



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN DESARROLLO DE
VIDEOJUEGOS Y REALIDAD VIRTUAL

**Impacto de la colaboración en el aprendizaje usando
simuladores en Realidad Virtual con estudiantes de
microbiología**

RODRIGO SEPÚLVEDA DURÁN

Profesor Guía: BEN INGRAM

Profesor Co-guía: OLGA LOBOS

Memoria para optar al título de
Ingeniero en Desarrollo de Videojuegos y Realidad Virtual

Talca – Chile

28 diciembre, 2025



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN DESARROLLO DE
VIDEOJUEGOS Y REALIDAD VIRTUAL

**Impacto de la colaboración en el aprendizaje usando
simuladores en Realidad Virtual con estudiantes de
microbiología**

RODRIGO SEPÚLVEDA DURÁN

Profesor Guía: BEN INGRAM

Profesor Co-guía: OLGA LOBOS

Memoria para optar al título de
Ingeniero en Desarrollo de Videojuegos y Realidad Virtual

El presente documento fue calificado con nota: _____

Talca – Chile

28 diciembre, 2025

TABLA DE CONTENIDOS

	página
Tabla de Contenidos	I
Resumen	III
1. Introducción	1
1.1. Problema y oportunidad: Experiencias solitarias	2
1.2. Hipótesis	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Esquema del documento	3
2. Estado del arte	4
2.1. Estado actual de la realidad virtual	4
2.2. Estado de los simuladores de microbiología	4
2.2.1. Casos de estudio y productos relacionados	4
3. Marco teórico	7
3.1. Cómo la colaboración en realidad virtual afecta al aprendizaje	7
3.2. Principios de diseño	7
3.2.1. Retroalimentación	8
3.2.2. Práctica deliberada	9
3.2.3. Integración curricular	10
3.2.4. Medida de resultados	10
3.2.5. Fidelidad de la simulación	11
3.2.6. Adquisición de habilidades y mantenimiento	11
3.2.7. Dominar el aprendizaje	11
3.2.8. Transferencia a la práctica	11
3.2.9. Entrenamiento de equipo	11
3.2.10. Pruebas de alto riesgo	12
3.2.11. Entrenamiento del instructor	12
3.2.12. Contexto educativo y profesional	12

4. Metodología	13
4.1. Crear un simulador de laboratorio grupal y colaborativo en realidad virtual, implementando principios de diseño para simuladores de ciencias biomédicas	13
4.1.1. Desarrollo del modelo general	14
4.1.2. Lista de funciones	14
4.1.3. Plan y diseño por función resumido	15
4.1.4. Pulido	16
4.2. Aplicar la experiencia virtual en grupos de estudiantes de microbiología, de forma que se pueda medir el impacto del simulador en forma colaborativa e individual	16
4.3. Comparar los resultados y analizar como afectó la diferencia de acercamientos a las habilidades socioemocionales	17
4.3.1. Datos generales	17
4.3.2. Impacto de la simulación	19
4.3.3. Diferencias entre modalidades individual y colaborativa	21
4.4. Conclusiones	21
Bibliografía	24
A: Formularios	28
A.1. Formulario Pre-Intervención	28
A.1.1. Datos Generales	28
A.1.2. Motivación (Escala de Likert de 7 puntos)	28
A.1.3. Conocimiento (Selección múltiple)	28
A.2. Formulario Post-Intervención	29
A.2.1. Datos Generales	29
A.2.2. Presencia social (Escala de Likert de 7 puntos)	29
A.2.3. Presencia espacial (Escala de Likert de 7 puntos)	29
A.2.4. Motivación intrínseca (Escala de Likert de 7 puntos)	30
A.2.5. Trabajo en equipo (Escala de Likert de 7 puntos)	30
A.2.6. Conocimiento (Selección múltiple)	30

RESUMEN

En las ciencias de la salud, los dispositivos de realidad virtual han ayudado a los estudiantes a practicar y ensayar de forma realista, con el añadido de poder equivocarse sin dañar equipo o desperdiciar muestras, cosa especialmente importante para los estudiantes de microbiología, pues estos requieren una capacitación importante para mantener la seguridad en un laboratorio.

Sin embargo, actualmente muchos simuladores se diseñan para experimentarse de forma individual, creando una desconexión con el entorno real de las salas de clase. De esta forma se pierden aspectos importantes de la educación, como las habilidades interpersonales o los procedimientos específicos de la experiencia colaborativa.

Considerando este aspecto, podemos diseñar experiencias que incorporen a varios usuarios dentro de un espacio virtual compartido, de forma que las interacciones sociales y colaborativas no sean omitidas. Para investigar este punto, se desarrolló una simulación interactiva grupal en realidad virtual, y se aplicó en estudiantes de microbiología en modos individual y cooperativo, para obtener resultados comparativos.

La experiencia colaborativa mostró una mejora en las habilidades socioemocionales, como la motivación, el trabajo en equipo y la presencia social. Esto podría establecer un nuevo elemento de diseño para software educativo inmersivo, que tanto desarrolladores como instituciones podrían integrar para potenciar las habilidades mencionadas.

1. Introducción

La realidad virtual, o RV, son mundos digitales los usuarios pueden ingresar e interactuar de una forma completamente distinta a otros medios digitales, pues su objetivo es emular¹ la vida real, y extender sus límites según sea necesario.

Inicialmente una fantasía, pero que tras décadas de innovaciones tecnológicas, se ha convertido en realidad. En los años recientes, esta tecnología se ha vuelto más accesible, y con ello su adopción se ha vuelto natural para una gran diversidad de campos. Es en este punto en el que podemos contar con experiencia de uso y diversidad de acercamientos para hacer análisis comparativos, y así refinar el diseño de experiencias en el futuro. Mientras más exploramos los alcances y debilidades de la realidad virtual, más podremos mejorar el diseño para explotar estas herramientas a su máximo potencial.

En el campo de la educación, ya son varias las instituciones de educación superior que han incorporando herramientas de realidad virtual en su currículum. Así lo sugiere una encuesta realizada por Campus Technology, donde más del 50 % de instituciones de educación superior encuestadas han implementado tecnologías inmersivas, como realidad aumentada o realidad virtual [1]. Incluso para el caso específico de las ciencias de la salud, se ha investigado que el uso de herramientas de realidad virtual han mejorado las habilidades cognitivas de los estudiantes en comparación a aquellos que usaron métodos tradicionales de aprendizaje [2], además de en ciertos campos, como el estudio de la microbiología, resultar una alternativa más accesible en costos e infraestructura, a la vez que omite desperdicios y accidentes peligrosos.

¹RAE: Imitar las acciones de otro procurando igualarlas e incluso excederlas.

1.1. Problema y oportunidad: Experiencias solitarias

Un enfoque común al desarrollar simulaciones en RV es crear experiencias individuales, y aunque este acercamiento tiene sus propias fortalezas, en el caso de la educación se crea una desconexión con el contexto real de las aulas. Esta forma de diseñar omite aspectos relevantes como el trabajo en equipo y la cooperación, sin ofrecer alguna alternativa.

