



Serie Proyectos de Investigación e Innovación

Superintendencia de Seguridad Social
Santiago - Chile

INFORME FINAL

**Diseño y construcción de un juego de video basado
en realidad virtual para la rehabilitación de
enfermedades músculo esqueléticas profesionales
de mano.**

**Diego Robles Cruz
2022**



INFORME FINAL PROYECTO

Diseño y construcción de un juego de video basado en realidad virtual para la rehabilitación de enfermedades músculo esqueléticas profesionales de mano.

Instituto de Seguridad del Trabajo
19/10/2022

Ejecutor

Universidad San Sebastián.

Investigador Responsable

Diego Robles Cruz (Docente Kinesiología UCEN-UDP)

Co-investigadores

Adrián López (Kinesiólogo UDP)

Felipe Morales (Docente Kinesiología UDP)

Contraparte Técnica

Macarena Hernández (Terapeuta Ocupacional IST)

Contacto en IST

Francisco Miranda, Instituto de Seguridad del Trabajo (IST), <http://www.ist.cl>

1

¹ Este trabajo fue seleccionado en la Convocatoria de Proyectos de Investigación e Innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades Profesionales (2019) de la Superintendencia de Seguridad Social (Chile) y fue financiado por el Instituto de seguridad del Trabajo, con recursos del Seguro Social de la Ley N°16.744 de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales.



SUPERINTENDENCIA DE SEGURIDAD SOCIAL

SUPERINTENDENCE OF SOCIAL SECURITY

La serie Proyectos de Investigación e Innovación corresponde a una línea de publicaciones de la Superintendencia de Seguridad Social, que tiene por objetivo divulgar los trabajos de investigación e innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades del Trabajo financiados por los recursos del Seguro Social de la Ley 16.744.

Los trabajos aquí publicados son los informes finales y están disponibles para su conocimiento y uso. Los contenidos, análisis y conclusiones expresados son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente la opinión de la Superintendencia de Seguridad Social.

Si requiere de mayor información, sobre el estudio o proyecto escriba a: investigaciones@suseso.cl.

Si desea conocer otras publicaciones, artículos de investigación y proyectos de la Superintendencia de Seguridad Social, visite nuestro sitio web: www.suceso.cl.

The Research and Innovation Projects series corresponds to a line of publications of the Superintendence of Social Security, which aims to disseminate the research and innovation work in the Prevention of Occupational Accidents and Illnesses financed by the resources of Law Insurance 16,744.

The papers published here are the final reports and are available for your knowledge and use. The content, analysis and conclusions are solely the responsibility of the author (s), and do not necessarily reflect the opinion of the Superintendence of Social Security.

For further information, please write to: investigaciones@suseso.cl.

For other publications, research papers and projects of the Superintendence of Social Security, please visit our website: www.suseso.cl.

Superintendencia de Seguridad Social

Huérfanos 1376

Santiago, Chile.



ÍNDICE

I. Resumen.	4
II. Introducción y antecedentes.	4
III. Metodología.	12
IV. Resultados.	21
V. Conclusiones.	28
VI. Palabras de cierre de proyecto.	29
VII. Agradecimientos.	30
VIII. Referencias bibliográficas.	31

I. Resumen.

La presente iniciativa corresponde al diseño y construcción de un juego de video basado en realidad virtual para la rehabilitación de enfermedades músculo esqueléticas profesionales de mano, bajo el fondo de investigación e innovación SUSESO el cual vincula a la Escuela de Kinesiología de la Universidad San Sebastián y el Instituto de Seguridad del Trabajo en el desarrollo científico y tecnológico al servicio de la rehabilitación.

La información analizada, obtenida desde la percepción de la contraparte y de usuarios del IST permite evidenciar que el juego desarrollado contribuye de manera sustancial al proceso de rehabilitación de enfermedades profesionales musculoesqueléticas de mano en el contexto de rehabilitación del instituto de Seguridad del Trabajo.

Palabras claves: Realidad virtual, rehabilitación de mano, juegos serios, simulación y salud, ejercicio y diseño.

II. Introducción y antecedentes.

Según estadísticas de accidentes laborales del año 2018 de la superintendencia de seguridad social (SUSESO), dónde contabiliza el 100% de accidentes laborales/enfermedades profesionales con pago de licencias médicas, con mayor incidencia en extremidad superior, siendo mayor en hombres que en mujeres. Por otra parte se contabilizan accidentes de trayectos, siendo la extremidad superior como la segunda extremidad con más incidencia en lesión, donde el hombre predomina sobre las mujeres. Además este informe incorpora que en promedio se pierden 22,3 días en hombres y 15,6 en mujeres por accidentes de trabajo/enfermedades profesionales, que dicha cifra se ve aumentada en accidentes de trayecto con una pérdida de 31,1 días en hombres y 21,8 días en mujeres (1,2).

Actualmente la terapia de rehabilitación tradicional es practicada por diversas profesiones de salud en Chile, tanto Kinesiólogos y Terapeutas Ocupacionales se enfocan en el área musculoesquelética, y para ser llevada a cabo es necesaria generalmente la presencialidad, teniendo el paciente un avance gradualmente personalizado en cada sesión. Sin embargo, existen estudios que indican que, si la terapia es de carácter intensiva y basada en ejercicios de tareas, contribuyen significativamente a la recuperación motora de los usuarios (3).

