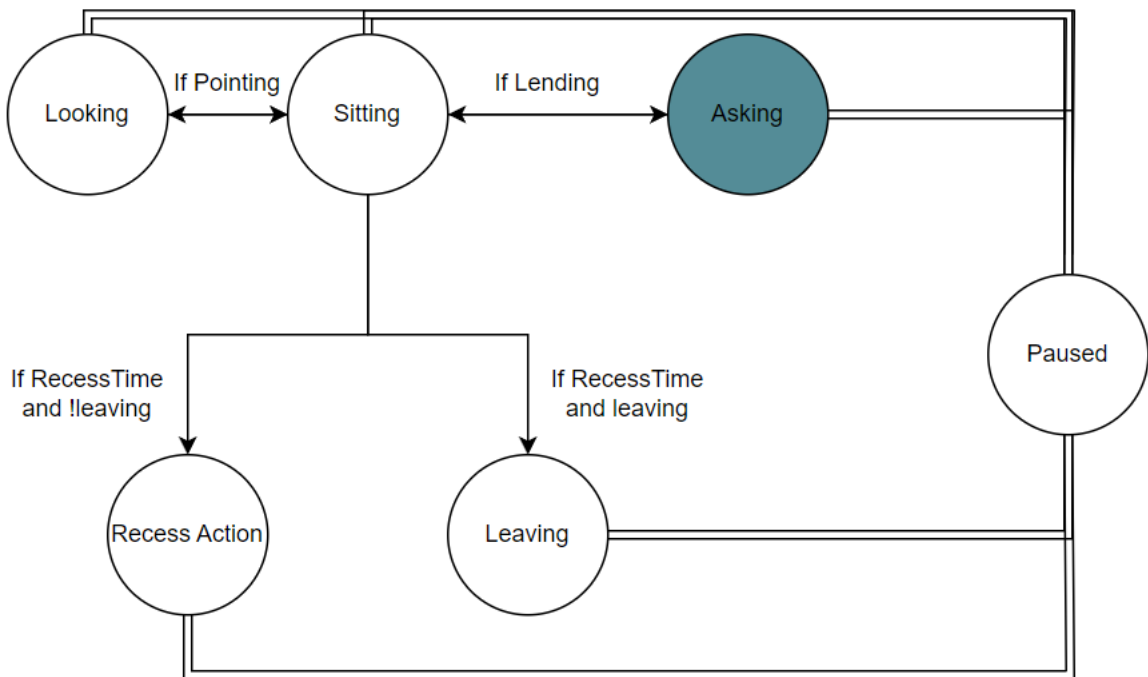


Figura 3.5: Estados de los alumnos

En esta figura, podemos ver los estados por los que puede pasar cada alumno individualmente. Cabe destacar que el estado en celeste solo estará si el alumno es el que pide la goma.

El estado inicial es *Sitting*, el cual indica que el compañero está sentado solamente. Luego, cuando la profesora apunte al usuario mientras está hablando, el compañero estará en el estado de *Looking*, luego volverá al estado de *Sitting* al terminar de mirar.

Si el compañero es el que pide la goma, en algún momento en medio de la clase pasará al estado de *Asking* donde estará pidiendo la goma hasta que se le entregue, luego de entregarle la goma, el alumno volverá al estado de *Sitting* y su flujo de eventos será igual al de todos los demás compañeros.

Finalmente, después de transcurrir el tiempo necesario, se da inicio al recreo y el compañero tiene dos opciones: salir de la sala de clases o llevar a cabo su acción de descanso, lo que indica que ya está en el recreo. Dentro de las acciones de descanso se incluyen actividades como jugar, hablar, escribir, entre otros.

Las líneas de doble carril, al igual que con la profesora, indica que sus acciones pueden ser pausadas en cualquier momento de la simulación, con el mismo objetivo que el mencionado

con la profesora.

3.4.3. Objetos en la mesa

Al momento de analizar de mejor manera los elementos que deberían estar en la mesa, se contemplan los siguientes elementos: Lápices, hoja, goma y papel.

Los lápices y la hoja son para que el usuario pueda escribir y dibujar en un papel, pues es una de las cosas principales que uno tiene en la escuela. Ocurre lo mismo con la goma, además de ser el objeto considerado para entregar al compañero que la pida. Finalmente, el papel está considerado como una hoja arrugada o doblada, sin ningún objetivo general, pero que aun así esté en la mesa por fines decorativos.

Además, es importante considerar el botón para acceder a la zona tranquila. Este objeto debe estar ubicado en una posición alcanzable por el usuario, pero a la vez, un poco distante para fomentar la idea de que es un recurso para momentos específicos. Se propone que el botón esté colocado en el frente de la mesa, facilitando su acceso cuando sea necesario para el usuario.

Finalmente, también se considera la posibilidad de incorporar una pantalla en la mesa, pero con una modificación. La idea es que la pantalla esté integrada dentro de un juguete o figura, y en la mesa se coloquen unos botones para indicar cualquier pregunta o emergencia sin necesidad de dirigirse a la zona tranquila. Es decir, si el supervisor necesita hacer algún comentario adicional sin entablar una conversación larga o si quiere comunicar algo al usuario cuando este no se sienta mal y no sea necesario recurrir a la zona tranquila. De esta manera, se busca facilitar la comunicación entre el supervisor y el usuario, permitiendo un mejor manejo de situaciones diversas durante la simulación.

3.5. Zona tranquila

La zona tranquila busca ser el lugar donde el usuario pueda ir si siente en algún momento de la simulación que los eventos son muy sofocantes o estresantes. De esta forma, el usuario puede tener un respiro en una zona destinada para eso, mientras la simulación queda en pausa.

Para la zona tranquila se desarrollaron bocetos iniciales en el mismo momento en el que se desarrollaron bocetos para el tutorial, en la figura 3.6 se pueden ver estos bocetos. A continuación, se darán algunos comentarios sobre las ideas dibujadas.

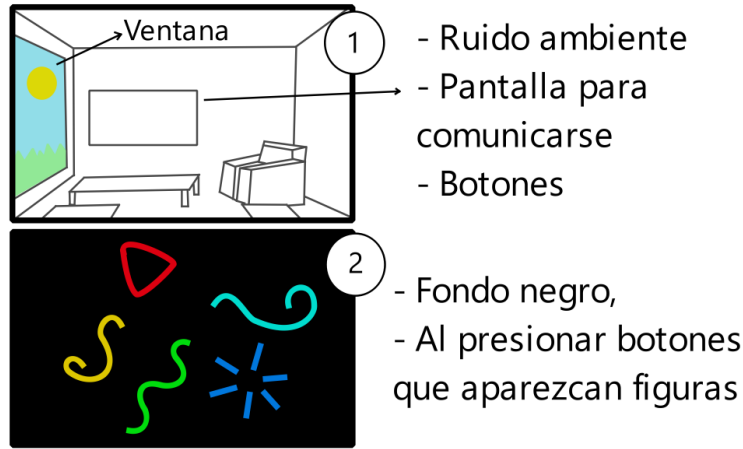


Figura 3.6: Bocetos para la zona tranquila

El primer boceto se encuentra en el rectángulo superior. Este diseño consistía en una habitación sencilla, donde había una pantalla para que el usuario pudiera hablar con el supervisor mientras se relaja. En ese momento, conversándolo con Matías Orellana, integrante de COANIQUEM, esta idea fue considerada la adecuada y se desarrolló en base a ella como el concepto principal para el proyecto.

La segunda opción era un concepto más abstracto, en el cual toda la vista del usuario estaría en negro, y al presionar botones, aparecerían sonidos y animaciones. Esta idea fue rechazada debido a la retroalimentación con Matías Orellana, su formulación arbitraria y al hecho de que, en general, no se encontraba una razón clara o justificación para implementarla de esa manera.

Con todas estas ideas, los elementos que contiene la zona tranquila consisten en música relajante, la pantalla que permite al supervisor hablar con el usuario, los botones para que el usuario pueda comunicarse y el botón de emergencia, que le permite al usuario volver a la simulación donde lo dejó previamente.

3.6. Motor de videojuego

Para el desarrollo del proyecto existen bastantes alternativas, las cuales van desde el desarrollo de un motor por cuenta propia hasta el uso de motores públicos. Debido a la obvia complejidad de la creación de un motor propio, se decide utilizar un motor preexistente.

Entre las opciones actuales se encuentran tres principales: Godot, Unreal Engine y Unity. Si bien Godot ha tomado fuerza en los últimos años, el desarrollo de Godot ha sido enfocado a videojuegos 2D, por lo cual se descarta esta opción. Unreal Engine es un candidato fuerte debido a su calidad y recursos disponibles, sin embargo, los requisitos de hardware de Unreal Engine son superiores a los que Unity tiene, a su vez que la curva de aprendizaje es menor en Unity, junto a la comunidad activa que este último tiene. Por lo tanto, se decide por este último motor, para el cual, existen herramientas para implementar la realidad virtual.

En Unity, se puede utilizar el paquete 'XR Interaction Toolkit', el cual brinda un *framework*

para el desarrollo de un proyecto utilizando un dispositivo en realidad virtual. Si bien, el proyecto se ha realizado con un Oculus Quest 1, proporcionado por el profesor guía, XR Interaction Toolkit funciona para una gran variedad de dispositivos en VR, logrando que el producto final no sea limitado a solamente el Oculus Quest 1, sino a diferentes tipos de dispositivos.

Unity acepta varios lenguajes de programación, pero el principal es C#, por lo tanto, se tomará este lenguaje como principal, pues es el que más se utiliza y cambiar de lenguaje sería una pérdida de tiempo al momento de desarrollar, pues la mayoría de la documentación y ayuda que ya existe en Unity se encuentran en este lenguaje.

Capítulo 4

Implementación de la simulación

En este capítulo se discute todo el proceso del desarrollo del prototipo, profundizando en los puntos mencionados en el capítulo anterior, mencionando los recursos utilizados y comentando los problemas y decisiones que se tomaron en el transcurso de la implementación.

4.1. XR Interaction Toolkit

*XR Interaction Toolkit*¹ es un sistema de interacción de alto nivel basado en componentes para crear experiencias de realidad virtual, logrando que el proceso de implementación de los componentes de realidad virtual y los objetos que interactúan con estos sea sencillo.

De esta manera, los cálculos y programas relacionados con la implementación del Oculus en el proyecto, como pueden ser la detección de cascos y manos, cálculo de posiciones, movimiento, entre otros procesos que requieren mucho tiempo de calcular, se reemplazan por los elementos de este *toolkit*, los cuales contienen configuraciones sencillas o modelos prefabricados para cubrir los movimientos básicos necesarios relacionados con los dispositivos de realidad virtual

Particularmente, para los elementos de Unity basta crear *GameObjects* y añadirles a ellos componentes que vienen incluidos en los paquetes, dependiendo el objeto que sea y lo que se necesite probar.

A continuación, se indicarán los puntos a destacar en los que este *framework* ha sido de ayuda para el desarrollo del proyecto.

4.1.1. Soporte para diferentes cascos

El desarrollo del prototipo no está condicionado a ningún tipo de casco en específico. Para el desarrollo de la memoria, se utilizó el Oculus Quest 1, el cual es uno de los primeros dispositivos de VR que han adquirido una popularidad. Pero ya existen mejores versiones, los cuales tienen características que mejoran la experiencia de uso. Debido a esto, se busca un método para aceptar más de un tipo de casco.

XR Interaction Toolkit nos brinda esta variedad de opciones, pues funciona con los dis-

¹ <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@2.4/manual/index.html>

positivos de Oculus, OpenXR, Windows Mixed Reality, entre otros. De esta forma nuestro proyecto en Unity podrá soportar cualquiera de estos dispositivos de VR y su funcionamiento se mantendrá.

Esto último es particularmente útil, pues, al no pensarse solamente en un tipo de cascos, al momento de ver que cascos pueden servir mejor para un usuario de COANIQUEM, se pueden ver otras opciones, las cuales se adapten de mejor manera al problema. Como caso particular, tenemos que los Oculus Quest 1 son bastante pesados, y como fueron unos de los primeros diseños comerciales, existen algunas incomodidades a nivel de hardware, lo que puede suponer un problema a futuro para los niños de COANIQUEM. De esta manera, se pueden elegir otros modelos que sean más cómodos.

4.1.2. Interacción con el ambiente virtual

Para contribuir a la sensación de independencia para el usuario, deben existir objetos con los cuales el usuario pueda interactuar. Este *kit* nos cubre con eso, pues, para hacer que cualquier elemento pueda ser agarrado, tiene que tener un *rigidbody* asociado, y además un 'XR Grab Interactable', el cual es un *script* que permite la interacción de estos con los controles que representan las manos del usuario.

Podemos ver en la figura 4.1 los componentes del *script* para los objetos que se pueden tomar. A continuación, se comentará sobre algunos elementos importantes.

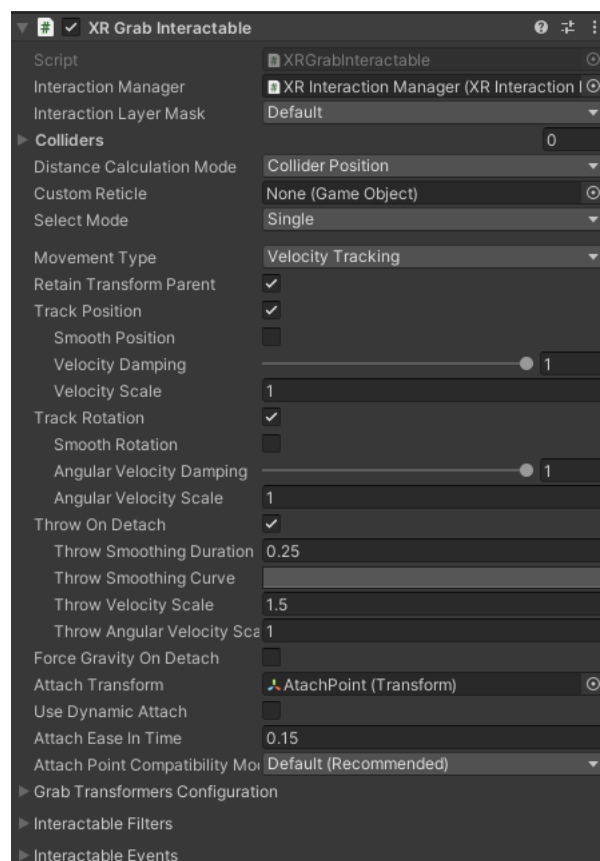


Figura 4.1: Componente XR Grab Interactable

En este script muchas de las variables se dejaron en su valor por defecto, pues son valores mucho más específicos y dejarlos en sus valores por defecto queda bien para los objetivos de este proyecto. La variable más importante que vale la pena comentar para este trabajo es 'Movement Type'

'Movement Type' tiene tres posibles opciones, las cuales son 'Velocity tracking', 'Kinematic' e 'Instantaneous'. Cada una de estas opciones especifican como se mueve el objeto, moviendo el RigidBody o realizando un Transform directamente al objeto.

'Velocity tracking' utiliza las velocidades de la mano que está sosteniendo al objeto con el script para modificar las velocidades del objeto, 'Kinematic' utiliza transformaciones cinemáticas e 'Instantaneous' hace que el objeto se mueva de manera instantánea respecto a la mano que esté sujetando el objeto.

De estas tres posibles variables, se seleccionó el movimiento instantáneo, el cual ayuda a minimizar la latencia y para favorecer a la experiencia del usuario, pues con este modo, al tomar un objeto, tanto la mano como el objeto pueden atravesar objetos sólidos, como paredes u otros objetos con los que se puede interactuar.

Esta decisión es la más acertada para lo que se intenta buscar, pues el control de las manos puede traspasar objetos sólidos en cualquier momento de la simulación. Actualmente, no existen métodos para frenar el movimiento de los controles físicos al momento de tocar un objeto virtual. La única solución, la cual no es muy eficiente, es hacer que los controles vibren, lo cual no logra dar la intuición de que la vibración sea porque las manos están traspasando algún objeto. Además, el usuario tendrá una mesa delante de él, por lo que es muy probable que en muchas partes el usuario ponga sus manos atravesando todo, incluso sin querer. Por lo tanto, la decisión de no limitar el movimiento de las manos es la más acertada, y por ende, hacer que los objetos que el usuario tenga en la mano sigue siendo la decisión acertada, pues los objetos toman actitudes raras al momento de verse en un caso de colisión.

Además de tener un *script* para los objetos, como se ha mencionado anteriormente, debe existir un componente para las manos. Para crear las manos son necesarios dos componentes del *toolkit*: 'XR Controller' y 'XR Direct interactor', donde el primero de estos sirve para manejar los eventos que ocurrirán al presionar ciertos botones del control real, mientras que 'XR Direct interactor' es la contraparte de la mano para seleccionar los objetos que se pueden tomar.