Un enfoque colaborativo mediante simulaciones grupales podría significar un avance en la forma en que se diseñan experiencias de este tipo, por lo que resulta interesante el investigar si es que realmente existe una diferencia relacionada a este elemento, y en tal caso, que tanto impacta en los estudiantes.

Si bien existen simuladores de laboratorio grupales, públicos, y de acceso gratuito, como OneLab VR o maZoneLab, ninguno de estos está adaptado al idioma español, lo que hace complicado usarlos con la mayoría de estudiantes locales. En tal caso, parece más conveniente el crear una alternativa adaptada al español, y enfocada al propósito de la investigación.

1.2. Hipótesis

Las simulaciones utilizando RV pueden mejorar las habilidades socioemocionales de estudiantes de microbiología, en comparación a simulaciones individuales.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el impacto en las habilidades socioemocionales de la colaboración en simuladores de RV, comparándolo con simulaciones solitarias.

1.3.2. Objetivos específicos

- Crear un simulador de laboratorio grupal y colaborativo en realidad virtual, usando principios de diseño para simuladores de ciencias biomédicas.
- Aplicar la experiencia virtual en grupos de estudiantes, de forma que se pueda

medir el impacto del simulador en las modalidades colaborativa e individual.

- Registrar el el impacto en las habilidades socioemocionales de los participantes en ambas circunstancias.
- Comparar los resultados y analizar como afectó la diferencia de acercamientos a las habilidades socioemocionales.

1.4. Esquema del documento

Se presentará primero el estado del arte, describiendo la actualidad de la realidad virtual, y los simuladores de laboratorios microbiológicos en la educación. Para luego describir el marco teórico dentro del cual se diseñará el simulador, basado principalmente en los 12 principios de diseño descritos por McGaghie *et al* [3]. A continuación se describirán los métodos para abordar cada objetivo específico, para finalizar con la descripción de un diseño conceptual integrando las recomendaciones y objetivos. [ACTUALIZAR AL FINAL]

2. Estado del arte

2.1. Estado actual de la realidad virtual

A inicios de siglo, la realidad virtual no era más que un campo de estudio o curiosidad alejada de la mayoría de personas del común, sin embargo, en la década pasada las innovaciones y el desarrollo tecnológico generó un interés creciente por estas nuevas herramientas, el cual comenzó a ser explotado comercialmente por compañías como Samsung, Microsoft, Google, y Oculus, que posteriormente sería adquirida por Meta [4, 5]. De esta forma, hoy la realidad virtual se ha logrado integrar de diversas maneras y a distintos campos, tales como la simulación industrial, educación, salud, y entretenimiento [6].

2.2. Estado de los simuladores de microbiología

Uno de los desafíos para los estudiantes de microbiología es familiarizarse y aprender a usar las diversas herramientas en un laboratorio, de esta forma, han surgido varias alternativas (no solo en realidad virtual) para capacitar a los alumnos.

2.2.1. Casos de estudio y productos relacionados

- **VUMIE** se describe a si mismo como un "simulador de vuelo" para el laboratorio de microbiología. Aunque si bien esta herramienta no usa la realidad virtual, es una adaptación web del mismo concepto que otros simuladores, presentando un laboratorio virtual donde los estudiantes pueden aprender y realizar procedimientos técnicos, con interacciones hechas por mouse, tales como apuntar, pulsar, o arrastrar [7].

La introducción de VUMIE produce mejoras en conocimiento, habilidades prácticas y confianza, de forma similar a introducciones en laboratorios reales, con la diferencia de que la opción virtual es menos costosa e invita a la práctica reiterativa [8].

- **Labster** es similar a VUMIE en forma, pues también se trata de una simulación inmersiva e interactiva sin usar realidad virtual, pero que expande en variedad de campos, presentando varios y diversos cursos centrados alrededor de un tema o actividad. Si bien abarca más que solo microbiología, los cursos relacionados a este campo también presentan un laboratorio virtual donde se pueden aprender y practicar procedimientos técnicos, con interacciones hechas por mouse [9].

Al igual que VUMIE, Labster tiene resultados similares a introducciones en laboratorios reales [10].

- Otros desarrollos de simuladores con objetivo de estudio, como el realizado por E. Chitra y otros [11], han incursionado en la realidad virtual, en este caso, usando dispositivos HMD¹ para mostrar una recreación virtual de un laboratorio real. El mismo caso, además, se inspiraba en la teoría del aprendizaje experimental de Kolb, enfocándose en la experimentación activa, la experiencia concreta, la observación reflexiva, y la conceptualización abstracta [13].

Simuladores de este tipo presentan nuevas dimensiones de interacción tanto visual, como sonora y espacial, además de ser poder ser más inmersivo y fidedigno que otros acercamientos.

- Como opción en RV destaca el caso de **OneLab VR**, un simulador de laboratorio en realidad virtual, que presenta varias actividades y lecciones rápidas para aprender en un edificio con 12 laboratorios distintos. No solo OneLab VR presenta una simulación e interacciones realistas, sino que también incluye la opción de varios jugadores, siendo esta una instancia que cumple con los principios de diseño planteadas para la investigación, salvo por la localización, ya que no cuenta con traducción al español [14].

Se puede observar un panorama mixto en cuanto a los simuladores de microbiología

¹HMD o "Head Mounted Display" se refiere a dispositivos que se portan en la cabeza y muestran una pantalla cubriendo la visión del usuario, otorgando así una mayor inmersión [12].

en la actualidad. Acercamientos web como VUMIE y Labster han tenido un gran desarrollo, incluso desde antes que se empezara a explotar la realidad virtual, ofrecen una aproximación de un laboratorio real por medio de actividades poco inmersivas, pero más accesibles, mientras que por otra parte, los simuladores que si hacen uso de la realidad virtual también suelen tener menos contenido, al ser más caros de desarrollar, pero muestran que el interés por su evolución está presente, ya que se pueden encontrar casos que intentan explotar todas las capacidades del nuevo medio.

3. Marco teórico

3.1. Cómo la colaboración en realidad virtual afecta al aprendizaje

El aprendizaje colaborativo en realidad virtual puede aportar de distintas maneras a una educación más completa. Por ejemplo, puede crear un ambiente más estimulante y motivador para los alumnos, proporciona una forma de educar e interactuar de forma remota e inmersiva, entrega espacios interdisciplinarios para el aprendizaje y colaboración, ayuda a desarrollar habilidades sociales, y es compatible con paradigmas y acercamientos enfocados al aprendizaje colaborativo [15].

Adicionalmente, se ha investigado el comportamiento de alumnos de noveno grado en experiencias de realidad virtual grupales con foco educativo, obteniendo resultados positivos, sugiriendo así que diseños de simuladores grupales podrían integrarse en las salas de clase con resultados similares [16].

La literatura sugiere que el acercamiento enfocado en la colaboración puede aportar a una educación más completa, reflejándose principalmente en mejoras en la fidelidad, accesibilidad, y habilidades interpersonales de los estudiantes.