Se ha encontrado en la literatura reportes de beneficios importantes para pacientes mediante la telerehabilitación, donde se ha visto la necesidad de incorporar nuevas tecnologías con

mayor nivel de sofisticación, teniendo como objetivo reducir costos y favorecer y/o garantizar la accesibilidad al servicio de rehabilitación, para esto, los protocolos de terapia en el hogar utilizando la telerehabilitación han sido mediante un contexto de videojuegos, utilizando sistemas basado en la captura de movimiento, lo que aumenta la intensidad de sensaciones y mejorando la experiencia del usuario (4).

En base a esto existen diversos sistemas capaces de entregar un entorno simulado con tareas específicas en un sistema interactivo (5) ya sea inversión total o semi total de la vida real y la virtual, siendo esta la realidad virtual y la realidad virtual aumentada (6). La realidad virtual (RV) consiste en simular un entorno sintético generado por un sistema informático donde el usuario va a interactuar para ejecutar tareas diseñadas, logrando una experiencia lo más cercana a la realidad, para mejorar la inmersión e interacción entre los sistemas (interacción humana con virtualidad) se han desarrollado los “Head Mounted Devices” (HDM), siendo visores montados sobre la cabeza enlazada con sistemas hápticos (7).

Frente a la rehabilitación en casos de patologías de mano, esta terapia tiene un orden relativamente estructurado, donde dependiendo de la condición, en el caso de Chile, un médico o traumatólogo deriva al usuario a trabajar con un kinesiólogo y/o terapeuta ocupacional. Este realiza la rehabilitación con la aplicación de agentes físicos junto con ejercicios terapéuticos con el objetivo de lograr la rehabilitación temprana y funcional del usuario (8). Sin embargo, estas terapias son efectivas siempre y cuando el usuario presente adherencia y constancia en su tratamiento, entendiéndose por ésta, afinidad y realización de actividades terapéuticas dentro y fuera del horario de la sesión supervisada por su terapeuta tratante (9). En consecuencia, se requiere de estrategias que estimulen a los pacientes a perpetuar el proceso de rehabilitación de manera independiente en su hogar, siendo los juegos basados en realidad virtual una variante importante para crear constancia y adherencia al tratamiento, además de estimular al usuario en base a estrategias más novedosas y/o entretenidas para ellos.

Objetivo general

- Diseño y construcción de un videojuego basado en realidad virtual capaz de acompañar la rehabilitación de enfermedades músculo esqueléticas profesionales de mano desde el hogar y consultas físicas.

El juego busca generar una experiencia lúdica, para que los usuarios consigan llevar a cabo actividades de rehabilitación graduadas en base a objetivos clínicos y evidencia científica. Esto, les permitirá mejorar su funcionalidad en base a la rehabilitación mediante ejercicio orientado en el hogar con la finalidad de tener impacto positivo en los tiempos de recuperación disminuyendo el tiempo de rehabilitación y reinserción laboral de las y los trabajadores.

Relevancia

Kineleap pretende ser un juego innovador para la rehabilitación física de enfermedades profesionales de mano basado en criterios clínicos, evidencia científica junto con el diseño de actividades lúdicas que simulan ambientes y actividades de la vida diaria además de actividades laborales. Todo esto, con el propósito de lograr la motivación del usuario, mejorar la adherencia a la terapia con el fin último de su temprana reinserción laboral.

Estado del arte

Este proyecto consiste en el desarrollo de una aplicación del tipo serious game para usarse en la rehabilitación de enfermedades profesionales musculoesqueléticas de mano. Por tanto, para poder entender este trabajo, es necesario explicar el contexto en el que este se encuentra. Para ello se van a exponer los siguientes apartados: serious games, sistemas de captura de movimientos y utilización de Oculus Quest2 en la actualidad en el ámbito de la rehabilitación.

Serious games

Los denominados juegos serios (SG), son juegos que no sólo tienen la finalidad de entretener, si no que además pretenden generar una oportunidad facilitando otros ámbitos como la educación, la sanidad, las políticas públicas y la comunicación estratégica entre otras. Siendo más preciso con la definición podemos mencionar que un juego serio es una “aplicación educativa, cuya intención inicial es combinar, de forma coherente y al mismo tiempo, los aspectos serios, de forma no exhaustiva y no excluyente, la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación o incluso la información con los aspectos lúdicos de los videojuegos” (10). Otra conceptualización de la definición de juegos serios es la propuesta por Benjamin Sawyer: “desarrolladores, investigadores y personas de la industria que están buscando formas de usar videojuegos y tecnologías de videojuegos fuera del entretenimiento” (11).