Si bien XR Direct Interactor tiene una interfaz sencilla para visualizar las capas y gestionar cuáles son seleccionables, XR Controller cuenta con numerosos elementos que requieren configuración para el manejo de las manos y los botones que se presionan. Para abordar esto, XR Interaction Toolkit ofrece activos de configuraciones que pueden descargarse desde el *Package Manager*, lo que facilita el proceso de configuración y proporciona una configuración predeterminada para las manos y la vinculación con los controles.

4.1.3. Seguimiento virtual del casco

Además de la implementación de los objetos y las manos del usuario, el otro elemento fundamental para el proyecto de parte del usuario consiste en la vista, es decir, su cámara.

Para esto, se debe crear un elemento llamado 'XR Origin', el cual es un *GameObject* que viene con todo lo necesario para ser la vista del usuario. Este elemento es importante, pues, relaciona la posición real del usuario en el mundo virtual, otorga el movimiento de esta misma cámara, y a su vez, sirve como punto para configurar el movimiento de las manos en la escena.

Luego, después de tener la cámara lista, se agregaron los objetos que representan las manos en el mismo objeto. El resultado final queda mostraron en la figura 4.2, donde los componentes de la cámara principal y de las manos se comentarán más adelante.

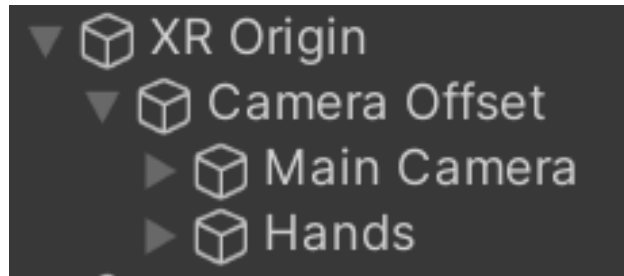


Figura 4.2: Estructura del XR Origin

4.1.4. Diagrama de clases para el usuario

Con los puntos mencionados en esta sección, el resultado de la implementación a nivel de funcionalidades y clases implementadas se puede ver en la siguiente figura:

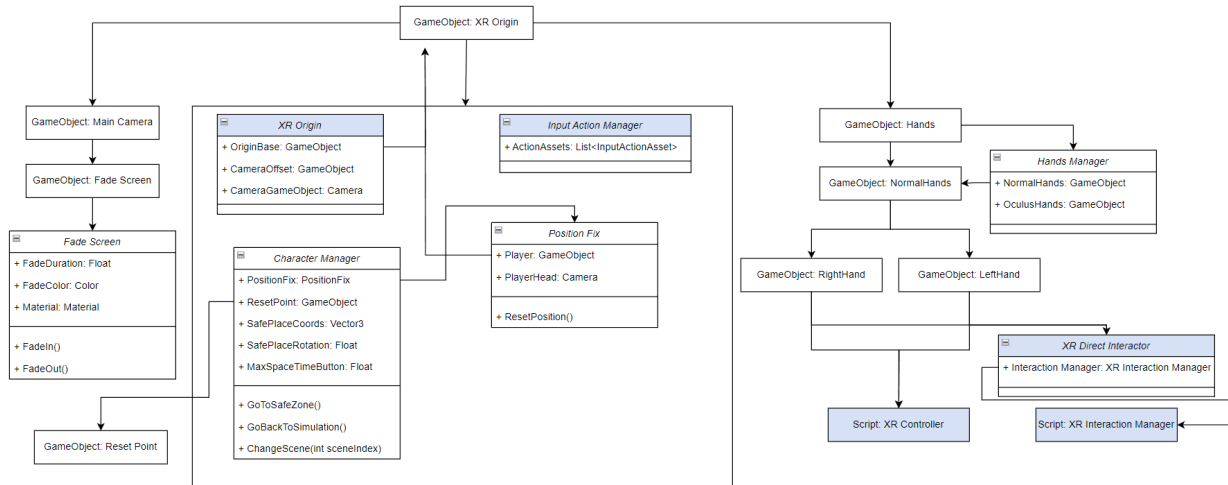


Figura 4.3: Diagrama de clases para el usuario

En el siguiente diagrama, podemos observar el *GameObject* que representa al usuario. Un 'GameObject' es el elemento básico de Unity para desarrollar proyectos, al cual se le pueden agregar elementos como scripts o componentes para controlar sus acciones. En el diagrama, encontramos tres secciones importantes:

1. La primera de ellas se encuentra en la sección de la izquierda, donde los componentes están relacionados a la cámara, y la clase *FadeScreen* se encarga de oscurecer la vista del usuario en diferentes situaciones.

2. El segundo segmento importante se encuentra dentro de un rectángulo donde se ubican las clases relevantes. Aquí, podemos identificar el administrador de acciones para el usuario, junto con el componente encargado de ajustar la posición al moverse entre lugares de la simulación.
3. Finalmente, el tercer segmento se encuentra en la parte derecha y está encargado de gestionar las manos, sirviendo como un controlador de manos que determina qué tipo de manos se muestran en cada momento. Además, cada una de las manos cuenta con los componentes proporcionados por *XR Interaction Toolkit* para brindar las funcionalidades para el ambiente virtual.

Las clases que están resaltadas en color celeste hacen referencia a las clases del paquete *XR Interaction Toolkit*, lo cual simplifica la implementación del dispositivo de realidad virtual tanto para la vista como para las manos.

4.2. Recursos gráficos

Para que las escenas tengan contenido y se sientan más realistas, es necesario agregar elementos gráficos. Existen dos métodos principales para obtener estos recursos: El primero consiste en crearlos desde cero utilizando programas de dibujo como *Krita* para imágenes en dos dimensiones y *Blender* para modelos en 3D. La segunda opción es buscar modelos ya creados en Internet.

El principal problema con la creación de objetos, modelos y texturas es la cantidad de tiempo que se requeriría para desarrollarlos, tiempo que podría utilizarse para otras tareas. Por esta razón, se decidió descartar el uso de Blender para los modelos en 3D y en su lugar se optó por mantener las herramientas de Unity para agregar elementos 3D, además de buscar recursos en internet.

Finalmente, para crear algunos elementos en dos dimensiones, se utilizó la herramienta de dibujo *Krita*². Dado que la cantidad de elementos requeridos fue baja, esto no representó un problema de tiempo significativo para el proyecto.

A continuación, se comentarán sobre las herramientas y páginas que resultaron más útiles para el desarrollo del proyecto.

4.2.1. Probuilder

ProBuilder³ es una herramienta disponible en el Package Manager de Unity que permite crear y editar geometría 3D directamente dentro del entorno de desarrollo. Sin esta herramienta, los elementos geométricos de Unity se limitan a figuras geométricas básicas. Sin embargo, con ProBuilder, es posible agregar capas adicionales de profundidad y personalización a los elementos geométricos, lo que amplía las opciones al implementar.

Hablando específicamente del proyecto, para el tutorial se utilizó ProBuilder para crear

² <https://krita.org/en/>

³ <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.probuilder@5.1/manual/index.html>

una escalera curva y un toroide, figuras las cuales no se podrían hacer de manera simple con las herramientas básicas de Unity.

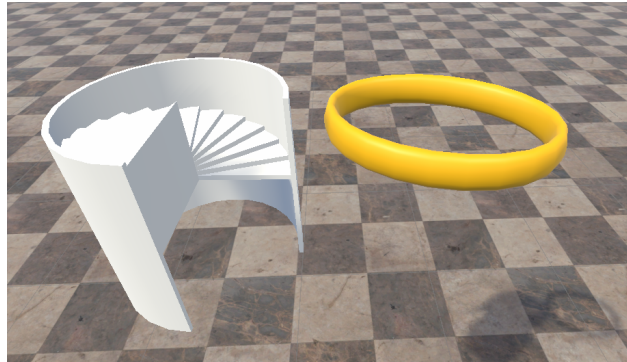


Figura 4.4: Utilización de ProBuilder para la creación de figuras geométricas avanzadas

El uso de estos elementos está pensado para la zona del tutorial, en el cual se le presentan al usuario los objetos con los que puede interactuar. La utilización de las figuras creadas con ProBuilder es para que el usuario pueda usarlos con los objetos, para ver sus interacciones físicas.

Además, ProBuilder viene con herramientas que permiten modificar objetos, permitiendo crear nuevos vértices, mezclar objetos, cambiar el mapa de normales de cada objeto, entre otras cosas. De esa manera, la sala de clases no son muchos planos con la forma de un cuadrado ni un modelo de internet, sino que es un cubo con el mapa de normales inverso, logrando obtener un cubo hueco gracias al funcionamiento de las normales de Unity sobre objetos. Luego, se formaron las ventanas y puertas de manera manual realizando 'cortes' en el modelo cúbico.

4.2.2. Generación de los terrenos

Tanto la zona tranquila como la sala de clases deben tener lugar en un ambiente que incluya amplias extensiones de terreno. En concreto, la zona tranquila se desarrolló como un bosque, mientras que la sala de clases se sitúa en una planicie.

Unity viene con herramientas para la creación de terrenos, donde se pueden crear relieves sobre una superficie plana, llamada *terrain*. Además, se pueden agregar modelos para los árboles, modelos para las plantas y texturas para diferentes tipos de terreno. En la figura 4.5 se puede ver el paisaje donde se encuentra la sala de clases.

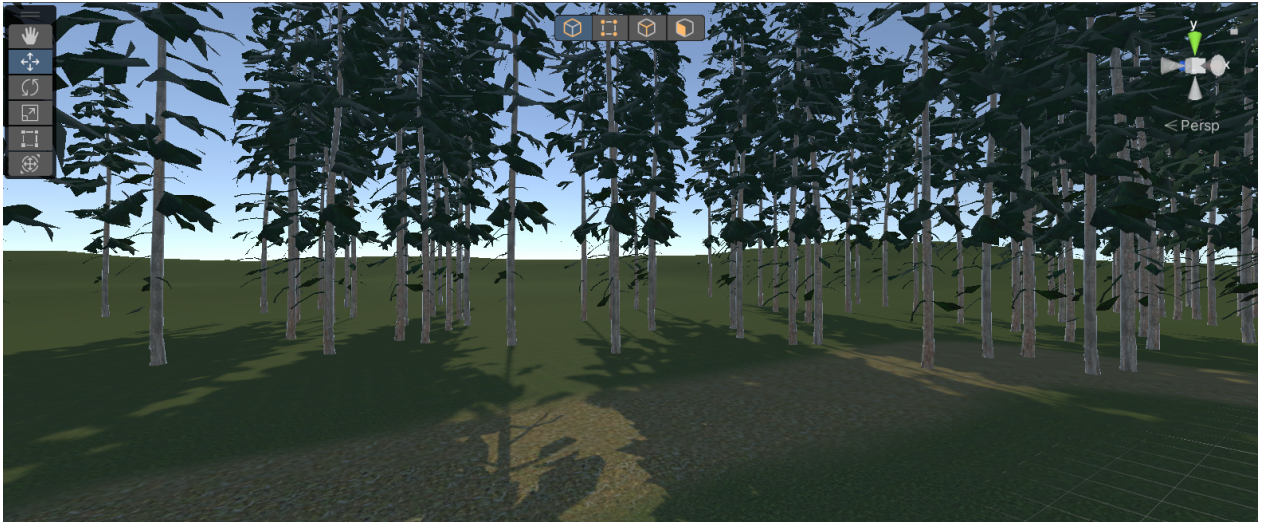


Figura 4.5: Utilización de la herramienta terrain

En esta imagen se pueden ver tres de las cuatro características mencionadas: un camino de tierra generado con diferentes texturas de suelo, árboles y en el fondo nos damos cuenta de que el horizonte no es plano, sino que es levemente curvo.

Esta curvatura es leve para este caso, pero para la zona tranquila, se puede ver un relieve mucho mayor, el cual se indica en la figura 4.6. Donde podemos ver el uso de un terreno más empinado y el uso del último elemento, el cual son las plantas del suelo, las cuales, en el momento de ejecución, estas se mueven, simulando brisa de la escena.



Figura 4.6: Utilización de la herramienta terrain en la zona tranquila

4.2.3. Modelos humanos con esqueleto y animaciones

Para la implementación de los modelos de Unity, hay que tener en cuenta que los modelos humanos no sean rígidos, sino que puedan articularse. Estos modelos articulados se pueden encontrar en diferentes partes. Para el uso de los modelos se tomó el paquete de personajes 'Distant Lands'⁴, el cual puede encontrarse en el Asset Store de Unity.

Con estos modelos articulados, pueden moverse pequeñas partes del cuerpo, logrando así tener animaciones y posiciones. Con esto último existe un problema, pues la creación de animaciones es difícil, aun así existan los modelos articulados. Para esto, se utilizó el sitio web de Mixamo⁵ para conseguir animaciones.

Una característica positiva que tiene Mixamo es la capacidad de subir los modelos articulados de nuestra elección para elegir una animación del sitio y poder verla en nuestro modelo, descargar la animación e implementarla en el proyecto. Particularmente se descargaron animaciones para caminar, sentarse, escribir, jugar en el teléfono, conversar, levantarse del asiento y hablar a mucha gente.

Finalmente, para algunos movimientos específicos del usuario, se utiliza el paquete *Animation Riggin*⁶, que permite controlar modelos articulados en Unity de manera más avanzada. En particular, se puede hacer que un elemento del cuerpo siga a un objetivo, y con esto, crear animaciones o movimientos de manera más lógica.

4.2.4. Otros modelos y texturas

Además de lo mencionado anteriormente, se utilizaron numerosos modelos obtenidos de diversas fuentes en internet. Es importante destacar nuevamente que se accedió al Asset Store de Unity⁷ para obtener texturas y modelos. Asimismo, se recurrió a plataformas como Turbosquid⁸ y Sketchfab⁹ para adquirir modelos en formato FBX, el cual es un modelo 3D que acepta Unity. Por último, se hizo uso de Polyhaven¹⁰, que proporciona tanto modelos como texturas para enriquecer el entorno y los elementos del proyecto.

4.3. Menú principal

El menú principal se presenta como la pantalla de selección de escenas que el supervisor podrá elegir al iniciar la sesión. Inicialmente, se planteó como un diseño sencillo que constaba de dos botones. Sin embargo, tras analizarlo de mejor manera, se decidió agregar un nuevo apartado denominado 'Instrucciones'. El objetivo de esta adición es proporcionar una zona donde el supervisor pueda revisar y recordar las instrucciones que puede ejecutar durante el desarrollo del proyecto.

Es importante mencionar que mientras el supervisor se encuentra en el menú principal, el

⁴ <https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/distant-lands-free-characters-178123>

⁵ www.mixamo.com

⁶ <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.animation.rigging@1.0/manual/index.html>

⁷ <https://assetstore.unity.com/>

⁸ <https://www.turbosquid.com/es/>

⁹ <https://sketchfab.com/feed>

¹⁰ <https://polyhaven.com/>

usuario tendrá la vista por defecto de Unity. Esto significa que la interfaz y la perspectiva del entorno se presentarán en su configuración predeterminada, sin que el usuario realice alguna acción específica en ese momento.



Figura 4.7: Menú principal

Los botones que inician el tutorial y la sala de clases vienen acompañados de un texto introductorio, el cual indica que el tutorial es para que el usuario se acostumbre a los controles, y que es más relajado que la sala de clases, la cual es más intensa y es la experiencia principal.

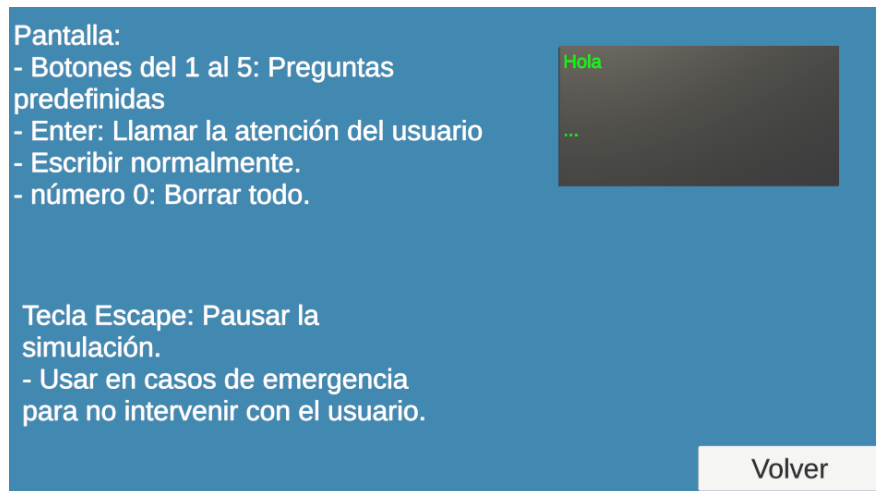


Figura 4.8: Instrucciones del menú principal

Por otra parte, el botón de instrucciones indica el funcionamiento de la pantalla y del botón de escape, lo cual son las únicas cosas que el supervisor podrá controlar en la simulación. Los botones que puede utilizar el supervisor son los siguientes:

- Números del 1 al 5: Con estos botones el usuario puede escribir en la pantalla las preguntas predefinidas. En orden: '¿Cómo te sientes?', '¿Quieres quedarte en la zona tranquila?', '¿Quieres volver a la sala de clases?', '¿Quieres sacarte el dispositivo de realidad virtual?', y '¿Quieres que deje de escribir?'. Estas preguntas predefinidas son leídas por una voz, emitiendo sonido utilizando el sistema de sonido de la pantalla.