3.2. Principios de diseño

El diseño de la simulación, así como de niveles, mecánicas, dinámicas, objetivos y contexto va a ser trabajado considerando las 12 características y buenas prácticas planteadas por McGaghie *et al* [3], en su investigación sobre la educación médica basada en simulaciones, además de otros estudios mencionados dentro de este a

discreción. De esta forma, se intenta obtener un producto final competente en su misión.

3.2.1. Retroalimentación

McGaghie plantea la deconstrucción de la retroalimentación en tres elementos centrales: variedad, fuente e impacto.

Variedad

La variedad se refiere al tipo de retroalimentación, es decir, formativa o sumativa. También se menciona que, en la mayoría de simuladores, la retroalimentación es formativa ya que coincide con el objetivo didáctico/práctico de estas experiencias.

Sobre la retroalimentación formativa, Rudolph *et al* plantea un modelo de 4 pasos para la retroalimentación efectiva con grupos [17]:

1. Notar diferencias sobresalientes en el desempeño relacionado a objetivos.
2. Proveer retroalimentación describiendo la diferencia de forma respetuosa y directa.
3. Investigar los orígenes de diferencia al explorar el contexto que está contribuyendo al desempeño actual.
4. Ayudar a cerrar la diferencia a través de discusión sobre principios y habilidades relevantes al desempeño.

Adicionalmente, también se menciona el trabajo de Salas *et al* [18] donde describen 12 buenas prácticas y recomendaciones para las reuniones de retroalimentación de equipos médicos, estos puntos pueden aplicarse en forma parcial a las simulaciones en realidad virtual, al momento de entregar retroalimentación. De estas se pueden rescatar:

1. Asegura que los miembros se sientan cómodos durante la intervención.
2. Entrega retroalimentación de resultados más tarde y menos frecuente que la retroalimentación de procesos

3. Acortar el tiempo entre el desempeño y la retroalimentación tanto como se pueda

Fuente

La fuente de donde proviene la retroalimentación es también parte importante en la recepción del mensaje. Fanning y Gabba también se refieren al rol de la retroalimentación en el aprendizaje [19], mencionando que esta puede venir de varias fuentes, como un capacitador entrenado, el dispositivo de simulación, y video o registros digitales. Pero que últimamente, cada fuente tiene sus fortalezas y debilidades, por lo que una combinación de diversas fuentes podría otorgar mejores resultados.

Impacto

Cuando la retroalimentación es efectiva, su impacto en los estudiantes es evidente, o así sugieren estudios relacionados al impacto. Domuracki *et al* presentan un caso en el que se comparaban simulaciones con y sin retroalimentación de la fuerza que se aplicaba sobre el paciente [20], donde aquellos que practicaron con la retroalimentación de fuerza también obtuvieron un mayor impacto positivo en su desempeño. Es importante entonces, que la retroalimentación sea útil, y tenga unos objetivos y medidas claras.

La retroalimentación es uno de los aspectos más importantes para un correcto aprendizaje, teniendo todo esto en cuenta, podemos diseñar un sistema de retroalimentación que sea efectivo, útil, y claro, pudiendo así mejorar las habilidades de los participantes de forma activa.

3.2.2. Práctica deliberada

McGaghie describe la práctica deliberada como una propiedad importante y poderosa de la educación medica basada en simuladores, ya que permiten moldear, refinar y mantener conocimientos, habilidades y actitudes. También menciona una serie de características que la práctica debe poseer para conseguir sus objetivos [21]:

1. Practicantes motivados con buena concentración.
2. Objetivos o tareas bien definidos.

3. Nivel apropiado de dificultad.
4. Práctica concentrada y repetitiva.
5. Medidas rigurosas y precisas.
6. Retroalimentación informativa.
7. Los practicantes se auto supervisan y corrigen estrategias, errores, y niveles de entendimiento.
8. Evalúa para llegar a un estándar de maestría.
9. Avanza a otra actividad o unidad.

La práctica es una actividad importante para no solo adquirir conocimiento, sino también interiorizarlo y perfeccionar procedimientos y estrategias. Es importante tener estos elementos en consideración al momento de diseñar las dinámicas dentro del simulador, y poner un foco en la práctica constante de tareas repetitivas.

3.2.3. Integración curricular

Se menciona la importancia de que el aprendizaje basado en simulaciones sea acompañado por el resto de elementos de una educación formal y profesional. La forma en que se incluya el producto final dentro del plan de estudios se podría coordinar con una institución de educación superior, que sería la forma ideal al momento de aplicar y evaluar el simulador.

3.2.4. Medida de resultados

Es esencial que las medidas sean confiables para otorgar una retroalimentación precisa y útil. Para una medida confiable es necesario disminuir el ruido de la medida, es decir, errores aleatorios y despreciables [22].

Se puede intentar disminuir el ruido producido por las mecánicas y dinámicas de la simulación en realidad virtual al hacer pruebas durante el desarrollo y observar aquellas que generen fricción al usuario, o errores generados por el propio simulador, y realizar iteraciones para ajustarse a los usuarios.

3.2.5. Fidelidad de la simulación

Las simulaciones pueden tener distintos niveles de fidelidad, pero esto debe coincidir con los objetivos de la misma. En este caso, el medio está enfocado a la realidad virtual, pero esta misma puede tener varios niveles de fidelidad, realismo, y profundidad de interacciones. Es importante que al definir el objetivo se tenga en consideración también que nivel de fidelidad se requerirá para conseguirlo, puesto que no todas las habilidades requieren el mismo nivel de precisión o realismo para adquirirse.

3.2.6. Adquisición de habilidades y mantenimiento

Los simuladores están principalmente enfocados en la habilidad clínica, sin embargo, McGaghie también menciona otros tipos de habilidades, como la comunicación, o la sensibilidad cultural. Por otro lado, hay poca información en cómo estas habilidades perduran en el tiempo con y sin práctica habitual.

Para el caso que se está desarrollando, el foco está establecido en las habilidades prácticas, cognitivas y socioemocionales, aunque de forma introductoria, por lo que se omitirá darles seguimiento.

3.2.7. Dominar el aprendizaje

Se alienta a establecer una ruta de aprendizaje con dificultad creciente, marcando los estándares mínimos y superiores, de forma que los alumnos puedan progresar mediante la práctica o el estudio hasta alcanzar la maestría de la habilidad.

3.2.8. Transferencia a la práctica

El objetivo de practicar en simuladores es tener mejores resultados en entornos reales, por lo que se invita a realizar estudios que consideren instancias en estos contextos, que en este caso no se abarcarán.

3.2.9. Entrenamiento de equipo

Salas *et al* indica que la comunicación es la causa raíz de alrededor de 70 % de los errores en prácticas clínicas, además de mencionar 8 principios críticos para el entrenamiento de equipo en el cuidado de la salud [23]. De estos principios, se pueden rescatar algunos para apoyar el aprendizaje colaborativo en realidad virtual:

1. Enfocarse en competencias críticas del trabajo en equipo.
2. Diseñar en colaborar para mejorar procesos de equipo.
3. Proveer práctica guiada y activa.
4. Garantizar la pertinencia de la capacitación para el entorno de transferencia.
5. La retroalimentación debe ser descriptiva, oportuna, y relevante.