- Número 0: Este botón sirve como método para borrar todo lo escrito por el supervisor en la pantalla.
- Tecla enter: Con este botón, se indicará al usuario que mire hacia la pantalla mediante la reproducción de un audio.
- Tecla de retroceso: Sirve para borrar el mensaje
- Tecla escape: Sirve para pausar la simulación. Se le indica al supervisor que este botón solo debería presionarse en casos extremos o donde ocurra algún error.

Además de esto, el apartado de instrucciones contiene una pantalla como las que aparecerán en la simulación, donde el supervisor puede usarla mientras lee el instructivo, para que vea como es el funcionamiento de esta al instante.

4.4. Tutorial

El tutorial es el lugar en el cual el usuario aprende las mecánicas involucradas en la simulación. Como se comentó en el capítulo del diseño, estas instrucciones están sobre una mesa giratoria, la cual incluye un script encargado de la rotación de la mesa. De esta manera todas las mecánicas están condensadas en cada una de las caras de la mesa.

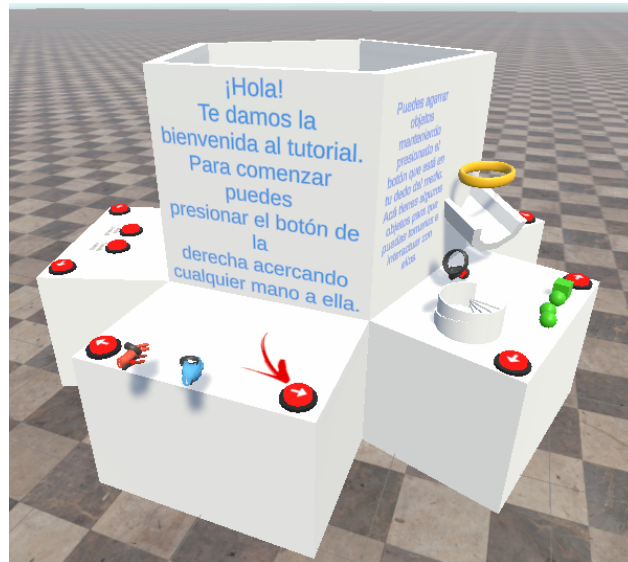


Figura 4.9: Mesa giratoria del tutorial

En la figura 4.9 podemos ver el primero de los segmentos de la mesa, en ella podemos ver un mensaje de bienvenida acompañada de un dibujo de una flecha. Esta flecha sirve para indicar al usuario que debe presionar ese botón y no el de la izquierda, pues, presionar el botón de la izquierda llevaría al segmento final. Aun así, el botón de la izquierda está, pues puede existir un momento donde sea necesario.

El GameObject de la mesa contiene un sistema de audio, pues, al momento de girar la mesa para estar en un nuevo paso, este elemento lee lo escrito en la pantalla, lo cual es un sistema de audios que se encuentra en el script de la mesa.

La segunda cara de la mesa giratoria es un espacio dedicado para que el usuario pueda interactuar con los objetos. En esta zona, se utilizaron los objetos creados con ProBuilder: un toroide para formar un aro y una escalera. Estos objetos permiten al usuario usarlos junto a los objetos con los que se puede interactuar.

Cabe mencionar que todos los objetos de la simulación tienen un *script*, el cual indica que, pasada cierta cantidad de altura, el objeto volverá a su posición original. De esta manera, si los objetos caen al suelo, se pueden volver a recuperar. Si bien esto no es tan importante para el tutorial, para la sala de clases el usuario puede botar algún elemento importante, como puede ser la goma. En general, agacharse a tomar el objeto no es la mejor idea, pues resulta incómodo, y se deben tomar consideraciones extras respecto a la configuración inicial del suelo para cada casco, y además, no se considera la altura de cada persona o la altura de la silla, la cual puede ser variante en cada caso.

La segunda parte de la mesa incluye una característica extra del tutorial: Al momento de llegar a esa etapa, las manos del usuario cambiarán de las manos por defecto a un modelo de los controles por algunos segundos. Pues, esta es la única pantalla en la que se indica un control relacionado con el mando físico. De esta manera, el usuario puede ver el control y donde debería estar el botón a presionar, el cual se muestra como un rectángulo rojo parpadeante en la zona donde se encuentra el botón de agarre.

En caso de que el usuario no se diera cuenta del cambio, existe un modelo del control con el rectángulo parpadeante en la mesa, para que de la indicación constantemente. Los modelos de las manos normales y de los controles están en el XR Origin de la cámara, en el apartado de 'Hands', donde existe un controlador para la aparición de las manos, junto a un script para el parpadeo automático del rectángulo rojo.

Los objetos que se pueden sostener contienen un borde de color indicado por un script, esto con el objetivo de que se puedan identificar los objetos seleccionables sin mencionar nada. El efecto del borde viene en el paquete Quick Outline¹¹, que se puede encontrar en el Asset Store de Unity.

En el tercer segmento del tutorial se introduce al usuario la pantalla. En ella el usuario puede presionar los botones para indicar sus respuestas. Las respuestas consisten en cinco estados de ánimo, una respuesta afirmativa, una respuesta negativa, y un botón de pregunta, para dar a entender que no se entendió la pregunta. Todos los botones funcionan de la misma manera, en la cual al presionar el botón, este manda una señal a la pantalla que tenga vinculada para escribir el mensaje.

El cuarto segmento presenta al botón para la zona tranquila. De por sí no existen más elementos en esta parte, pues se puede considerar el cuarto segmento como la zona tranquila de por sí, lo cual se comentará en su sección.

Es importante destacar que el botón para acceder a la zona tranquila cuenta con un tiempo de enfriamiento de ocho segundos. Esta característica se implementó para evitar que el botón sea activado múltiples veces de forma consecutiva y para prevenir toques accidentales al llegar

¹¹ <https://assetstore.unity.com/packages/tools/particles-effects/quick-outline-115488>

a la zona tranquila.

Finalmente, para garantizar la decisión del usuario, se le da la libertad de visitar cualquier parte del tutorial de nuevo. Y a su vez, puede elegir si volver al menú principal (en el caso de que el usuario necesite detenerse o de plano se sintió mal) o pasar directamente a la sala de clases para continuar con la experiencia prevista.

Esta última cara de la mesa giratoria fue agregada en medio del proceso de implementación, ya que era importante considerar la decisión del usuario sobre lo que querría hacer después de participar en el tutorial. Por este motivo, su diseño no se puede ver en la compilación de imágenes del anexo A, pues se implementó después del diseño original de la solución.

De esta forma, tenemos un tutorial que sirve para que el usuario pueda acostumbrarse a los controles, y a su vez, que el usuario pueda adaptarse al ambiente virtual en una zona que no busca ser realista como la sala de clases.

4.5. Zona tranquila

La zona tranquila es el espacio donde el usuario va si se llega a sentir abrumado en algún momento de la simulación. Si bien, la zona tranquila se ha considerado como una escena extra durante todo el informe, esto no es verdad, pues la zona tranquila está en la misma escena que la sala de clases y que el tutorial. Esta decisión se tomó para que la carga de la zona sea inmediata, pues como tiene muchos elementos, es preferible para evitar cargar una nueva escena cada vez que el usuario quiera ir a la zona, lo cual podría pasar muchas veces en la simulación.

La zona tranquila consiste de un espacio abierto simulando un bosque, con una fuente al medio, una silla y una mesa. Todo esto simulando una especie de parque en el bosque. La mesa contiene los elementos con los que el usuario y supervisor pueden hablar. Entre estos elementos encontramos los botones de estados ánimicos y los botones de respuestas cortas. A su vez, se encuentra la pantalla en un pingüino, a modo de figura, Y finalmente, el botón para volver a el lugar en el que se estaba antes.



Figura 4.10: Zona tranquila

Las ideas para llegar a esta decisión pasaron por algunos cambios que distan del modelo original. Como se vio en el capítulo de diseño de la solución, una de las ideas ya había sido descartada por ser muy abstracta, por otra parte, la idea de la habitación fue desarrollada, pero al momento de probarla daba la sensación de un ambiente bastante cerrado e incómodo. Agregado a esto, los modelos para completar la habitación no daban un estilo claro, limpio y cómodo, sino los modelos encontrados daban la sensación de una zona más apagada e incómoda. Por recomendación del profesor guía y de los expertos de COANIQUEM, se desarrolló la idea del bosque, la cual fue de un mejor recibimiento.

Si bien el tutorial y la sala de clases tienen una zona tranquila diferente, existiendo una zona tranquila en cada escena, el único cambio notable que se puede ver entre ambas es que, en el tutorial, hay una voz que indica el propósito de la zona tranquila, mientras que en la sala de clases esto no ocurre.

4.6. Sala de clases

La sala de clases es la zona principal de la simulación, en ella se busca obtener una experiencia similar a una clase. Como se mencionó en la sección de diseño, el orden de acontecimientos de la sala de clase pueden resumirse a inicio de la clase, charla de la profesora, clase silenciosa, interrupción del compañero, fin de la clase y recreo.

En los siguientes segmentos se comentará a mayor detalle cada uno de los elementos en los que se trabajó para el desarrollo de la sala de clases, mencionando las decisiones tomadas su proceso.

4.6.1. Elementos de la mesa

Como concepto inicial, la mesa del usuario debe tener elementos, pues este se encuentra en una clase. Por lo tanto, se agregaron elementos a la mesa, donde a continuación, se nombrarán los elementos con los que el usuario puede interactuar que estarán en ella:

- Está el botón para llevar a la zona segura, esta se encuentra a simple vista, pero a su vez, no en un acceso tan directo, haciendo que el usuario debe estirar el brazo hacia al frente. Esto para evitar cualquier tipo de toque accidental. De la misma manera que la comentada en el tutorial, la zona tranquila es un espacio en la misma escena de la sala de clases. Así que lo que se hace al usuario cuando este presiona el botón, es oscurecer la vista, mover el usuario y dejar la vista como estaba anteriormente.
- Existe la goma, la cual el usuario deberá entregar en medio de la clase al compañero de la derecha que la pedirá. Este objeto puede interactuar con el papel, borrando lo escrito con los lápices.
- Existe una hoja y lápices, los cuales interactúan entre ellos, logrando escribir en la hoja utilizando cualquiera de los lápices. La hoja permanece estática.
- Está la pantalla siendo parte de una figurita o juguete junto a dos botones de interacción. Estos dos botones son los de respuesta afirmativa y negativa, y estos sirven para poder comunicarse entre el usuario y el supervisor sin la necesidad de presionar el botón de la zona tranquila. Esto, en el caso de que la comunicación sea breve y no requiera que se detenga la simulación. Un ejemplo de uso podría ser que el supervisor avise al usuario de que queda poco para que empiece el recreo o para preguntar si todo está bien.
- Existe un avión de papel, este no tiene más propósito más que el de que exista un elemento en la parte inferior de la mesa, si el usuario es curioso, lo encontrará.



Figura 4.11: Elementos de la mesa

4.6.2. Manejo de eventos

En la simulación, existen elementos que tienen un flujo de eventos, entre ellos podemos encontrar dos importantes: La profesora y los alumnos. A continuación se hablará un poco más de estos funcionamientos para cada uno de los personajes.

Los personajes están equipados con un *collider* y un *rigidbody* para facilitar las interacciones con la puerta. La puerta se abrirá automáticamente cuando haya una persona cerca.

Además de los *scripts* mencionados anteriormente, cada modelo de personaje tiene un *Audio-Source* que se utilizará para darles la capacidad de hablar. Esto permitirá que los personajes emitan sonidos o diálogos durante la simulación.

Cabe mencionar que tanto alumnos como profesora, cuentan con un *script* que lleva la cuenta interna de cuanto tiempo lleva la simulación ejecutándose, esto se hace no considerando el tiempo general de la simulación, debido a que al momento de pausar la simulación para ir a la zona tranquila, todo debe quedarse quieto, pero la aplicación seguirá ejecutándose y contando más tiempo. Al hacer que cada personaje lleve la cuenta del tiempo que ha estado sin pausa, este problema se arregla. La cuenta del tiempo se considera como una condición *if* en los ciclos *update* de cada *script*.

Teniendo en cuenta el concepto del tiempo, cada una de las acciones se ejecuta a partir de estados que dependen del tiempo o de condiciones específicas.

4.6.2.1. Events Manager

Si bien, cada uno de los objetos tiene un *script*, existe también un *ManagerScript*, el cual sirve para controlar todos los eventos importantes desde un mismo *script*, sin la necesidad de ir por todos los demás *scripts* modificando las variables.

Además, el *manager* se encarga de administrar los llamados entre elementos de la simulación. Esto quiere decir que si la profesora indica que los alumnos tienen que hacer algo, el *script* de la profesora no actuará directamente sobre el *script* de los alumnos, sino que este pasará por el *manager*, y este se encarga de mandarle la notificación a los alumnos.

4.6.2.2. Profesora

La profesora sigue una ruta de movimiento como se puede ver en la figura 4.12:



Figura 4.12: Camino realizado por la profesora

En esta imagen podemos ver como la profesora llega a la clase, se detiene en un cierto lugar, el cual se le llamará 'Z speech'. En este lugar la profesora hablará, dando la bienvenida al usuario y apuntándolo. Luego, la profesora sigue su camino hasta 'Z sit' el cual es la posición en el eje z donde la profesora se sienta. Y finalmente, al empezar el recreo, la profesora se

levanta y camina afuera de la sala

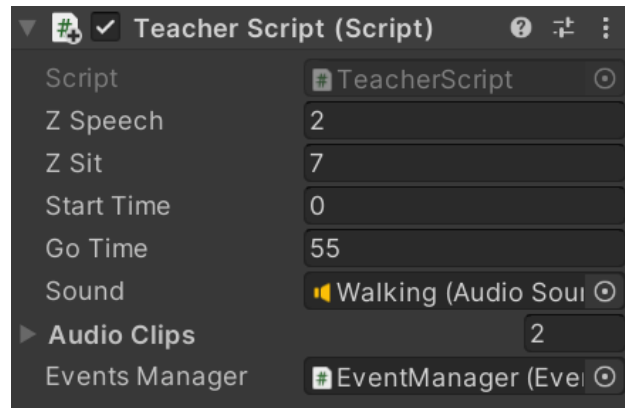


Figura 4.13: Script de la profesora

Como se puede ver en la figura 4.13, la profesora cuenta con variables públicas en su script, a continuación se comentarán las variables y su funcionalidad.

'Z speech' es la ubicación en el eje z donde la profesora mirará a los alumnos y empezará a hablar. De manera similar, z sit delimita el límite donde la profesora se detendrá para sentarse. Cabe mencionar que solo importa el eje z, pues la profesora solo modifica esa coordenada, dejando el eje x y el eje y fijos al nivel de la puerta y del suelo, respectivamente.

Estos elementos están denotados como variables públicas para controlar específicamente en que momento se detiene. Pues, como la sala de clases estuvo en modificaciones a través del desarrollo, la silla o el lugar donde debería hablar no eran los lugares justos.

'Start time' es el momento en el que la profesora inicia sus acciones, pasando del estado inicial de 'Freeze' a sus movimientos normales. 'Go time' es la variable que indica en que momento la profesora habla para retirarse.

'Sound' es la variable que contiene una referencia al AudioSource de la profesora, junto a la cantidad de clips de audio. Este valor es de dos, pues uno es el audio con el que la profesora da las instrucciones iniciales y el otro es para avisar que terminó la clase y dar las palabras finales.

Finalmente, 'Events manager' es una referencia al manager de toda la simulación. Esto ocurre debido a que, en un momento de la conversación inicial, la profesora apunta al usuario. Este movimiento debe generar que todos los compañeros miren al usuario al momento de apuntarle. Entonces, en la animación de apuntado de la profesora, existe un gatillante que ejecuta una función en su script. Esta función le notifica al manager de los eventos que todos los alumnos tienen que mirar al usuario.

4.6.2.3. Alumnos

Los alumnos también cuentan con un script de eventos personal, a continuación se muestra en la figura 4.14 los eventos que este gatilla.

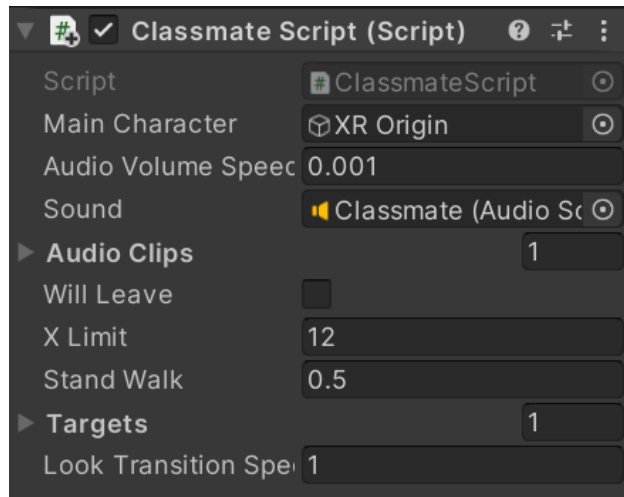


Figura 4.14: Script de los alumnos

'Main Character' es la referencia al XR Origin del personaje principal. Esto es para obtener la posición precisa del usuario al momento en el que el compañero deba voltear a ver al usuario.

Además de la referencia al sonido del GameObject del usuario, 'Audio Volume Speed' es la velocidad con la que el audio que emite el compañero al iniciar el recreo aumentará. Para que la intensidad del sonido no sea tan abrumante al comenzar el recreo, el audio que ejecuta cada alumno en el recreo aumentará progresivamente, esta velocidad está controlada por esta variable.

'Will Leave' es un booleano, el cual se puede activar o desactivar para indicar si el compañero se irá o no se irá de la sala de clases. Si el booleano se deja en false, el alumno se quedará ejecutando su animación por defecto, si se deja en true, el compañero caminará para irse de la sala.

'X limit' es la posición en el eje x en la que el compañero volteará hacia la puerta. En otras palabras, esto indica en que posición en el eje x está la puerta, esto tiene un razonamiento similar a las variables 'Z speech' y 'Z sit' de la profesora. 'Stand walk' es un atraso en el tiempo antes de iniciar la caminata del compañero.

'Targets' son referencias a los *targets* del componente 'rig' de cada personaje. Estos elementos del rig son puntos donde ciertas partes del cuerpo del compañero mirarán, en particular, para los compañeros existen dos puntos, uno para controlar el movimiento de la cabeza y otro para el torso.

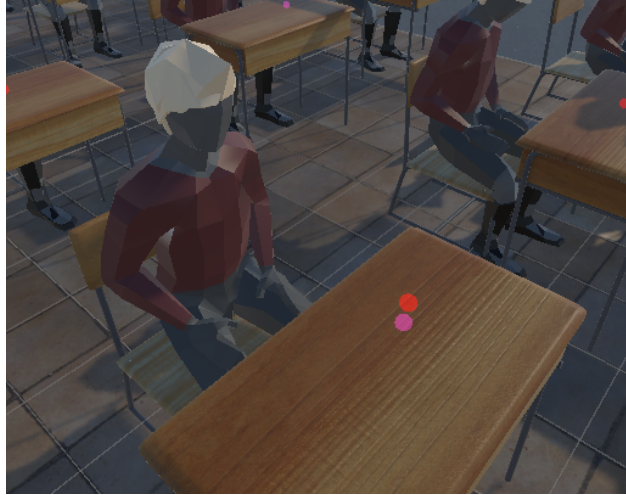


Figura 4.15: Targets de un compañero, donde la cabeza y el torso apuntan

Finalmente, 'Look Transition Speed' es la variable que indica la velocidad con la que los targets de cada alumno se desplazan, y en consecuencia, afecta el movimiento de los compañeros al dirigir su mirada hacia el usuario.

Además del script para los compañeros genéricos, el compañero que pide la goma cuenta con otro script, el cual tiene dos elementos públicos: 'Time Before Action', el cual es el segundo en el que el compañero pedirá la goma y la referencia al sonido, junto a dos sonidos: uno para pedir la goma y otro para agradecer por entregar la goma.

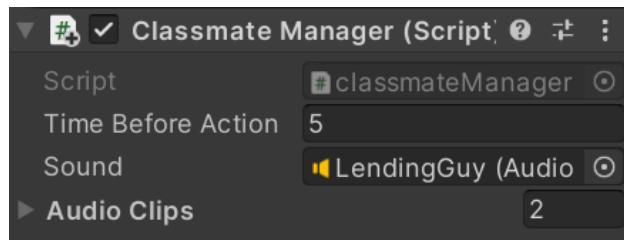


Figura 4.16: Script extra para el compañero que pide la goma

4.6.2.4. Tipos de movimientos

Las acciones y movimientos de los personajes pueden ser realizadas de tres diferentes maneras:

- Se puede realizar una transición utilizando el componente Animator de cada uno de estos GameObjects. De esta manera, se puede cambiar su animación de una a otra de forma fluida. Esto resulta útil para situaciones como la transición de un compañero que está en reposo a iniciar su animación de recreo.
- Existen elementos en los compañeros que actúan como 'targets'. Estos objetos están directamente vinculados a partes específicas del cuerpo de estos objetos. Por ejemplo, puede haber un target vinculado a la cabeza o al brazo de una persona. De esta manera, cuando ocurre algún evento especial, se puede modificar la posición del target para que la cabeza o el brazo giren en respuesta a dicho evento.

- Finalmente, un movimiento puede ser realizado por código directo sobre este personaje, un claro ejemplo de esto se puede ver al momento de rotar un cuerpo que esté moviéndose en una dirección, es decir, que al llegar a cierta parte, se gire el GameObject de manera directa mediante transformaciones en su script.

Cabe mencionar que todos estos scripts tienen una condición que solamente ocurre si la simulación no está en pausa. Para que la simulación se pause pueden ocurrir dos cosas: El usuario puede presionar el botón de la zona tranquila, o el supervisor puede presionar la tecla escape.

Si ocurre el primer caso, todos los scripts que dependen de estados o movimiento vienen acompañados de un script que los desactiva en cualquier momento. De esta manera, se puede poner en pausa la simulación justo en el momento en que se presiona el botón, permitiendo que el usuario pueda moverse e interactuar en una zona tranquila, aunque la sala de clases esté detenida.

En el otro caso, simplemente se pausan todos los movimientos de la simulación con un comando de Unity, incluido el movimiento del usuario. Esta solución es menos planificada, pero a su vez se espera que no sea necesario presionar esto en la simulación, a menos que sea una emergencia.

4.6.3. Diferentes managers de la sala de clases

Debido a la complejidad de la sala de clases, esta tiene cuatro scripts que funcionan como managers de diferentes aspectos para la simulación. A continuación se mostrarán algunos scripts acompañados de comentarios sobre los elementos más importantes.

'Pause Manager' es el script encargado de pausar la simulación en caso de que el supervisor encuentre necesario hacerlo. Al momento de presionar la tecla escape, en la pantalla se activará un canvas de Unity, el cual le dará al supervisor la opción de continuar, reiniciar la simulación o de volver al menú principal.

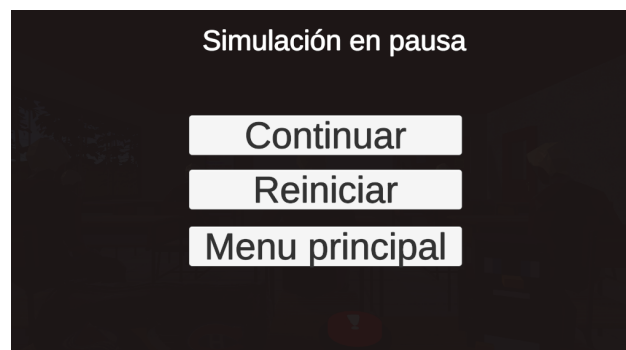


Figura 4.17: Pausa que puede activar el supervisor

'XR Interaction Manager' es el componente que relaciona y administra las interacciones entre los elementos que interactúan con el ambiente y los objetos con los que el usuario actúa. Este script es parte del paquete 'XR Interaction Toolkit'

'Fade Manager' es el manager que se encarga de cualquier acción que requiera que el

usuario se mueva, esto quiere decir, el cambio de escenas o que el usuario vaya a la zona tranquila.

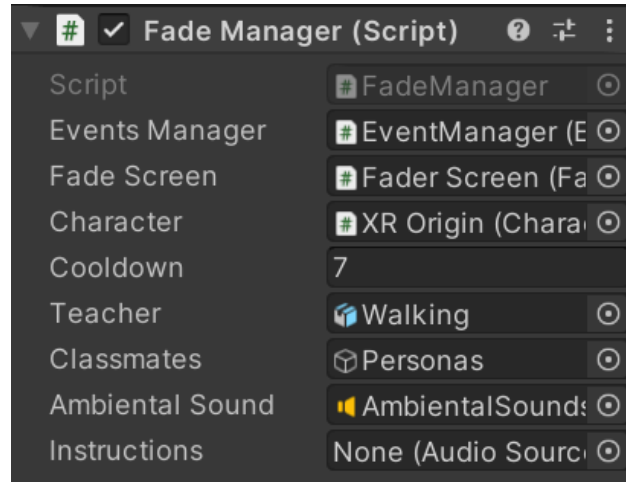


Figura 4.18: Fade Manager

En la figura 4.18 se pueden observar los componentes del *script*. Específicamente, existen referencias a los demás managers, al usuario (que será movido por el manager), 'cooldown' (que representa la pausa antes de poder ir a la zona tranquila o a la sala de clases). También hay referencias a la profesora y a los alumnos. Por último, se encuentran referencias al sistema de audio de la zona tranquila. De esta manera, este manager cuenta con los elementos necesarios para enviar señales a los demás managers, pausar la simulación de la sala de clases e iniciar la zona tranquila.

Finalmente, tenemos 'Events Manager', el cual es el manager de todos los eventos de la sala de clases, en la figura 4.19 podemos ver los elementos públicos que este tiene.

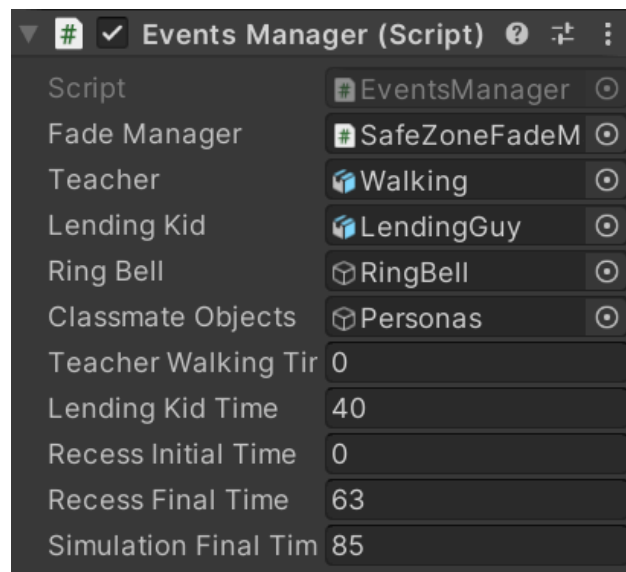


Figura 4.19: Events Manager

En la estructura del 'Events Manager', podemos observar cómo, además de tener las refe-

rencias a otros managers, este contiene todos los elementos que requieren ciertas condiciones para realizar acciones.

Las referencias a 'Teacher', 'Lending Kid', 'Ring Bell', y 'Classmate Objects' son enlazadas con la profesora, el compañero que pide la goma, la campana de clases y los compañeros de la sala en general, respectivamente. Esto tiene como objetivo indicarles en el momento justo la acción adecuada que deberían realizar, actuando como intermediario entre los *scripts* de los personajes.

Los valores de 'Teacher Walking Time', 'Recess Initial Time', 'Recess Final Time', y 'Simulation Final Time' representan los segundos en los que ocurrirán eventos específicos. 'Teacher Walking Time' indica el momento en el que la profesora comenzará a caminar. 'Recess Initial Time' es el segundo en el que sonará el timbre para dar inicio a la clase. 'Recess Final Time' indica el momento en el que termina la clase con el timbre. 'Simulation Final Time' muestra el momento en el que la simulación terminará, volviendo al menú principal. Finalmente, 'Lending Kid Time' señala el segundo en el que el compañero pedirá la goma.

4.6.4. Diagrama de clases para los personajes

A continuación, se presenta el diagrama de clases con los componentes más relevantes para el control de los compañeros y la profesora:

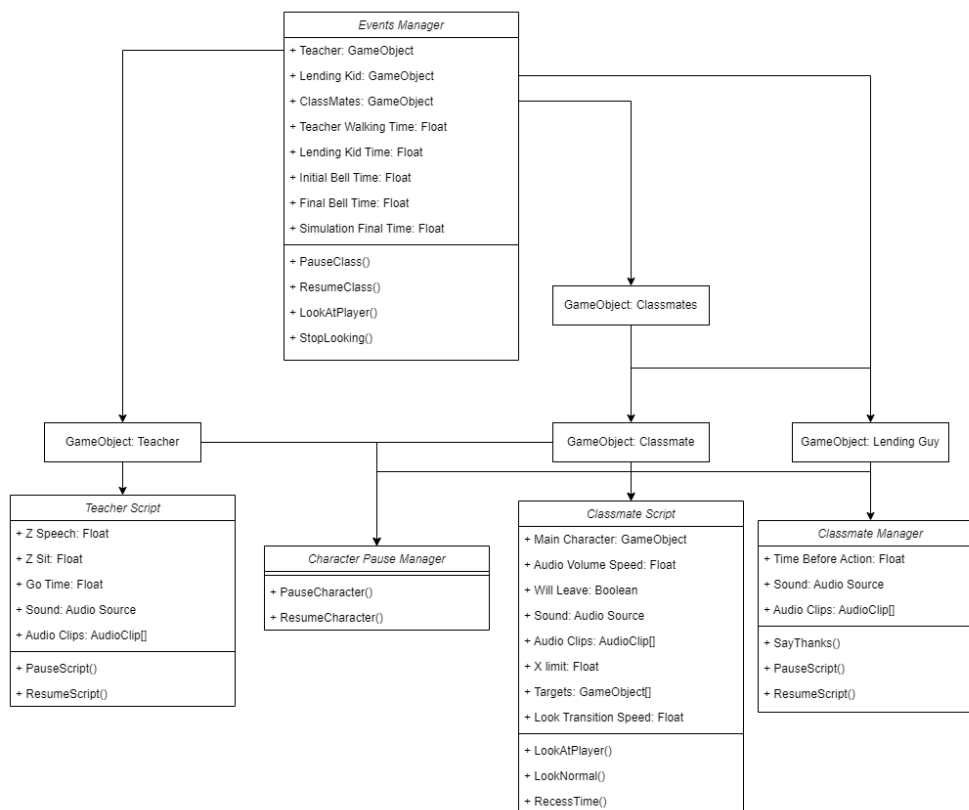


Figura 4.20: Diagrama de clases para los personajes

En esta figura, se aprecia la relación directa entre el administrador de eventos y todos los

objetos que representan a los compañeros y a la profesora. El *GameObject* 'Classmates' es un contenedor que incluye tanto a los compañeros normales como al que solicita la goma. Esto permite la ejecución de los mismos métodos para cada uno de estos personajes.

Es importante destacar el *script* llamado 'Character Pause Manager', el cual se encarga de pausar los movimientos de cualquier personaje al ingresar a la zona tranquila. Esto debe ocurrir de manera específica para los usuarios, y no es posible utilizar soluciones que pausen toda la simulación, ya que tanto la zona tranquila como el usuario deben estar funcionando. Dado que la zona tranquila se encuentra en la misma escena que la sala de clases para evitar una pantalla de carga adicional, es necesario controlar los elementos de ambas áreas de manera independiente.

4.7. Corrección de posición

Si bien el dispositivo de realidad virtual resulta bastante útil para lograr el objetivo planteado y las herramientas de trabajo son útiles para desarrollar la solución, existe un detalle que fue solucionado.

El problema radica en un detalle relacionado con las posiciones del dispositivo de realidad virtual. Al encender el dispositivo, antes incluso de ejecutar la simulación, se requiere un ajuste para que coincida con el nivel del suelo. Es necesario indicar específicamente la altura del suelo para el uso de los cascos VR. Sin embargo, al ejecutar el programa en Unity, la posición inicial que toma la cámara es la posición del suelo. Esto significa que al iniciar la simulación, la posición del usuario se eleva significativamente desde donde debería estar, causando un desajuste incómodo.

Para esta solución se hizo una corrección de la posición en cada momento en el que la simulación iniciara, esto en el método *Start*, de esta manera el problema de la posición es arreglado y no hay que preocuparse sobre como lo hacen otros dispositivos distintos a los de Oculus, pues para todos la posición será corregida.

Finalmente, cabe mencionar que el método que se ejecuta para corregir la posición del usuario también corrige la posición cada vez que la simulación mueve al usuario, ajustando su posición y rotación.

Capítulo 5

Prueba de concepto y análisis de los resultados

Para estudiar el cumplimiento de los objetivos planteados en este trabajo de memoria, se llevaron a cabo dos pruebas de concepto. En este capítulo se presentan los procesos realizados y los resultados obtenidos de dichas pruebas.