3.2.10. Pruebas de alto riesgo

Los simuladores pueden usarse como requerimientos para completar cursos o recibir certificaciones, sin embargo, este aspecto se escapa del alcance de la investigación, pues arriesgaría a los participantes con una herramienta novedosa.

3.2.11. Entrenamiento del instructor

El instructor dentro de la simulación puede ser una excelente fuente de retroalimentación y experiencia, aún así, McGaghie menciona que los mecanismos para entrenar instructores es poco uniforme, y más investigación es necesaria en este aspecto.

Pese a que no hay conclusiones fuertes sobre el entrenamiento de los instructores, dentro de una clase este rol cae sobre los profesores, quienes si poseen un entrenamiento estandarizado. Podemos trasladar esta dinámica de las prácticas en laboratorios reales a la realidad virtual, asignando el rol de instructor a profesores de microbiología.

3.2.12. Contexto educativo y profesional

Schuwirth *et al* [24] argumentan que 'La autenticidad debe tener una alta prioridad al diseñar programas de evaluación de competencias profesionales. Esto significa que las situaciones en las que se evalúa la competencia de un candidato deben asemejarse a la situación en la que dicha competencia realmente deberá utilizarse.'

Esto nos da una clara guía para crear los escenarios en una experiencia en realidad virtual, enfocándose en la representación realista.

4. Metodología

Para cumplir los objetivos de la investigación, se describirán los métodos y parámetros para cada uno de estos:

4.1. Crear un simulador de laboratorio grupal y colaborativo en realidad virtual, implementando principios de diseño para simuladores de ciencias biomédicas

Se utilizó el motor Unity 6 para el desarrollo del simulador, pues este posee herramientas accesibles para el desarrollo en realidad virtual, como plantillas de inicio [25], y documentación de sus paquetes relacionados.

Como plataforma objetivo se eligió los visores Meta Quest 2 debido a ser dispositivos HMD, proveyendo una inmersión superior, además de ser lo suficientemente potente como para incluir más elementos en el escenario sin comprometer el rendimiento, y poseer controles con retroalimentación háptica¹.

Como metodología de desarrollo de software, se siguió un desarrollo guiado por funciones, o FDD por sus siglas en inglés. Se escogió esta opción para obtener un producto que disponga de las distintas interacciones entre objetos del laboratorio, y funciones adicionales que requiere el estudio, en un tiempo corto de desarrollo.

¹RAE: Táctil.

4.1.1. Desarrollo del modelo general

Como base del diseño, se trabajó en conjunto con la Universidad de Talca para adaptar a la RV una de sus actividades de laboratorio que ya incorporaba el trabajo en equipo. La actividad práctica de agentes físicos y químicos antimicrobianos resultaba ideal, pues tiene un bajo nivel de entrada, permite interactuar con distintos utensilios y equipo de laboratorio, requiere de procedimientos de seguridad, y tiene un enfoque colaborativo, aunque para este estudio, se limitará a la primera sección de la actividad, que abarca únicamente al calor húmedo. Para adaptar correctamente la actividad, y pulir las interacciones, se siguieron las guías propuestas por McGaghie *et al* [3] y estudios relacionados.

Los dominios principales para el desarrollo son: controles del jugador, conexión multijugador, e interacciones entre objetos.

4.1.2. Lista de funciones

Controles del jugador

- Moverse a través del escenario
- Girar la cámara
- Agarrar objetos con las manos
- Activar objetos agarrados
- Pulsar botones con las manos

Conexión multijugador

- Crear sala compartida
- Obtener lista de salas
- Ingresar a sala compartida
- Salir de sala compartida

Interacciones entre objetos

- Dividir placa de Petri en 3 partes con el lápiz marcador

- Separar placa de Petri de su tapa
- Abrir válvula de gas
- Encender mechero Bunsen usando el chispero
- Esterilizar asa bacteriológica en el mechero Bunsen
- Obtener muestra desde el tubo usando el asa bacteriológica
- Sembrar muestra en placa de Petri usando el asa bacteriológica
- Ebulir agua en vaso de precipitado usando trípode y mechero Bunsen
- Calentar tubos en el vaso de precipitado
- Incubar placas de Petri en la incubadora

4.1.3. Plan y diseño por función resumido

Controles del jugador

Usando la plantilla para videojuegos multijugador en RV se obtuvieron todas las funciones listadas, aunque se aplicaron algunas modificaciones para limitar las funciones innecesarias como escalar o tele-transportarse, entre otras.

Conexión multijugador

Para no interrumpir la inmersión, los jugadores pueden generar e ingresar a salas multijugador a través de una consola presente en el escenario, y controlada mediante botones. Para diferenciar las salas, estas generan un nombre aleatorio combinando un sustantivo y un verbo de una lista de 20 opciones para cada elemento.

Interacciones entre objetos

Para mantener coherencia y realismo, los objetos mantienen propiedades físicas, pudiendo caer, ser empujados y conservar inercia, entre otras. Mientras que para las interacciones específicas, se hizo uso de diversas mecánicas como agarrar, activar, mover, insertar, y pulsar.

Algunos objetos conservan cierta información para su correcto funcionamiento, como la cantidad de tiempo que una muestra ha sido calentada, si el asa bacteriológica

se encuentra esterilizada o contaminada, si el mechero Bunsen está encendido, entre otras.

Mediante iteraciones se fue puliendo e integrando retroalimentación a cada elemento que lo requiera, de forma que los estudiantes puedan entender los procesos. Algunos ejemplos de retroalimentación son: brillos cuando se completa una tarea, sonidos de objetos funcionando, una interfaz de reloj señalando el tiempo que cada tubo ha sido calentado, burbujas saliendo del vaso cuando está hirviendo, entre otras.

Tras la construcción inicial de cada interacción, se realizaron más pruebas para comprobar su correcto funcionamiento, y corroborar que se pudieran completar tanto de forma individual como multijugador, con especial atención a la sincronización en línea.

4.1.4. Pulido

Como detalles finales, se incorporaron al escenario algunas funciones adicionales, como un botón para reiniciar el nivel, música de fondo, y modelos 3D de microorganismos con el objetivo de crear una experiencia más cómoda e interesante para los usuarios.

4.2. Aplicar la experiencia virtual en grupos de estudiantes de microbiología, de forma que se pueda medir el impacto del simulador en forma colaborativa e individual

Como usuarios se escogió a un curso de 64 estudiantes de microbiología, quienes experimentaron la actividad por 15 minutos en 4 grupos de 10, y 2 de 12, de entre los cuales 8 alumnos eran instados a formar parejas dentro de la simulación. Durante la realización del experimento se permitió que aquellos que no pudieran establecer conexión debido a problemas técnicos pudieran realizar la actividad de forma individual. Adicionalmente, hubieron 2 instructores para guiar a los participantes y resolver sus dudas o problemas: una profesora de microbiología y el desarrollador de la experiencia.