Para ambos casos, el equipo utilizado para realizar las pruebas consistió en el Oculus Quest 1 conectado a un computador que ejecutaba el proyecto. Es importante destacar que durante las pruebas, las personas que tomaban el rol de usuarios debían estar sentadas, ya que la simulación fue diseñada para ser utilizada mientras se está sentado.

5.1. Prueba con expertos de COANIQUEM

5.1.1. Metodología

El objetivo de esta prueba de concepto fue recopilar opiniones sobre las experiencias de los expertos de COANIQUEM desde la perspectiva del supervisor que ejecutaba el programa, evaluando específicamente la calidad del producto y su desarrollo en el manejo de la simulación.

De igual manera, debido a las condiciones en las que se llevó a cabo la prueba de concepto, la ventana para recibir comentarios generales desde el punto de vista del usuario o del supervisor siempre estuvo abierta.

5.1.2. Participantes

Los participantes consistieron en un grupo de aproximadamente ocho personas, entre las cuales se encontraban Matías Orellana, Alejandro Godoy y Gabriela Hidalgo, quienes estuvieron más involucrados en el proyecto. El resto de los participantes eran personas de distintas especialidades de COANIQUEM, quienes fueron convocadas a probar el proyecto durante la sesión.

5.1.3. Procedimiento

El procedimiento para esta evaluación consiste en el *Think Aloud Testing*, el cual consiste prácticamente en dar ciertas instrucciones a los usuarios para evaluar personalmente cómo se realizan las actividades principales. Además de ver su desempeño, se les indica a los usuarios que prueban el proyecto que hagan sus comentarios en voz alta. Esto con la finalidad de obtener más comentarios para analizar.

Particularmente, en este caso, las personas estaban todas en el mismo lugar, pero algunas de ellas no lograron realizar la simulación debido a temas de tiempo. De todas maneras, se les permitió comentar sobre lo que estaba ocurriendo en la simulación, ya que existía una pantalla en la sala que mostraba la simulación.

Finalmente, se anotaron los comentarios realizados en esta sesión para tener un registro de los datos, los cuales se comentarán a continuación.

5.1.4. Comentarios registrados

El primero de los comentarios estuvo relacionado con la sensación de llegar a la zona tranquila. Cuando una de las expertas inició la simulación y logró llegar a la zona tranquila, comentó lo sorprendente y relajante que se veía. Esto denota y remarca el objetivo general de la zona tranquila: proporcionar un lugar de tranquilidad para el usuario.

Un detalle registrado durante la evaluación fue que Alejandro, al realizar las tareas relacionadas con el uso de la pantalla, preguntaba antes de llevar a cabo la acción si el botón que iba a presionar era el adecuado. Por ejemplo, si la tarea consistía en borrar la pantalla, Alejandro preguntaba: '¿Esto se hace con el cero, verdad?', lo cual estaba bien. Esto sugiere que existe cierta desconfianza con respecto a los controles al momento de realizar la simulación. Esta inseguridad podría justificarse por el hecho de que se dedicó poco tiempo a leer las instrucciones o por la configuración de los controles, los cuales podrían ser poco intuitivos.

En cualquier caso, se pone en duda la claridad de los controles al utilizar la pantalla, ya que el supervisor no cuenta con una interfaz que le indique los controles o botones de ayuda durante la simulación. Esto podría dificultar la experiencia y generar incertidumbre en el usuario.

Al momento de ir a la sala de clases y mostrar el flujo de eventos, el comentario y la conversación siguiente se centraron en los alumnos, ya que se percibió que carecían de buena calidad y los personajes no tenían cara. Después de explicar las razones de esto, que se debían a que los únicos modelos 3D con esqueleto disponibles eran aquellos que carecían de cara, se consideró la posibilidad de que en el futuro puedan tener una mayor expresividad al hablar o mirar al usuario.

5.1.5. Aprendizajes de los comentarios

Cuando hablamos sobre la experiencia del supervisor, encontramos solo un componente para analizar. Durante la revisión de los comentarios, se observó que el supervisor enfrenta dificultades al recordar los controles. Aunque al preguntar siempre confirmaba si era el botón correcto, esto no garantiza que en el futuro no pueda cometer errores, como borrar todo

el mensaje en lugar de escribir un mensaje predefinido en la pantalla. En consecuencia, se concluye que el uso de los botones no es del todo intuitivo para el supervisor, a pesar de que exista una pantalla de instrucciones.

Por otra parte, tenemos comentarios relacionados con la experiencia de la simulación, especialmente sobre la mejora de la expresividad de las acciones de los usuarios en la sala de clases. Se tomó nota de que los personajes actuales carecen de rasgos faciales, lo que limita su expresividad en la simulación. Sería importante considerar la incorporación de rasgos faciales para mejorar la interacción y la inmersión de los usuarios en el entorno de la simulación.

5.2. Prueba con personas de la universidad

5.2.1. Metodología

El objetivo de esta prueba de concepto es obtener opiniones sobre las experiencias de personas en la simulación, evaluando específicamente la presencia del usuario en la simulación, la inmersión que la simulación pueda causar y qué cambios son necesarios de realizar en el futuro. Las personas seleccionadas fueron alumnos pertenecientes a la Universidad de Chile.

Acerca de la metodología, se discutirán las características de los participantes, el equipo utilizado para la prueba, los instrumentos de medición empleados, el procedimiento de la prueba y, finalmente, la recolección y forma de análisis de los datos.

5.2.2. Participantes

Los participantes fueron estudiantes de la Universidad de Chile, con edades comprendidas entre 18 y 29 años. La selección de estas personas fue arbitraria, entregando un formulario de participación en grupos organizados de la universidad.

5.2.3. Cuestionarios

Los cuestionarios consistieron en dos partes, siendo el primero un cuestionario previo a la simulación, en el cual se les preguntó a los usuarios cuestiones básicas, como su edad, si utilizan lentes o no, la frecuencia con la que juegan videojuegos y la frecuencia del uso de dispositivos de realidad virtual.

También, se le mostró al usuario el consentimiento informado, el cual notificaba acerca de las posibles consecuencias asociadas a los mareos, además de informar que su información sería anónima y utilizada únicamente para este informe.

El segundo cuestionario consiste en la encuesta de salida, la cual consistió de tres partes:

1. Dos preguntas se centraron en preguntar qué aspectos destacaron de la simulación y qué aspectos podrían mejorarse. Esto permitió tener una sección donde los usuarios pudieron proporcionar sus comentarios y sugerencias.
2. Preguntas para evaluar la presencia generada por el ambiente virtual y sus implicancias en la interacción con el usuario. En este punto, se ha optado por seleccionar las preguntas

presentadas por Guido Makransky en su investigación sobre el Desarrollo y Validación de una Escala Multimodal de Presencia para Ambientes de Realidad Virtual [16]. El propósito de estas preguntas es evaluar la presencia experimentada por el usuario, lo cual contribuye a la sensación de inmersión. Para la evaluación se utilizó la escala de cinco puntos de Likert.

3. Preguntas para evaluar la jugabilidad y los elementos funcionales de la aplicación. Estas preguntas vienen del libro de Calvillo-Gámez, titulado *Game User Experience Evaluation* [17], específicamente del capítulo llamado *Assembling the Core Elements of the Gaming Experience*. Donde se utiliza la escala de Likert de siete puntos recomendada. Esta encuesta cubre los aspectos básicos de simulaciones y videojuegos. Para este caso, se filtraron preguntas de la lista entregada en el libro, tomando las importantes y relevantes para el proyecto.

5.2.4. Procedimiento

La siguiente sección explicará el procedimiento que se llevó a cabo para cada una de las personas participantes en la prueba de concepto.

El bloque comenzaba con el usuario llegando a la habitación. Allí, se le daba la bienvenida y se le explicaba el contexto del proyecto, mencionando el problema existente. Además, se le informaba que el proceso tenía como objetivo validar una posible solución para dicho problema.

Luego, se les indicaba que debían llenar el formulario de entrada, proporcionando sus datos y aceptando el consentimiento informado. En este punto, no se les permitía avanzar al siguiente apartado del formulario sin antes aceptar dicho consentimiento.

Después de completar la primera parte del formulario, se procedía a realizar la prueba de simulación. Se le indicaba a la persona que se sentara en la silla sin moverla ni rotar en ella, al menos hasta el inicio de la simulación, momento en el cual podría rotar libremente para mirar en todas direcciones. Luego, se le ayudaba a poner los cascos de realidad virtual y se le preguntaba si estaban muy apretados o sueltos, para ajustarlos adecuadamente. También se le entregaban los controles en ambas manos.

En cuanto a los controles, no se les indicaba en ningún momento qué botón hacía cada cosa, ya que la simulación estaba diseñada para que el usuario no necesitara una interacción compleja, excepto por un botón específico, el cual servía para presionar objetos o realizar acciones dentro de la simulación.

Luego, se le indicaba que se empezaría por el tutorial para luego ir a la sala de clases, la cual es la simulación general del proyecto. Después de esto, se presionaba el botón del menú principal para que la persona empezara con la simulación.

Desde este punto en adelante, se permitía al usuario explorar la simulación en la medida de lo posible, tratando de utilizar la menor cantidad de palabras en voz alta y mostrando la pantalla de la simulación cuando era necesario explicar algo. Debido a la naturaleza lineal de la solución, no existían opciones para que el usuario se preocupara en este caso.

Las interacciones que se llevaban a cabo en todas las simulaciones consistían en preguntarle al usuario '¿Cómo estás?' en el tutorial usando la pantalla, y luego, en la sala de clases, se le indicaba que la simulación terminaría pronto una vez que diera inicio al recreo.

Finalmente, al concluir la simulación, se le indicaba al usuario que podía quitarse el dispositivo de realidad virtual y continuar con la encuesta de salida. Después de aproximadamente cinco minutos, la persona finalizaba la encuesta y, con ello, se concluía el horario de participación de esa persona.

5.2.5. Recolección y análisis de datos

Después de obtener los resultados de las encuestas, se exportaron en archivos .xlsx para posteriormente obtener visualizaciones utilizando las librerías de Python seaborn y matplotlib.

Para llevar a cabo las distintas visualizaciones, se agruparon los datos de acuerdo con las diferentes categorías y se organizaron en hojas de Excel correspondientes a cada una de ellas.

5.2.6. Resultados y análisis

5.2.6.1. Mareos

Recordando que algunas decisiones de diseño tomadas en el proyecto estuvieron centradas en la forma en que el usuario interactúa con el mundo, el contexto en el que estaría ubicado y la medida para garantizar la menor cantidad de mareos posibles, se considera oportuno analizar los mareos experimentados por los usuarios y sus comentarios al respecto.

Para comenzar, los datos generales sobre la afirmación 'Sufrí mareos durante la simulación' se pueden ver en la figura 5.1, a continuación se procederá a comentar sobre esto.

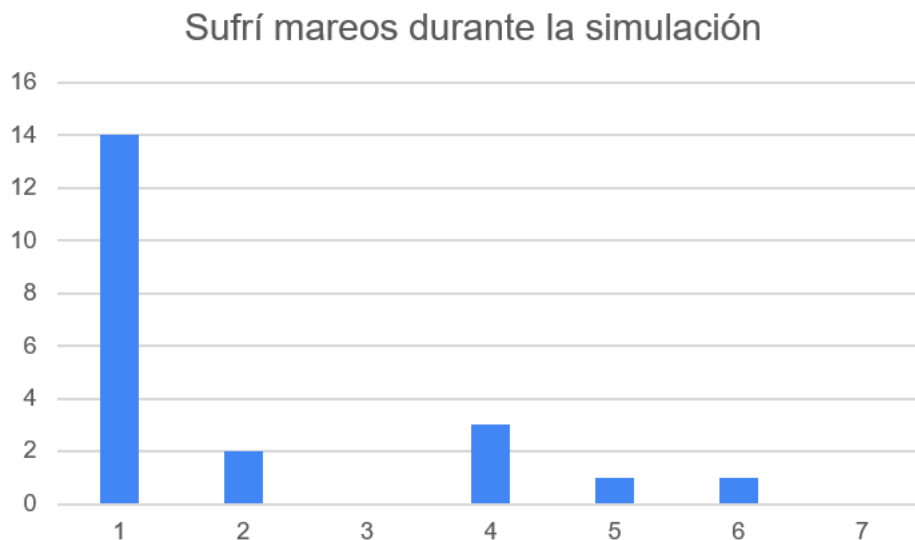


Figura 5.1: Visualización para los mareos

Con esto, podemos observar que la gran mayoría de las personas no experimentó mareos,

considerando que la escala de 1 a 7, donde 1 significa 'Totalmente en desacuerdo' y 7 significa 'Totalmente de acuerdo', también incluye un punto neutro en 4.

De esta forma, identificamos dos casos de personas que experimentaron mareos durante la simulación. Específicamente, la persona que puntuó con un 6 nunca había utilizado dispositivos de realidad virtual previamente, lo cual puede explicar la generación de mareos al no estar acostumbrada a esta experiencia. Por otro lado, la persona que otorgó una puntuación de 5 había utilizado en algún momento un dispositivo de realidad virtual, pero no lo consideraba algo común en su vida diaria.

Para obtener más información sobre este tema, se revisó la sección de comentarios, pero no se encontraron explicaciones sobre los mareos por parte de ninguno de los participantes.

En general, los mareos o sentimientos de incomodidad no fueron un tema mencionado en los comentarios por ninguna de las personas que participaron en la prueba.

Por lo tanto, se concluye que la simulación no generó mareos o incomodidades en la mayoría de las personas. Y los casos en los que ocurrió se deben a la poca experiencia del usuario con dispositivos de realidad virtual, cosa que igual hay que tener en cuenta.

5.2.6.2. Presencia Física

Cuando hablamos de presencia física, estamos considerando valores como el realismo físico, es decir, la capacidad de representar con precisión y fidelidad los objetos y entornos en el ámbito virtual. También implica no prestar atención a los elementos reales, es decir, la habilidad de desconectarse de la realidad física y sumergirse completamente en el entorno virtual. Además, la presencia física implica sentir que realmente se está presente en el ambiente virtual, como si uno estuviera allí de manera tangible, experimentando y participando de manera activa en ese espacio virtual. Estos elementos son fundamentales para lograr una experiencia de inmersión y conexión con el entorno virtual.

Las primeras preguntas del cuestionario de Guido Mankransky hacen referencia a este aspecto. Las respuestas se muestran en la figura 5.2, el cual es una visualización de violín.

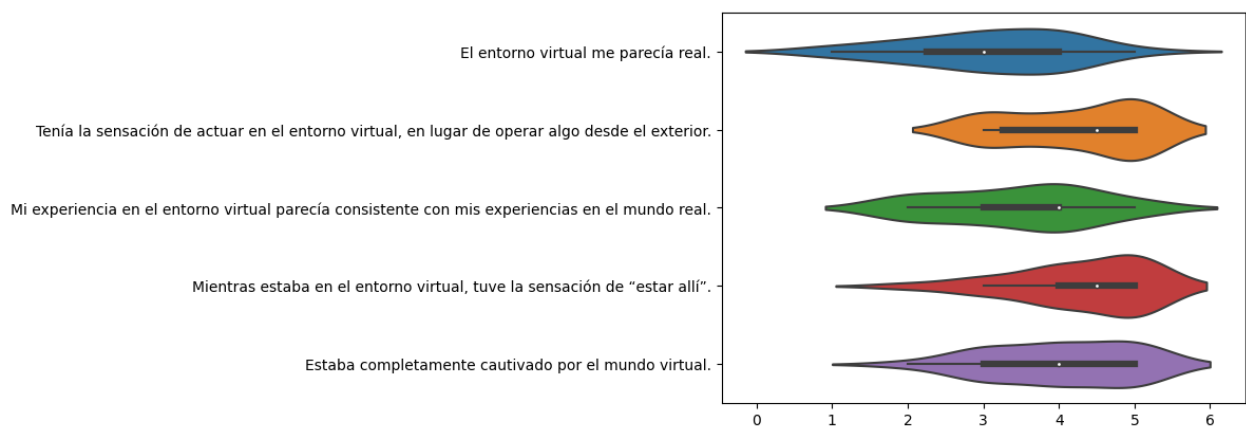


Figura 5.2: Visualizaciones de presencia física

En general, podemos observar que las valoraciones relacionadas con las concepciones de la presencia física son mayormente positivas. La categoría con más votos favorables es 'Mientras estaba en el entorno virtual, tuve la sensación de estar allí'. Esto demuestra que la simulación logró conseguir la inmersión que buscábamos, haciendo que las personas que la probaron se sintieran completamente inmersas en ella. Esto puede ser confirmado por la segunda afirmación, en la que se indica que las personas experimentaron una interacción directa con la simulación.

Si bien las opiniones son generalmente positivas, podemos notar que la primera aseveración no es totalmente favorable, pues la media se encuentra cercana al valor tres, el cual indica 'ni acuerdo ni desacuerdo', estableciendo que la simulación en plano no es ni llamativa por su realismo, ni demasiado mala para ser considerada poco real. Podemos argumentar a favor de este estado neutro debido a la calidad de las texturas, modelos y animaciones en general.

5.2.6.3. Presencia social

Para los siguientes cinco puntos de la encuesta de Guido, se obtienen las preguntas relacionadas con la presencia social, los cuales se mostrarán a continuación. Cabe mencionar que las dos últimas frases están modificadas, puesto que las frases originales son más largas, por lo que se acortaron con el objetivo de tener una mejor visualización

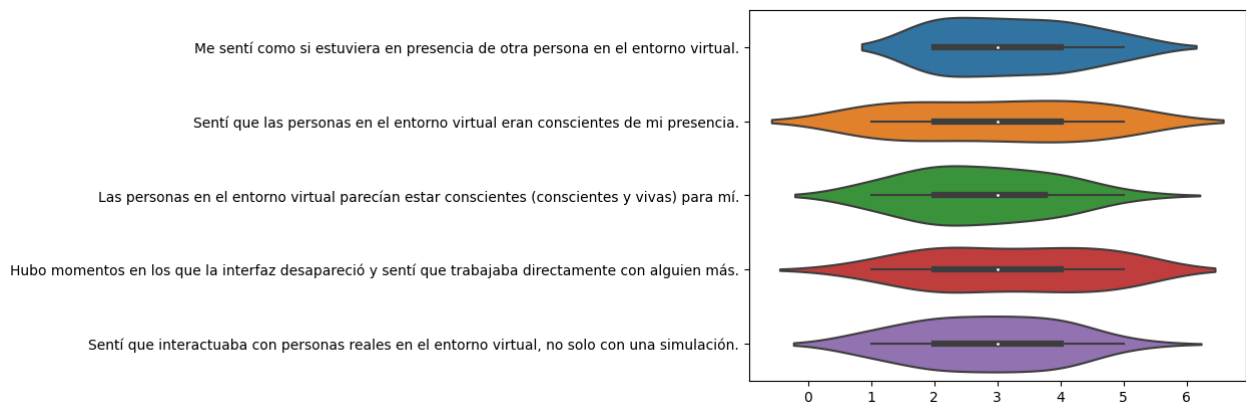


Figura 5.3: Visualizaciones de presencia social

Podemos darnos cuenta de que la mediana en todas las categorías está en la sección de 'ni en acuerdo ni en desacuerdo', lo cual indica que el componente social no se nota, ni para bien ni para mal. Cabe destacar que, de igual manera, los elementos tienen una distribución normal de los datos.

Esto nos indica, que, si bien existen elementos que tratan de simular personas, estos elementos no representan personas reales de manera clara ni destacable. Sino que se nota que los movimientos son programados por los usuarios.

5.2.6.4. Presencia personal

Para terminar con las preguntas del primer cuestionario, se procede a analizar las respuestas de las preguntas relacionadas con la presencia personal, donde estas están enfocadas en la búsqueda de la inmersión, no por parte del entorno, sino por parte del usuario. La

visualización corresponde a la figura 5.4.

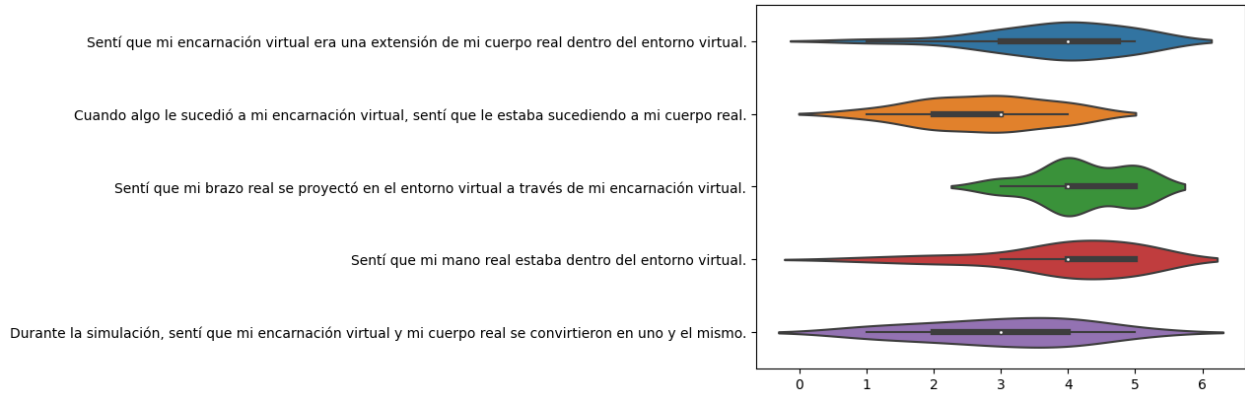


Figura 5.4: Visualizaciones de presencia personal

Para esta visualización, podemos notar que las respuestas son neutras o levemente positivas. Particularmente, podemos observar dos tipos de respuestas.

Las respuestas cuya mediana está cerca del tres, es decir, la segunda y quinta aseveración, hacen referencia a una especie de vínculo entre la versión real y simulada de la persona. Específicamente, podemos ver cómo no existe una clara relación entre los sentimientos de la simulación y los sentimientos físicos.

Por otra parte, los elementos cuya mediana se encuentra en el valor cuatro están relacionados con cómo el usuario puede sentir su cuerpo en la simulación, no como el mismo elemento, sino más bien como una extensión del mismo.

5.2.6.5. Frustración y control

Desde este punto, las preguntas a las que se le hará el análisis corresponden a las preguntas del libro de Calvillo-Gómez, las cuales están enfocadas a la jugabilidad en aplicaciones de realidad aumentada. Cabe recordar que estas preguntas fueron filtradas de acuerdo si eran relevantes para el proyecto o no. Luego, las preguntas fueron clasificadas de acuerdo a los siguientes temas: Frustración, experiencia, multimedia y flujo de acciones. A continuación se muestra en la figura 5.5 el primer grupo.

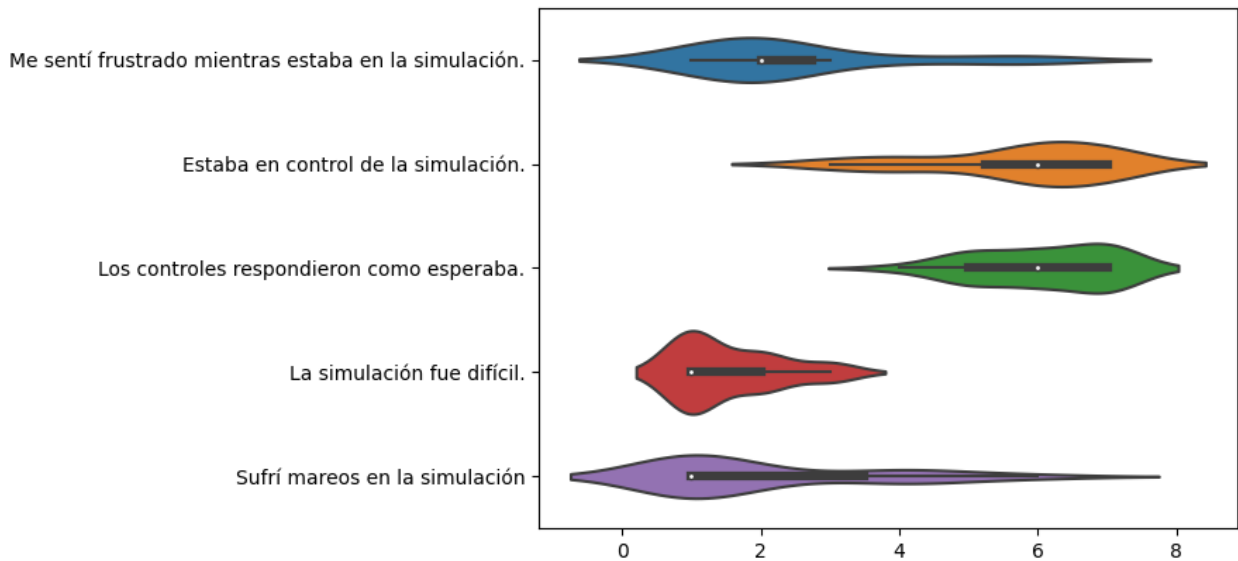


Figura 5.5: Visualizaciones sobre la frustración y el control

Podemos notar que las preguntas relacionadas con el control y la frustración fueron manejadas de manera efectiva, obteniendo buenas respuestas en cuanto a los controles y su uso en la simulación.

Además, la gran mayoría considera que la simulación no resulta frustrante ni complicada, lo cual era uno de los objetivos buscados. Esto se logró, por ejemplo, al utilizar únicamente botones presionables para la interacción por parte del usuario.

5.2.6.6. Experiencia

En las preguntas relacionadas con la experiencia encontramos frases relacionadas al disfrute de la simulación, la impresión general y si el usuario realizaría la simulación nuevamente. La visualización corresponde a la figura 5.6.

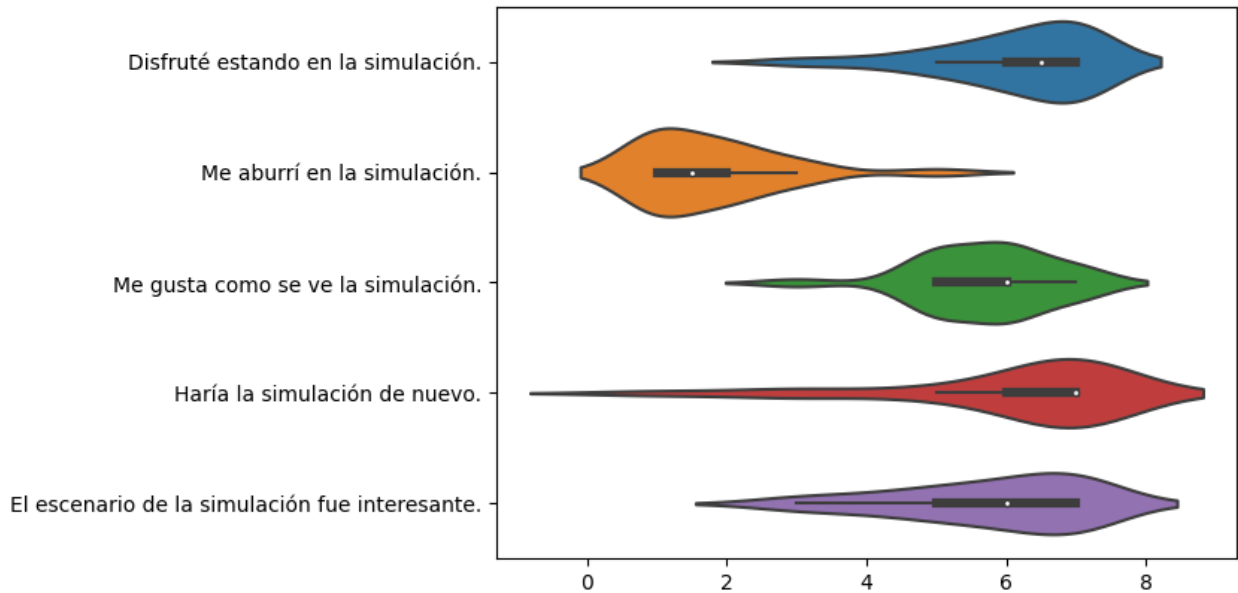


Figura 5.6: Visualizaciones sobre la experiencia de la simulación

Para estos datos, tenemos que los usuarios disfrutaron de la simulación; de manera complementaria, no experimentaron aburrimiento durante la experiencia. Surge una duda en este punto respecto a cómo se relaciona la experiencia previa con dispositivos de realidad virtual con el disfrute o el aburrimiento.

Las opiniones generales sobre la simulación en aspectos estéticos fueron buenas hasta este punto. Además, la mayoría de las personas afirmaron que estarían dispuestas a repetir la simulación.

Finalmente, el tema relacionado con los mareos ya fue discutido al inicio de este capítulo, obteniendo respuestas generalmente positivas.

5.2.6.7. Multimedia

Las preguntas relacionadas con la multimedia están relacionadas con la calidad de los gráficos y al sonido, siendo la figura la 5.7.

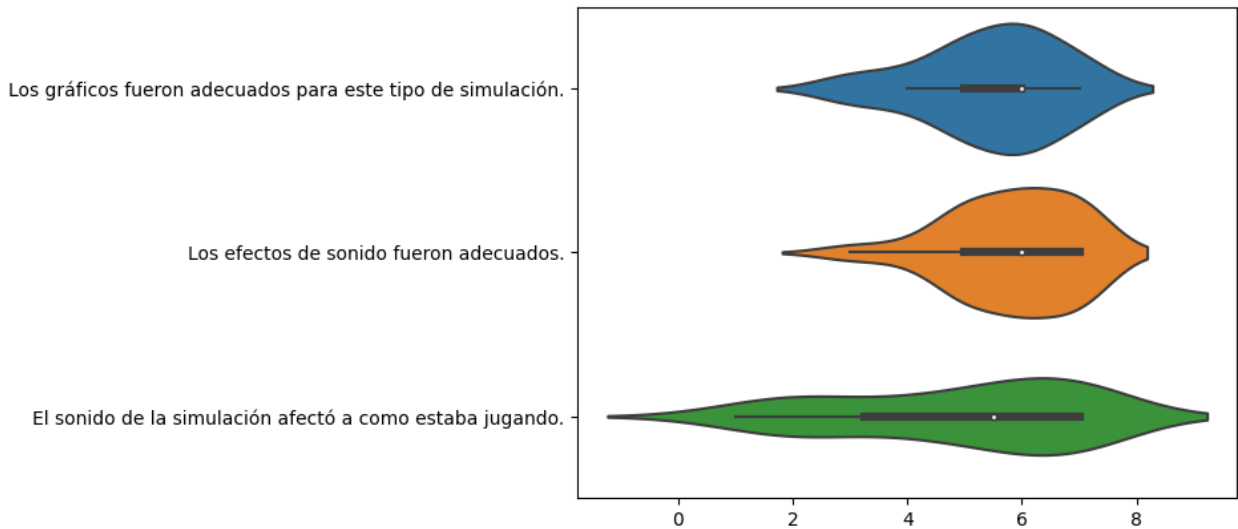


Figura 5.7: Visualizaciones sobre los aspectos visuales y sonoros de la simulación

Para estos valores, tenemos que los resultados son generalmente positivos, con el pequeño comentario de que los valores relacionados con si el sonido afectó a la simulación son más dispersos que los demás. Esto tiene sentido, ya que, además de los sonidos específicos de la pantalla, todos los demás sonidos no son particularmente instructivos para el usuario.

Además, es importante mencionar los comentarios positivos de la simulación relacionados con los aspectos visuales. A continuación, se enumeran algunos de ellos.

- 'Me gustó el espacio seguro'
- '... la sala de clases se veía bastante realista'
- 'La sala de clases es inmersiva, se siente como una sala de clases suficientemente real'
- 'La zona segura es agradable con la música'
- 'Las voces al final son destacables, y todos los sonidos realmente'
- 'la calidad de sonido'

Con esto, podemos observar cómo los gráficos y la experiencia multimedia fueron de buena calidad. Además, ninguno de los comentarios hizo referencia directa sobre la calidad de las voces en sí mismas, incluso si el origen de las voces es un generador de internet.

5.2.6.8. Flujo de las acciones

Finalmente, los valores relacionados con el flujo de acciones se pueden encontrar en la figura 5.8, donde estos valores apuntan a la autonomía del usuario y a su capacidad de entender la simulación.

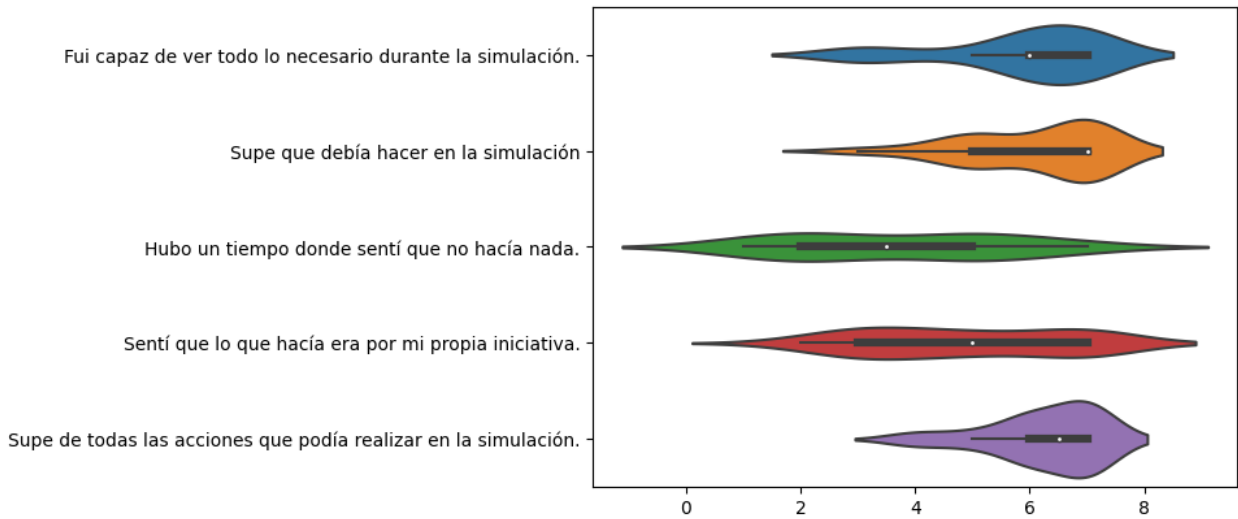


Figura 5.8: Visualizaciones sobre el flujo de acciones

Como podemos observar, las respuestas son positivas para todos los casos, aunque los valores menos claros se encuentran en la aseveración tres y en la cuatro. En la tercera aseveración, los usuarios sintieron levemente que no había mucho que hacer. Es posible que esta distribución menos centrada se deba al periodo de clases en el aula, donde no hay mucho ruido y además no se les da ninguna instrucción clara, aparte de quedarse en el lugar. Por otra parte, la cuarta aseveración es levemente positiva. Esto podría deberse a que las opciones para ejecutar por iniciativa propia eran pocas, como tomar ciertos elementos, ir a la zona tranquila y elegir quedarse en el tutorial un rato más. Además, no hay muchos más elementos de libertad de opciones disponibles.