Para medir el impacto del simulador se aplicó un formulario previo a la intervención, y otro posterior. Ambos formularios tienen un foco en habilidades socioemocionales,

complementando con datos generales, y conocimiento relacionado a la actividad:

El primero está compuesto de preguntas generales, más una selección de preguntas de los cuestionarios MSQ[26] y AMS[27], para medir la **motivación** y disposición a aprender, y 5 preguntas relacionadas al **conocimiento** de la actividad.

El segundo se compone de preguntas generales, más una selección de preguntas de los cuestionarios Networked Minds, para medir la **presencia social**[28], IPQ, para medir la **presencia espacial**[29], IMI, para medir la **motivación** intrínseca relacionada con la actividad[30], TeamSTEPPS, para medir el **trabajo en equipo**[31], además de repetir las preguntas relacionadas al **conocimiento**.

Las preguntas sobre conocimiento están ligadas a la progresión de la actividad, desde la identificación de objetos, pasando por la manipulación y funciones de los mismos, hasta las propiedades de distintos microorganismos.

4.3. Comparar los resultados y analizar como afectó la diferencia de acercamientos a las habilidades socioemocionales

Debido a errores humanos, la cantidad de respuestas en el formulario posterior a la intervención se redujo a 30, de las cuales 23 corresponden a modalidad cooperativa y 7 a individual.

4.3.1. Datos generales

En el formulario previo a la intervención, los participantes registraron edades en el rango entre los 19 y 27 años, y como se muestra en la Figura 4.1, hay una gran mayoría de mujeres jóvenes con poca experiencia previa en RV.

Comparando los resultados promedio en el test previo a la intervención, según edad y género, no se puede observar diferencias significativas, como se muestra en la Figura 4.2. Se omiten las diferencias relacionadas a la experiencia al no haber suficiente variedad para obtener resultados.

Debido a no encontrar discrepancias relacionadas a los datos generales, estos se descartan como irrelevantes.

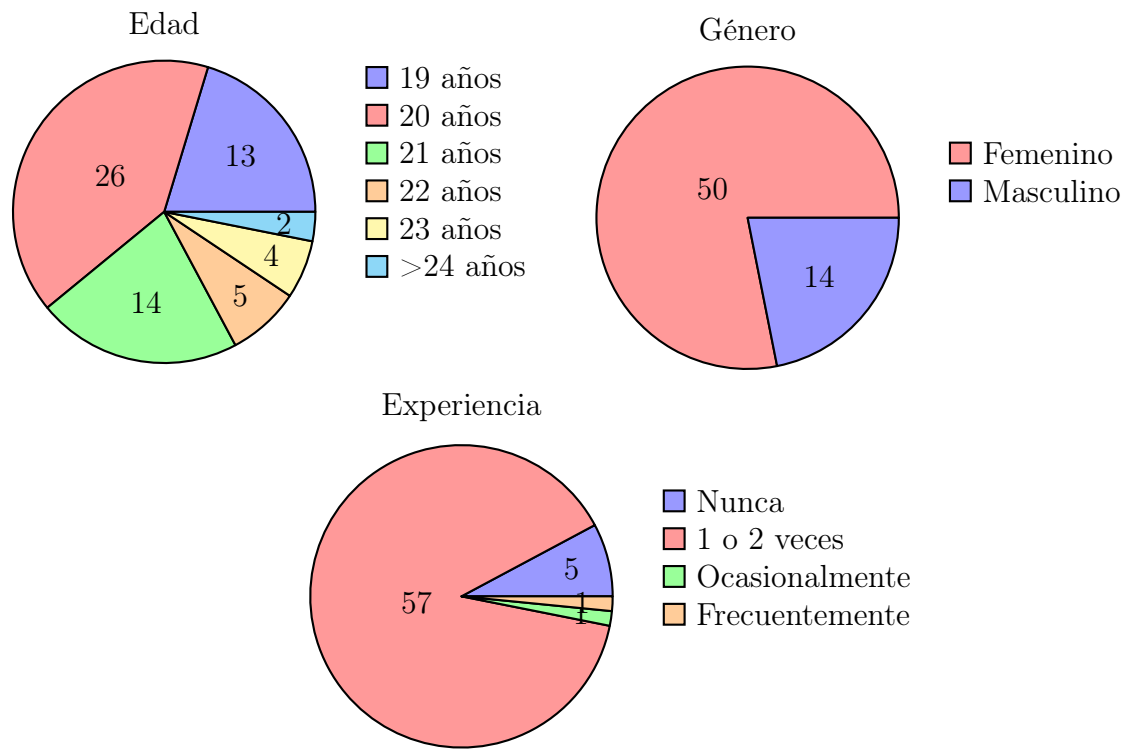


Figura 4.1: Distribución de Datos Generales

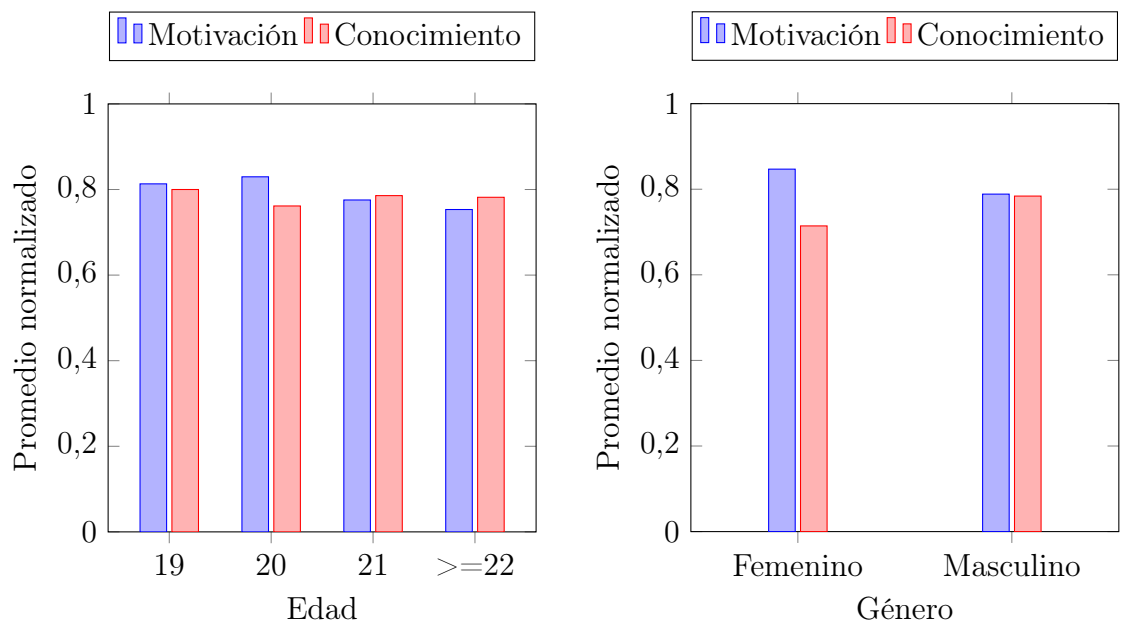


Figura 4.2: Relación entre Datos Generales

	t	p
Interés en aprender	-1.939	0.058
Esfuerzo por comprender	-0.081	0.936
Motivación general	0.6124	0.5437

Tabla 4.1: Resultados T de Welch en motivación pre y post intervención

4.3.2. Impacto de la simulación

Motivación

Dentro de las preguntas relacionadas a la motivación, en los formularios previo y posterior a la intervención, se encuentran dos escalas comunes que describen respectivamente el interés y esfuerzo en aprender. Comparando los resultados generales, y específicos de las escalas comunes, usando la prueba t de Welch, se obtienen los resultados de la Tabla 4.1.