Por otro lado, los demás valores hacen referencia a la cantidad de información que los usuarios tenían respecto a las acciones a tomar. Estos valores son altos, lo cual es lo esperable, ya que se dedicó una gran parte del desarrollo a proporcionar instrucciones claras en el tutorial de una manera dinámica y sencilla. Además, en los comentarios destacados de las encuestas podemos ver frases como '... las instrucciones son claras además' o 'El tutorial estaba claro, se entendieron todas las interacciones', lo cual, complementaría este análisis.

5.2.7. Comentarios por mejorar

Además de todo lo mencionado, existen las respuestas que las personas agregaron en la zona 'Ingrese aquí qué cosas mejorarían'. En estas respuestas podemos encontrar cuatro subgrupos, los cuales se comentarán a continuación.

El primer grupo consiste en la mejora de los objetos, posiciones y distribución espacial. Entre estos comentarios podemos encontrar: 'Me costó leer, las letras estaban o muy cerca o muy lejos', indicando que las distancias de los instructivos eran incómodas. Esto se complementa con el siguiente mensaje: 'Las distancias en general en la sala de clases podrían ser un poco más pequeñas, tuve que estirar mucho el brazo para pasar la goma y no llegué, al final la lancé'. Todos estos comentarios tienen sentido con lo mencionado en la siguiente frase: 'El

tamaño del mundo en la simulación fue incómodo, era todo muy grande...’, indicando una posible causa al problema de los tamaños y la distribución espacial.

El segundo aspecto consiste en algunos comentarios sobre los visuales a nivel de rendimiento. En particular, cabe destacar el siguiente mensaje: ‘La sala de clases tenía pocos fps. O sea, se veía un poco entrecortado’.

El tercer aspecto se refiere al realismo gráfico y expresivo de la simulación. Los comentarios de esta sección hacen referencia a la impersonalidad de los alumnos y sugieren mejorar las texturas. Además, hay un comentario particular que habla sobre un momento interesante: ‘La goma quedaba en un borde de los dedos de la persona a quien se la pasaba, te dejaba fuera de lugar por un segundo.’

Este último aspecto debe ser abordado, ya que, como se menciona, en un caso una persona perdió la inmersión de la simulación debido a esto, lo cual no debería pasar en ningún caso de manera tan directa como en este.

Finalmente, existen ciertos comentarios que apelan a la necesidad de tener más interacciones con los objetos, junto con la posibilidad de escribir en el papel con mayor precisión.

5.2.8. Aprendizajes principales

Con base en los resultados obtenidos y al análisis realizado, se procederá a comentar los elementos más importantes:

Dentro de los aspectos positivos podemos encontrar el disfrute de los usuarios de la simulación, en materia de contenido y visuales, encontrando esta una simulación interesante con potencial. Por otra parte, podemos encontrar que los datos de presencia física y personal fueron aceptables para la simulación. Además de mencionar que los mareos no fueron un problema debido a las decisiones tomadas.

Por otra parte, en los aspectos negativos tenemos los resultados neutros relacionados con la presencia social, los cuales no fueron destacables para la simulación. Además, si bien todos los demás valores fueron positivos y logran los objetivos planteados en el presente trabajo, muchos de los valores no son absolutos de manera positiva, lo cual se podría mejorar en general tomando más decisiones y desarrollando más el programa, pero, por otra parte, en estas preguntas es esperable que el resultado no sea absoluto.

Además de esto, los comentarios sobre las áreas de mejora señalan que es necesario revisar nuevamente el realismo de la simulación en términos del tamaño de las escenas. También es relevante realizar una optimización del proyecto en ciertas partes y considerar la posibilidad de agregar más elementos interactivos entre ellos. Abordar estos aspectos podría contribuir significativamente a mejorar la experiencia de la simulación.

5.3. Implicancias para el diseño

Para finalizar este capítulo, es importante mencionar que, basado en los resultados obtenidos en la evaluación, las pruebas personales y el período de implementación, existen algunas implicancias importantes a considerar al desarrollar una simulación en realidad virtual. A continuación, se indicarán algunos puntos relevantes a tener en cuenta:

- Indicar claramente los controles e instrucciones: Es fundamental proporcionar indicaciones claras y comprensibles sobre cómo interactuar en la simulación. Los usuarios nuevos pueden no estar familiarizados con las interacciones que el desarrollador conoce bien, por lo que se deben hacer los controles lo más intuitivos posible. Por ejemplo, en el proyecto, los botones de preguntas rápidas en la pantalla no eran intuitivos ni claros para los usuarios nuevos. Además de esto, se puede entregar la opción de consultar los controles en cualquier momento.
- Considerar los mareos: Es crucial tener en cuenta el potencial de causar mareos en los usuarios. Movimientos involuntarios, o la falta de ellos, al cargar elementos de la simulación pueden generar malestar en algunas personas.
- Mantener la inmersión: Es necesario ser cuidadoso con los elementos que puedan romper la inmersión del usuario. Pequeños detalles, como tiempos de carga mal implementados o fallos en la lógica de la simulación, pueden afectar la sensación de inmersión. Los objetos y comportamientos en el mundo virtual deben seguir las reglas del mundo simulado para mantener la coherencia.
- Realismo en espacios y dimensiones: Si se busca un buen grado de realismo, se debe prestar atención a los espacios y dimensiones de los objetos, así como a las distancias entre ellos. Esto ayudará a crear una experiencia más verosímil para el usuario.
- Detalles en movimientos e interacciones: Para lograr un ambiente social vívido, es esencial que los movimientos y las interacciones estén bien detallados. Esto implica trabajar en la animación y comportamiento de los personajes y objetos en la simulación de manera lógica.

Estas consideraciones de diseño son importantes y se ofrecen como una recopilación de consejos útiles para tener en cuenta al desarrollar una simulación en realidad virtual.

Capítulo 6

Conclusión

Durante el desarrollo de esta memoria, fue posible identificar un problema relacionado con las limitaciones de proyección de los niños y adolescentes en base a situaciones hipotéticas al momento de tener sesiones de reinserción social con los psicólogos. A partir de esta problemática, se planteó y desarrolló un prototipo de simulación en realidad virtual con el fin de otorgar una nueva herramienta a dichas sesiones.

En dicha herramienta, se asegura la participación tanto del usuario como del experto a cargo de la simulación, la cual consiste en un tutorial, una zona de descanso y una sala de clases, teniendo en cuenta los requerimientos específicos proporcionados por COANIQUEM, los cuales fueron adaptados para entregar la mejor solución posible. En este sentido, se logró diseñar una herramienta que no solo aborda las necesidades del usuario, sino que también se ajusta a los lineamientos establecidos por la organización.

Cabe mencionar el especial énfasis que se realizó al momento de diseñar las acciones que puede realizar el usuario, priorizando su autonomía y control de la simulación en cualquier momento, tomando decisiones en base a esto para fortalecer la inmersión del usuario en este ambiente virtual, incluyendo tanto su control en el tutorial como el control en la sala de clases. A su vez, se agregaron en medio del desarrollo más características que guían al usuario a que su experiencia sea lo menos alterada por el supervisor y que pueda ser realizada sin ayuda de este.

Durante el desarrollo de este proyecto, fue necesario investigar sobre las herramientas complementarias utilizadas en el proyecto y sobre el uso de Unity como plataforma principal junto al uso del paquete *XR Interaction Toolkit*. Asimismo, se llevaron a cabo lecturas sobre los usos y la efectividad de la realidad virtual en simulaciones, considerando decisiones de diseño que sean un aporte para la simulación.

Luego, se logró desarrollar el proyecto tomando en consideración todos los comentarios mencionados por parte de los expertos de COANIQUEM, discutiendo y mejorando decisiones tomadas previamente, y mejorando ciertos elementos en el desarrollo.

A partir de la solución desarrollada, se llevaron a cabo evaluaciones mediante pruebas de concepto, evaluando la funcionalidad tanto por parte del usuario de la simulación como por parte del supervisor de dicho proyecto. Esto con el objetivo de obtener retroalimentación y

analizar los resultados desde una perspectiva práctica.

Las respuestas entregadas por parte de los expertos de COANIQUEM, quienes evaluaron desde el punto de vista del supervisor, fueron positivas, destacando la inmersión de los ambientes de la simulación y las interacciones que se pueden realizar en estos lugares. Además, se hicieron comentarios relacionados con las expresiones de los personajes de la simulación, ofreciendo posibles mejoras para este aspecto.

Por otra parte, se validaron las funcionalidades del usuario utilizando a un grupo de personas para que realizaran la simulación, buscando validar específicamente la presencia física, social y personal de la persona. Los resultados fueron buenos en presencia física y personal, con resultados normales en el aspecto social. Se recibieron comentarios relacionados con la expresividad y vida de los personajes, así como comentarios sobre las dimensiones del mundo.

Con todo lo mencionado anteriormente, se puede decir que el objetivo general del proyecto fue cumplido, diseñando y desarrollando un prototipo de simulación para llevar a cabo las sesiones de reinserción social con los expertos de COANIQUEM. Donde se llevó a cabo un diseño considerando los requerimientos de COANIQUEM y donde se priorizó la inmersión y autodeterminación de los usuarios al momento de llevar a cabo el desarrollo de la simulación.

Durante el desarrollo y después de analizar los resultados de la evaluación, se identificaron elementos que representaron oportunidades de mejora para futuras iteraciones del proyecto. A continuación, se mencionarán algunos de los elementos más relevantes que surgieron, con el objetivo de utilizarlos como directrices en un posible trabajo futuro.

El principal aspecto a considerar en el trabajo futuro es la mejora del componente social de la simulación. Según los resultados de las encuestas de usuarios y supervisores, se observó que dicho componente se percibe generalmente como neutral. Además, los comentarios de los expertos de COANIQUEM hacen hincapié en la expresividad general (rasgos faciales y expresiones de movimiento) y el comportamiento de los compañeros de clase. Por lo tanto, se espera que en futuras iteraciones se logre una mayor realismo en este aspecto, tanto en los compañeros como en la profesora, con el fin de generar una mayor inmersión social para el usuario en la simulación. Es importante tener en cuenta que las interacciones sociales son un elemento clave que puede afectar la inmersión, y su falta de realismo puede generar el efecto contrario al deseado, rompiendo la sensación de conformidad y espacio controlado que se busca.

Aunque la solución actual cuenta con controles consistentes para el usuario, es importante destacar que el supervisor de la simulación tiene un nivel limitado de control y visibilidad sobre lo que ocurre en ella. Sería interesante considerar la posibilidad de reevaluar las necesidades del supervisor durante el transcurso de la simulación, proporcionándole herramientas que le permitan obtener una experiencia valiosa para sus análisis. Entre las opciones preliminares, se podrían considerar alternativas que brinden al supervisor un mayor control sobre lo que puede observar en la simulación. Actualmente, la visión del supervisor se limita a lo que ve el usuario en un panel, por lo que se podría explorar la opción de otorgarle la capacidad

de controlar ciertos eventos dentro de la simulación sin afectar la experiencia del usuario y de tener un mejor control de las cosas que él ve. De esta manera, el supervisor tendría una participación más activa y una visión más completa de los aspectos relevantes de la simulación, lo que enriquecería su análisis.

Además, existen componentes relacionados con la inmersión que requieren una mejora continua, ya que agregar realismo e interacciones añade valor a la simulación, por lo que esto es un trabajo con mucho potencial. Por ejemplo, se puede considerar la implementación de más interacciones con los compañeros de clase, así como lograr un mayor realismo en los elementos de la sala de clases y sus interacciones entre sí.

Como último punto, la evaluación con participantes objetivos, específicamente niños de COANIQUEM, es algo que se considera como trabajo futuro, con el fin de obtener sus respuestas y realizar una comparación de los resultados entre las personas de la universidad y los niños, para ver si existen diferencias notables en la simulación.

La inclusión de niños de COANIQUEM como evaluadores permitiría obtener perspectivas más directas y relevantes sobre la simulación, ya que son el público objetivo principal. Sus opiniones y experiencias podrían proporcionar información valiosa para identificar áreas de mejora y validar la efectividad de la simulación en cumplir sus objetivos.

El proyecto presentado en este informe representa un gran paso hacia la mejora de las sesiones de reinserción social para los niños y adolescentes de COANIQUEM. La simulación en realidad virtual ha demostrado su capacidad para crear entornos envolventes y efectivos. Se espera que este proyecto siga evolucionando, implementando y desarrollando las ideas comentadas en este capítulo, logrando eventualmente una nueva herramienta efectiva y funcional para COANIQUEM.

Bibliografía

- [1] COANIQUEM, “nuestra causa.”, <https://coaniquem.cl/es/nuestra-causa/>. Last accessed 26 June 2023.
- [2] MINSAL, “Guías clínicas auge gran quemado.”, http://www.bibliotecaminsal.cl/wp/wp-content/uploads/2016/04/GPC-GRAN-QUEMADO-FINAL-18-MARZO-2016_DIAGRAMADA.pdf. Last accessed 24 June 2023.
- [3] COANIQUEM, “quienes somos.”, <https://coaniquem.cl/es/quienes-somos/>. Last accessed 26 June 2023.
- [4] Association, A. P., “Social rehabilitation.”, <https://dictionary.apa.org/social-rehabilitation>. Last accessed 27 September 2022.
- [5] ScapinMaria, S. Q., Echevarría-Guanilo, E., Fuculo, P. R. B., Martins, J. C., da Ventura Barbosa, M., y Pereima, M. J. L., “Use of virtual reality for treating burned children: case reports.”, <https://www.scielo.br/j/reben/a/sgSQMwhknvYpYDnbMXsYnKp/?lang=en#>. Last accessed 27 September 2022.
- [6] Maani, C. V., Hoffman, H. G., Morrow, M., Maiers, A., Gaylord, K., y andPeter A. DeSocio, L. L. M., “Virtual reality pain control during burn wound debridement of combat-related burn injuries using robot-like arm mounted vr goggles.”, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4460976/>. Last accessed 27 September 2022.
- [7] Association, A. P., “Virtual reality therapy.”, <https://dictionary.apa.org/virtual-reality-therapy>. Last accessed 27 September 2022.
- [8] Rothbaum, B. O. y Schwartz, A. C., “Exposure therapy for posttraumatic stress disorder.”, <https://psychotherapy.psychiatryonline.org/doi/epdf/10.1176/appi.psychotherapy.2002.56.1.59>. Last accessed 27 September 2022.
- [9] Parsons, T. D. y Rizzo, A., “Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias: A meta-analysis.”, https://www.researchgate.net/publication/6120330_Affective_outcomes_of_virtual_reality_exposure_therapy_for_anxiety_and_specific_phobias_A_meta-analysis. Last accessed 27 September 2022.
- [10] García-Reyes, F. O., “Diseño y desarrollo de prototipo de aplicación en realidad virtual como complemento de terapias de exposición controlada para el manejo de fobias,” 2022.
- [11] Lindner, P., Miloff, A., Zetterlund, E., y Reuterskiöld, L., “Attitudes toward and familiarity with virtual reality therapy among practicing cognitive behavior therapists: A cross-sectional survey study in the era of consumer vr platforms.”, https://www.researchgate.net/publication/330968406_Attitudes_Toward_and_Familiarity_With_Virtual_Reality_Therapy_Among_Practicing_Cognitive_Behavior_Therapists_A

[Cross-Sectional_Survey_Study_in_the_Era_of_Consumer_VR_Platforms](#). Last accessed 27 September 2022.