Estos resultados describen una diferencia general y de esfuerzo no significativa, mientras que el interés muestra una mejora marginalmente significativa, como se pueden apreciar en las Figuras 4.3 y 4.4.

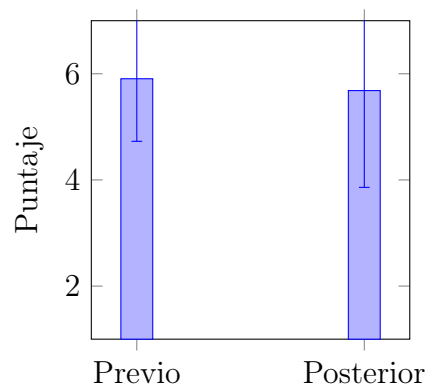


Figura 4.3: Resultados generales en motivación

Conocimiento

Usando la prueba t de Welch con los resultados de las preguntas relacionadas al conocimiento se obtuvieron valores $t = 0.8538$, y $p = 0.3968$, lo que describe una diferencia no significativa, que también se puede apreciar visualmente en la Figura 4.5, con resultados prácticamente idénticos.

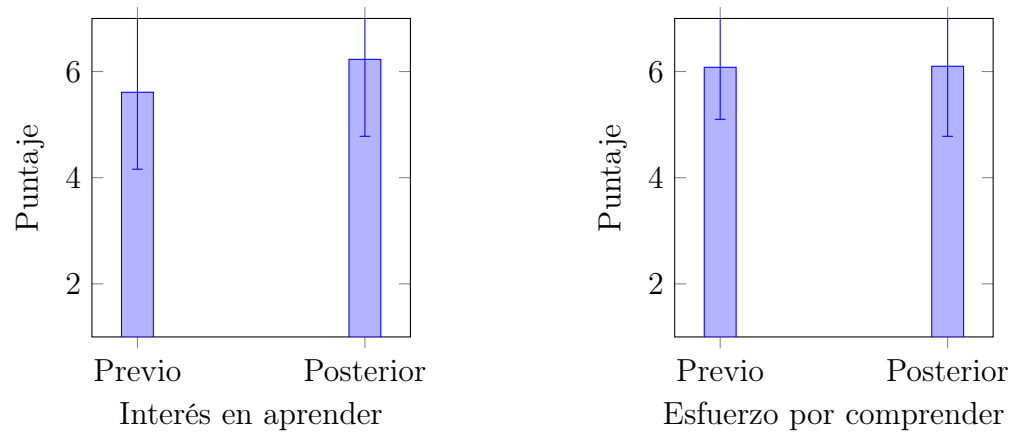


Figura 4.4: Escalas comunes en motivación pre y post intervención

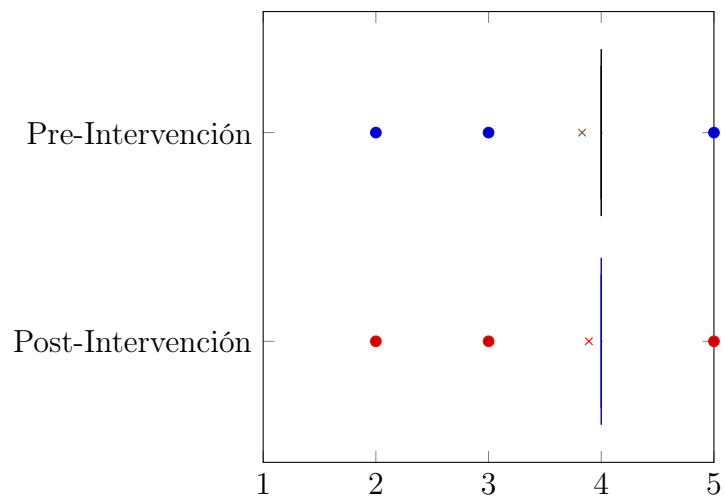


Figura 4.5: Respuestas de conocimiento correctas

	p Mann-Whitney	p Welch
Conocimiento	0.705610	0.813743
Motivación	0.009970	0.052471
P. Espacial	0.198462	0.178939

Tabla 4.2: Pruebas entre secciones comparables del test post-intervención

4.3.3. Diferencias entre modalidades individual y colaborativa

El formulario posterior a la intervención incluye secciones para el análisis de la motivación, presencia espacial, conocimiento, presencia social, y trabajo en equipo. Sin embargo, la modalidad individual carece de las cualidades para desarrollar las últimas dos, por lo que se omitirán de las comparaciones, mostrándose el resultado de la modalidad colaborativa para comprobar su efectividad.

Secciones comparables

Comparando los resultados en las secciones de motivación, presencia espacial y conocimiento, usando la prueba U de Mann-Whitney y la prueba t de Welch, obtenemos los resultados de la Tabla 4.2. Esto describe una diferencia no significativa en conocimiento, y presencia espacial, y una diferencia significativa y casi significativa en motivación., que también puede apreciarse en la Figura 4.6.

Secciones no comparables

Los resultados en la Escala de Likert de 7 puntos en las secciones de presencia social y trabajo en equipo promedian por sobre 5, como se muestra en la Figura 4.7, siendo un resultado medianamente alto.

4.4. Conclusiones

En base a los resultados, podemos concluir que la hipótesis “*Las simulaciones utilizando RV pueden mejorar las habilidades socioemocionales de estudiantes de microbiología, en comparación con simulaciones individuales.*” es válida, en base a la mejora comparativa en motivación, y la eficacia de las secciones presencia social y trabajo en equipo.

Sobre las mejoras en motivación, en relación al impacto general de la simulación, esta

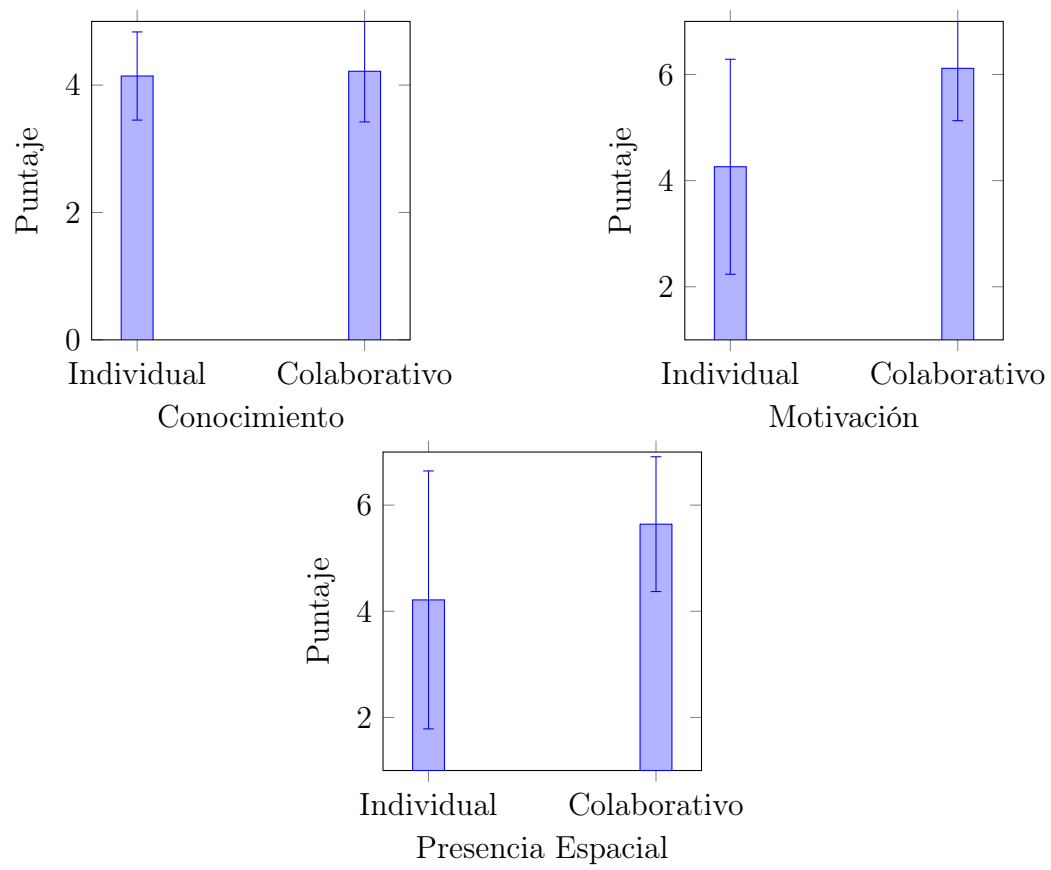


Figura 4.6: Resultados en secciones comparables de modalidades individual y colaborativa

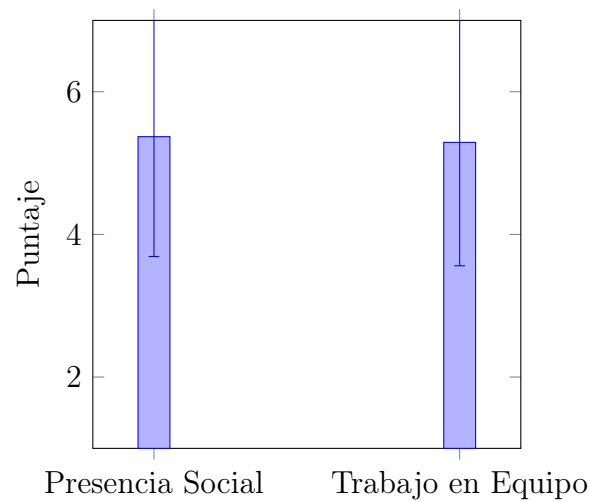


Figura 4.7: Resultados en secciones no comparables de modalidad cooperativa

no pareciera ser efectiva en primera instancia, sin embargo la herramienta mostró una mejora en la escala de interés (lo que sugiere un aumento en la predisposición a aprender), mientras que escalas del test posterior como la sensación de competencia o de haber realizado un buen trabajo reducen el promedio de motivación. Estas diferencias pueden explicarse debido a los errores presentes en la herramienta, debido a su estado temprano de desarrollo, que si bien contaba con las funciones necesarias, estas no estaban lo suficientemente pulidas durante su aplicación.

Sobre el impacto en el conocimiento, parece haber un efecto techo en los resultados, puesto que la actividad adaptada era de nivel introductorio y el instrumento de evaluación resultó ser muy básico para el nivel de conocimiento previo de los estudiantes. Sin embargo, la herramienta parece ser eficaz para mantener el conocimiento y ejercitarlo.

Finalmente, las diferencias en género o edad de los participantes no pareció influir en los resultados, que se mantenían heterogéneos en su distribución.

Bibliografía

- [1] DellTechnologies. The state of (virtual) reality in college. Infography in Dell’s website, 2018. Survey realized by Campus Technology.
- [2] Bhone Myint Kyaw, Nakul Saxena, Pawel Posadzki, Jitka Vseteckova, Charoula Konstantia Nikolaou, Pradeep Paul George, Ushashree Divakar, Italo Masiello, Andrzej A Kononowicz, Nabil Zary, and Lorainne Tudor Car. Virtual reality for health professions education: Systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration. *J Med Internet Res*, 21(1):e12959, Jan 2019.
- [3] William C McGaghie, S Barry Issenberg, Emil R Petrusa, and Ross J Scalese. A critical review of simulation-based medical education research: 2003–2009. *Medical education*, 44(1):50–63, 2010.
- [4] Johnathan Bown, Elisa White, and Akshya Boopalan. Chapter 12 - looking for the ultimate display: A brief history of virtual reality. In Jayne Gackenbach and Johnathan Bown, editors, *Boundaries of Self and Reality Online*, pages 239–259. Academic Press, San Diego, 2017.
- [5] Daniel Harley. Palmer luckey and the rise of contemporary virtual reality. *Convergence*, 26(5-6):1144–1158, 2020.
- [6] Ayah Hamad and Bochen Jia. How virtual reality technology has changed our lives: An overview of the current and potential applications and limitations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18), 2022.
- [7] VUMIE. About vumie online. <https://vumicro.com/about/>. Accessed: 2025-06-28.

- [8] L. Baumann-Birkbeck, S. Anoopkumar-Dukie, S. A. Khan, M. J. Cheesman, M. O'Donoghue, and G. D. Grant. Can a virtual microbiology simulation be as effective as the traditional wetlab for pharmacy student education? *BMC Medical Education*, 21(1):583, Nov 2021.
- [9] Labster. Browse our catalog. <https://www.labster.com/simulations>. Accessed: 2025-06-28.
- [10] Guido Makransky, Malene Warming Thisgaard, and Helen Gadegaard. Virtual simulations as preparation for lab exercises: Assessing learning of key laboratory skills in microbiology and improvement of essential non-cognitive skills. *PLOS ONE*, 11(6):1–11, 06 2016.
- [11] Ebenezer Chitra, Siti Azreena Mubin, Vishna Devi Nadarajah, Wong Pei Se, Chew Fei Sow, Hui Meng Er, Nilesh Kumar Mitra, Vinesh Thiruchelvam, and Fabian Davamani. A 3-d interactive microbiology laboratory via virtual reality for enhancing practical skills. *Scientific Reports*, 14(1):12809, Jun 2024.
- [12] Takashi Shibata. Head mounted display. *Displays*, 23(1):57–64, 2002.
- [13] David A Kolb. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press, 2014.
- [14] Centers for Disease Control and Prevention. Cdc laboratory training: About onelab. <https://www.cdc.gov/lab-training/php/onelab/index.html>. Accessed: 2025-06-28.
- [15] Nesse van der Meer, Vivian van der Werf, Willem-Paul Brinkman, and Marcus Specht. Virtual reality and collaborative learning: a systematic literature review. *Frontiers in Virtual Reality*, Volume 4 - 2023, 2023.
- [16] Randolph L. Jackson and Eileen Fagan. Collaboration and learning within immersive virtual reality. In *Proceedings of the Third International Conference on Collaborative Virtual Environments*, CVE '00, page 83–92, New York, NY, USA, 2000. Association for Computing Machinery.
- [17] Jenny W Rudolph, Robert Simon, Daniel B Raemer, and Walter J Eppich. Debriefing as formative assessment: closing performance gaps in medical education. *Academic emergency medicine*, 15(11):1010–1016, 2008.