- [12] Association, A. P., “Self determination theory.”, <https://dictionary.apa.org/self-determination-theory>. Last accessed 29 november 2022.
- [13] Huang, Y.-C., Backman, S. J., Backman, K. F., McGuire, F. A., y Moore, D., “An investigation of motivation and experience in virtual learning environments: a self-determination theory.”, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-018-9784-5>. Last accessed 29 november 2022.
- [14] García-García, E. S., Rosa-Alcázar, A. I., y Olivares-Olivares, P. J., “Virtual reality exposure therapy and internet in social anxiety disorder: A review.”, https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-48082011000200010#:~:text=La%20Terapia%20de%20Exposici%C3%B3n%20mediante,Trastorno%20por%20Ansiedad%20Fobia%20Social. Last accessed 27 September 2022.
- [15] Patrao, B., Pedro, S., y Menezes, P., “How to deal with motion sickness in virtual reality,” 2015.
- [16] Makransky, G., Lilleholt, L., y Anders, A., “Development and validation of the multimodal presence scale for virtual reality environments: A confirmatory factor analysis and item response theory approach,” *Computers in Human Behavior*, 2017.
- [17] Calvillo-Gamez, E. H., Cairns, P., y Cox, A. L., *Assessing the Core Elements of the Gaming Experience*, pp. 37–62. Cham, 2015, [doi:10.1007/978-3-319-15985-0_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-15985-0_3).

Anexos

Anexo A. Bocetos extras del tutorial

A continuación se muestran más bocetos creados en la etapa de desarrollo de la solución. Específicamente, de cada una de las caras principales pensadas para la mesa giratoria.

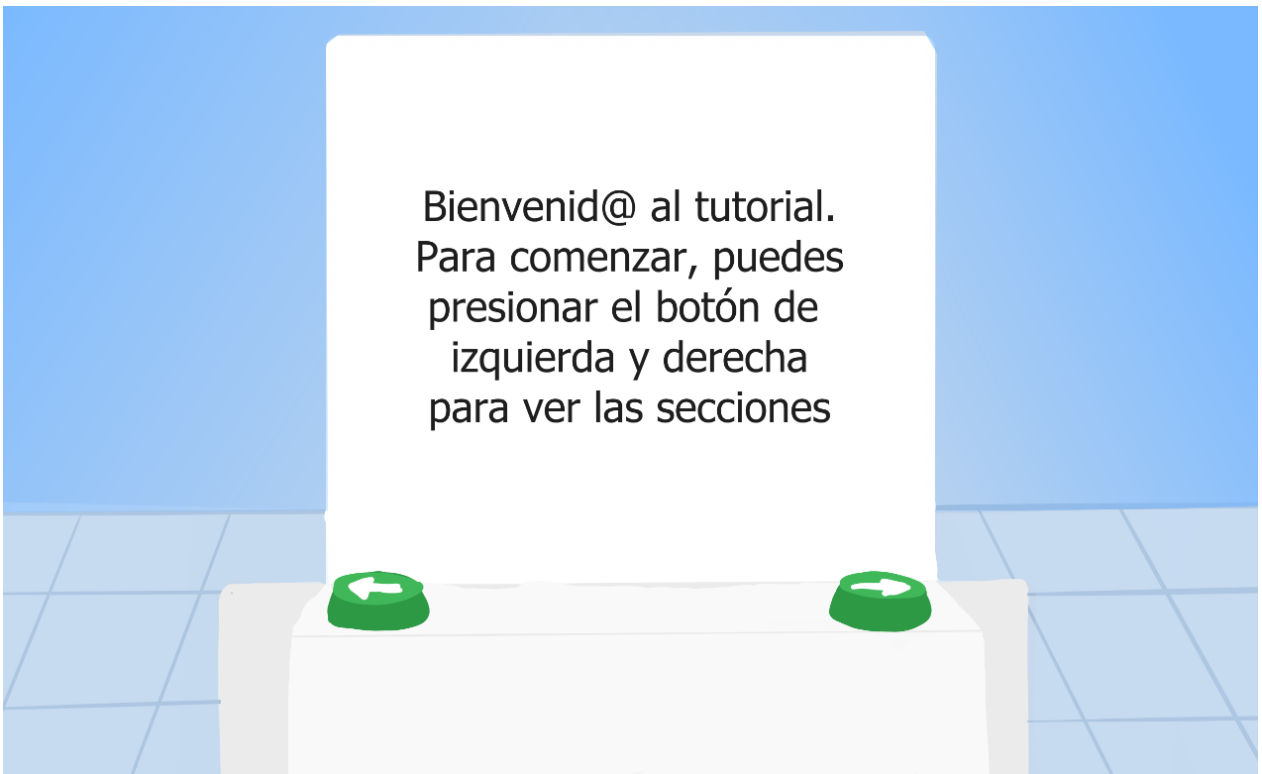


Figura A.1: Primera pantalla de la mesa giratoria

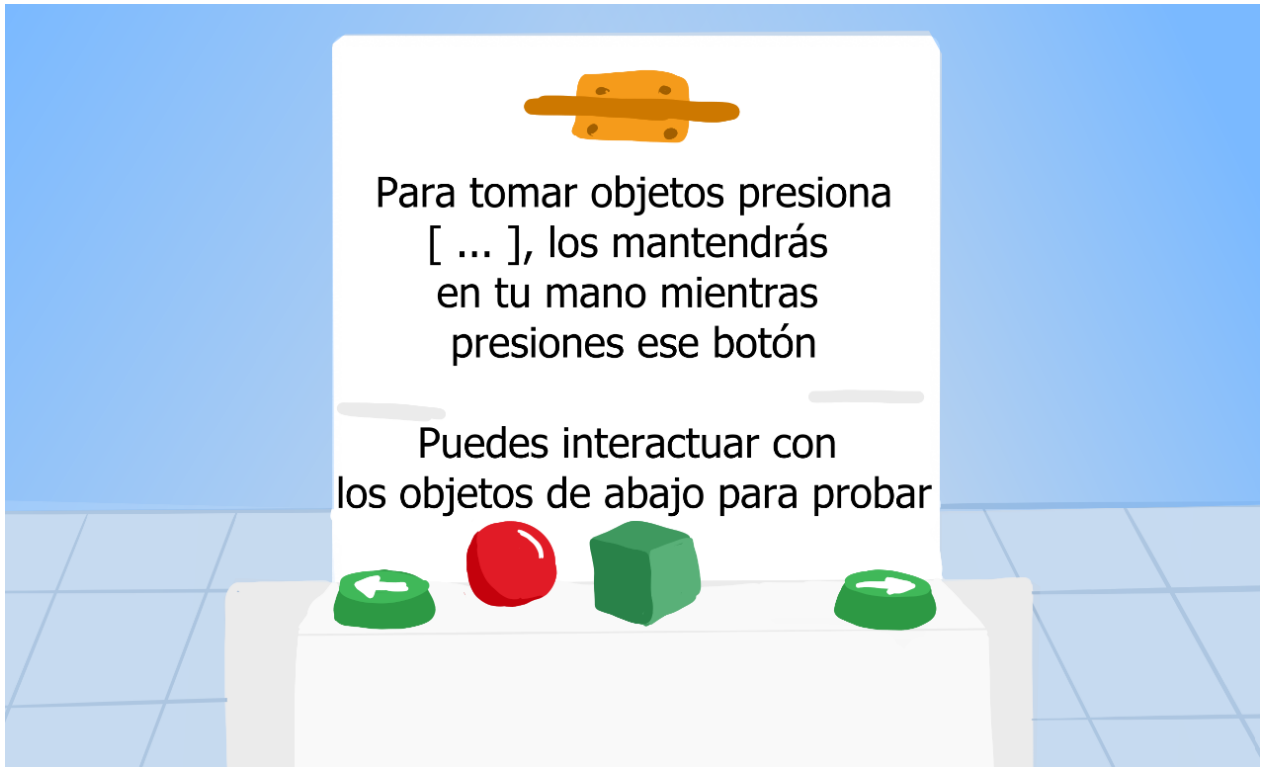


Figura A.2: Segunda pantalla de la mesa giratoria

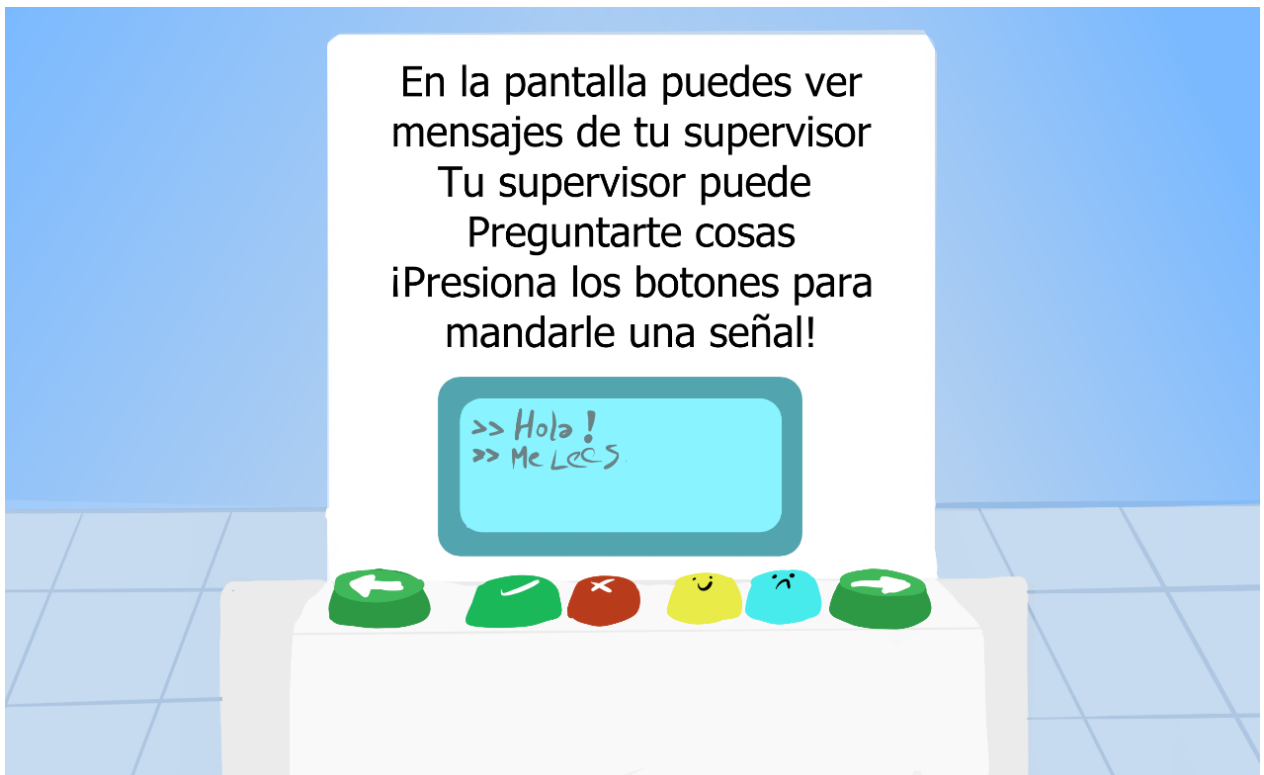


Figura A.3: Tercera pantalla de la mesa giratoria

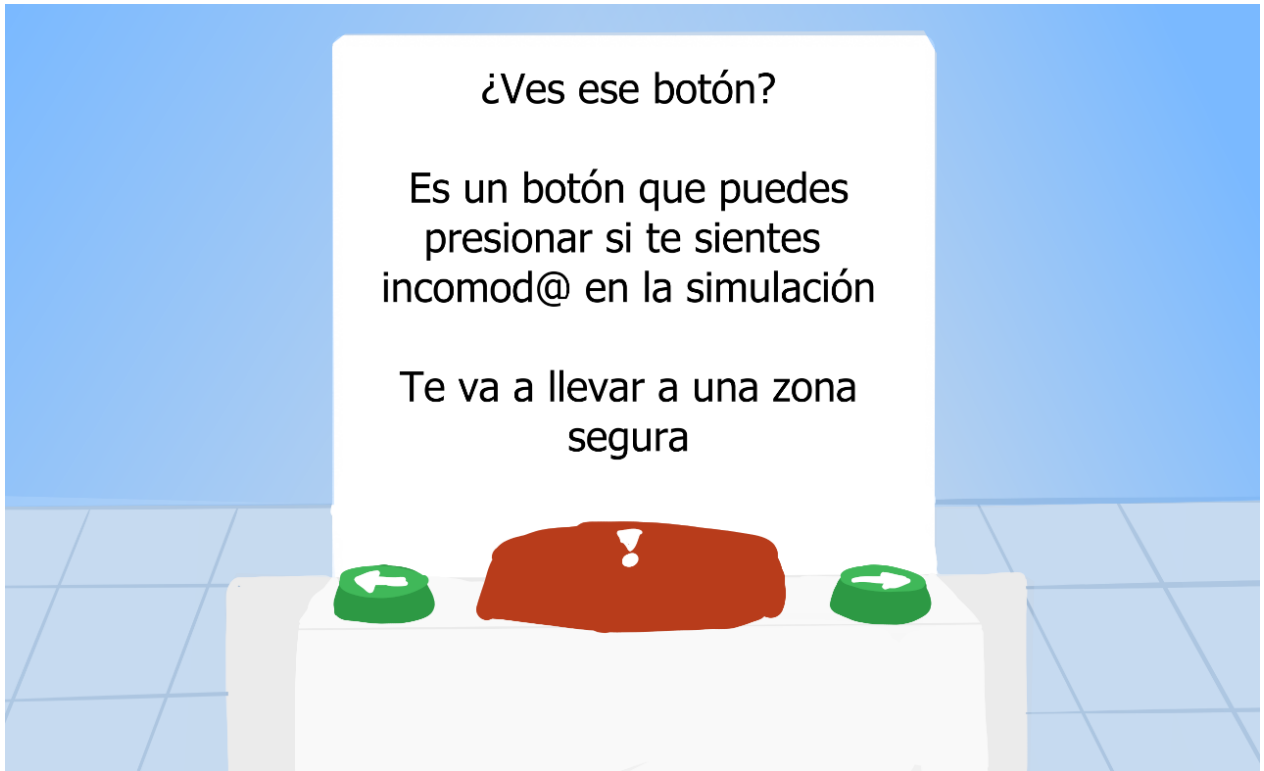


Figura A.4: Cuarta pantalla de la mesa giratoria

Anexo B. Créditos de modelos de internet

Como se mencionó en el informe, existen muchos modelos obtenidos en internet, a continuación se listarán sus fuentes para dar créditos a sus respectivos autores.

- Modelo de las manos: <https://drive.google.com/file/d/10b39IekUdpBHlcTslZ-B1NRyH5uqPUe1/view>
- Modelo del control de Oculus Quest 1: <https://sketchfab.com/3d-models/oculus-touch-33f27976ebbb4cd0a61ff5536722ccef>
- Silla de la zona tranquila: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/bench-seat-3d-model-1407057>
- Mesa de la zona tranquila: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/3d-model-collar-webb-console-1498243>
- Fuente de la zona tranquila: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/3d-fountain-1503749>
- Cartel de la zona tranquila: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/worn-wooden-sign-3ds-free/661068>
- Texturas del suelo: <https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/nature/terrain-textures-pack-free-139542>

- Árboles: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/vegetation/trees/conifers-botd-142076>
- Vegetación de la zona tranquila: <https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/nature/grass-and-flowers-pack-1-17100>
- Silla y mesa de la sala de clases: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/3d-model-chair-and-table-school-2033611>
- Marco de la ventana: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/free-window-3d-model/618624>
- Mesa de la profesora: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/desk-old-3d-1515224>
- Columpios: <https://www.cgtrader.com/free-3d-models/sports/equipment/swing-f0cba16e-b738-47c7-9582-e8a293a8428f>
- Juguete resbalador del patio: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/free-obj-model-slide/954510>
- Reloj de pared: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/wall-clock-3d-model-1166360>
- Tablon de anuncios: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/3d-note-board-2001727>
- Lápiz: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/3d-pencil-wood-1552568>
- Tarro de basura: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/3d-pbr-trash-bin-model-1194172>
- Goma: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/eraser-modeled-3d-model-1259084>
- Puerta: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/wooden-door-width-glass-3d-3ds/424148>
- Poster reglas de la clase: <https://www.educaplanet.com/educaplanet/2014/10/reglas-de-clase/>
- Pizarra: <https://sketchfab.com/3d-models/whiteboard-eff6059c0f654aa3a5ba5e10eb59591e>
- Avión de papel: <https://www.cgtrader.com/free-3d-models/aircraft/other/paper-plane-40a7a2c3-e666-46fa-bb16-b9e7447eb39f>
- Estuche: <https://sketchfab.com/3d-models/90s-nhl-pencil-case-07e5a1bc68f2433eb8fb3db3582ec3d9>
- Modelos personajes: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/distant-lands-free-characters-178123>
- Textura suelo de la sala: https://polyhaven.com/a/floor_tiles_08
- Textura de la pared de la sala: https://polyhaven.com/a/beige_wall_001