- [18] Eduardo Salas, Cameron Klein, Heidi King, Mary Salisbury, Jeffrey S Augenstein, David J Birnbach, Donald W Robinson, and Christin Upshaw. Debriefing medical teams: 12 evidence-based best practices and tips. *The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, 34(9):518–527, 2008.
- [19] Ruth M Fanning and David M Gaba. The role of debriefing in simulation-based learning. *Simulation in healthcare*, 2(2):115–125, 2007.
- [20] KJ Domuracki, CJ Moule, Harry Owen, G Kostandoff, and JL Plummer. Learning on a simulator does transfer to clinical practice. *Resuscitation*, 80(3):346–349, 2009.
- [21] William C McGaghie, Viva J Siddall, Paul E Mazmanian, and Janet Myers. Lessons for continuing medical education from simulation research in undergraduate and graduate medical education: effectiveness of continuing medical education: American college of chest physicians evidence-based educational guidelines. *Chest*, 135(3):62S–68S, 2009.
- [22] Naser Elkum and Mohamed M Shoukri. Signal-to-noise ratio (snr) as a measure of reproducibility: design, estimation, and application. *Health Services and Outcomes Research Methodology*, 8:119–133, 2008.
- [23] Eduardo Salas, Deborah DiazGranados, Sallie J Weaver, and Heidi King. Does team training work? principles for health care. *Academic Emergency Medicine*, 15(11):1002–1009, 2008.
- [24] Lambert WT Schuwirth and Cees PM Van der Vleuten. The use of clinical simulations in assessment. *Medical education*, 37:65–71, 2003.
- [25] Unity. Vr multiplayer template quick start guide. Article in Unity’s manual: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.template.vr-multiplayer@2.0/manual/index.html>. Accessed: 2025-06-30.
- [26] Adrián Segura-Robles, Antonio-José Moreno-Guerrero, María-Elena Parra-González, and Jesús López-Belmonte. Adaptation and validation of the motivated strategies for learning questionnaire for spanish adolescents. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11(1):142–153, 2021.
- [27] Robert J. Vallerand, Luc G. Pelletier, Marc R. Blais, Nathalie M. Briere, Caroline Senecal, and Evelyne F. Vallieres. The academic motivation scale: A measure of

intrinsic, extrinsic, and amotivation in education. *Educational and Psychological Measurement*, 52(4):1003–1017, 1992.

- [28] F. Biocca, Chad Harms, and Jennifer Gregg. The networked minds measure of social presence: Pilot test of the factor structure and concurrent validity. *4th annual International Workshop on Presence, Philadelphia*, 01 2001.
- [29] Thomas Schubert. The sense of presence in virtual environments: A three-component scale measuring spatial presence, involvement, and realness. *Zeitschrift für Medienpsychologie*, 15:69–71, 04 2003.
- [30] Yi-Chun Du, Shih-Chen Fan, and Li-Cheng Yang. The impact of multi-person virtual reality competitive learning on anatomy education: a randomized controlled study. *BMC Medical Education*, 2020.
- [31] Marie Lehmann, Jan Mikulasch, Horst Poimann, Joy Backhaus, Sarah König, and Tobias Mühling. Training and assessing teamwork in interprofessional virtual reality-based simulation using the teamstepps framework: Protocol for randomized pre-post intervention study. *JMIR Research Protocols*, 14, 11 2024.

A. Formularios

A.1. Formulario Pre-Intervención

A.1.1. Datos Generales

- Edad
- Género
- Experiencia previa con Realidad Virtual

A.1.2. Motivación (Escala de Likert de 7 puntos)

- Me interesa aprender más sobre esta materia.
- Siento que puedo aprender eficazmente los contenidos si me lo propongo.
- Cuando tengo dificultades con una tarea, sigo hasta encontrar la solución.
- Me esfuerzo por comprender profundamente los temas.
- Las actividades prácticas me ayudan a aprender.

A.1.3. Conocimiento (Selección múltiple)

- ¿Cuál de las siguientes opciones NO es una herramienta de laboratorio? (Trípode, Lápiz, Mechero, Todas las anteriores)
- ¿Para qué se usa el asa bacteriológica? (Limpiar tubos de laboratorio, Sembrar colonias bacterianas, Incentivar el crecimiento de bacterias, Eliminar contaminación)

- ¿Cuál de las siguientes opciones se usa para esterilizar un asa bacteriológica mientras es manipulada? (Exposición al fuego, Frotarlo con una servilleta, Exposición al agua, Todas las anteriores)
- ¿Cuál es la temperatura ideal para incubar placas de Petri? (35 °C, 36 °C, 37 °C, 38 °C)
- ¿Cuál de las siguientes especies bacterianas es más resistente al calor? (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, Esporas, Todas son igual de resistentes)

A.2. Formulario Post-Intervención

A.2.1. Datos Generales

- Edad
- Género
- Experiencia previa con Realidad Virtual
- Modalidad en que se realizó la experiencia (Individual o multijugador)

A.2.2. Presencia social (Escala de Likert de 7 puntos)

- Sentí presencia real de los otros
- Sentí influencia mutua
- Recibí atención de mi compañero(a)
- Entendí las intenciones de mi compañero(a)
- La interacción se sintió como una conversación real

A.2.3. Presencia espacial (Escala de Likert de 7 puntos)

- Sentí estar dentro del entorno
- El entorno parecía realista
- Podía moverme libremente
- Me costó recordar que era RV

A.2.4. Motivación intrínseca (Escala de Likert de 7 puntos)

- La actividad fue interesante
- Disfruté la actividad
- Me sentí competente
- Creo que hice un buen trabajo
- Puse esfuerzo en la actividad
- La actividad valió la pena para mi aprendizaje

A.2.5. Trabajo en equipo (Escala de Likert de 7 puntos)

- La comunicación con mi compañero(a) fue clara
- Hubo buena coordinación
- Los roles se distribuyeron adecuadamente
- Confié en mi compañero(a)
- El trabajo en equipo fue satisfactorio

A.2.6. Conocimiento (Selección múltiple)

Mismas preguntas que en formulario Pre-Intervención.