Un juego serio no se restringe solamente a un juego de computadora. Podría ser un juego de computadora, un juego de rol o incluso un juego al aire libre. Hoy, este vínculo con el soporte informático parece ser un constante en la industria de los juegos serios. Sin embargo, el concepto no obedece a una única definición del objeto de estudio y en la actualidad el concepto se ha enfocado principalmente bajo una perspectiva de la informática. Cabe destacar, que en la actualidad, no existe una definición unificada de SG, y los desarrolladores en diferentes campos y diferentes investigaciones tienen una comprensión y definición diferente de SG (12).

En la actualidad existen diversos contextos y diversidad de enfoques en los cuales se están desarrollando juegos serios. Desde ámbitos educativos, de simulación, juegos de propósito alternativo, entretenimiento educativo, aprendizaje basado en juegos digitales, simulaciones de aprendizaje inmersivo, social, juegos de impacto, juegos persuasivos, juegos para el bien, ambientes sintéticos de aprendizaje, etc. Esto refleja los numerosos actores con un importante interés en el área de juegos serios.

Definición actual de Juegos Serios

“Aplicación informática, cuya intención original es combinar con consistencia, ambos aspectos serios (Seriedad) tales como enseñanza, el aprendizaje, la comunicación o la información, con lo lúdico del videojuego (Juego)”. Tal asociación, opera implementando una utilidad, que, en términos informáticos, permite implementar un paquete (sonido y gráficos), una historia y al mismo por lo tanto, pretende apartarse del simple entretenimiento.

Los juegos serios se diferencian de los juegos comunes de entretenimiento en que se les agrega al menos una motivación adicional explícita de simulación de la realidad, también llamada propósito serio.

Esta definición se puede resumir implementando la siguiente relación:

Juego Serio = Función de utilidad + Juego de video.

Dentro del ámbito sanitario encontramos los Serious Games For Health los cuales buscan mejorar la salud por medio del juego.

El alza en el desarrollo de sensores de bajo costo que permiten detectar movimientos realizados por el cuerpo humano, ha permitido así una interacción cada vez mayor y más realista entre el videojuego y el jugador. De la unión de los serious games con estos controladores surge la rehabilitación con videojuegos. Este tipo de terapia, que hace uso de la realidad virtual para su desarrollo, permite realizar ejercicios con un componente más lúdico y motivador que los tradicionales.

Revisiones sistemáticas demostraron que los SG son efectivos en la educación médica (13, 14). Los efectos de las SG incluyen muchos de los siguientes aspectos: mejorar el nivel de conocimiento (15), cambiar el comportamiento (16), mejorar la destreza (17), reducir los problemas emocionales (18). Además, algunas revisiones sistemáticas recientes han informado sobre la eficacia de las SG en los campos de la rehabilitación (19), la psicoterapia (20) y la educación (21). Hubo varias revisiones de alcance que exploraron SG para la rehabilitación en términos de rehabilitación de accidentes cerebrovasculares (22), rehabilitación de extremidades superiores (23), rehabilitación de enfermedades musculoesqueléticas (24), etc. Es evidente que este dominio de investigación de SG es prometedor; en consecuencia, cada vez más académicos dirigen sus energías a este dinámico campo de investigación.

Videojuegos serios aplicados en rehabilitación

Los SG podrían mejorar el cumplimiento del tratamiento en las sesiones de rehabilitación y se dividen en dos categorías: la rehabilitación cognitiva y la rehabilitación física (25). En la rehabilitación cognitiva, los SG pueden mejorar significativamente el procesamiento visual rápido y la memoria de trabajo espacial en pacientes con deterioro cognitivo amnésico leve (26). Por otro lado, los SG se utilizan más en la rehabilitación física que en la rehabilitación cognitiva. Un ensayo controlado aleatorizado mostró que los SG pueden mejorar las funciones físicas de la vida diaria en la esclerosis múltiple, como la velocidad de los movimientos, la destreza de las extremidades superiores, etc. Los pacientes con accidente cerebrovascular y parálisis cerebral que utilizaron SG como herramienta de rehabilitación mostraron mejores resultados clínicos (27). Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre SG para la rehabilitación carecen de calidad metodológica (28,29), por lo que es imprescindible desarrollar un marco estándar.

Software Unity

“Unity” es un motor gráfico multiplataforma 2D y 3D, desarrollado por Unity Technologies con la capacidad de creación de videojuegos, aplicaciones y experiencias. El motor de Unity se basa en el lenguaje C#, juntando un editor y servicios adicionales, como integración de paquetes externos desarrollados por otros creadores (Ver figura 1). Este editor y motor gráfico integra gráficos (aspectos visuales), físicas (simulación de movimientos, masa, gravedad y colisiones), redes (multijugador local y online), secuencia de comandos (programación), audio (sonido ambientes, efectos especiales, clips), animación, interfaz de usuarios (UI), navegación por editor y búsqueda de rutas, servicios de unidad y centro soporte, realidad virtual, sugerencia de mejoras (sugerir modificaciones a partes del código fuente de editor Unity), exportación a diversas plataformas, como web, celulares, smart tv, consolas, RV (Ver figura 2). Dentro de la compatibilidad de Unity de exportar a más de 20 plataformas diferentes, también permite integrar otros software para el desarrollo de proyectos, como programa de creación de gráficos y animación 3D, editor de fotografías (30,31).

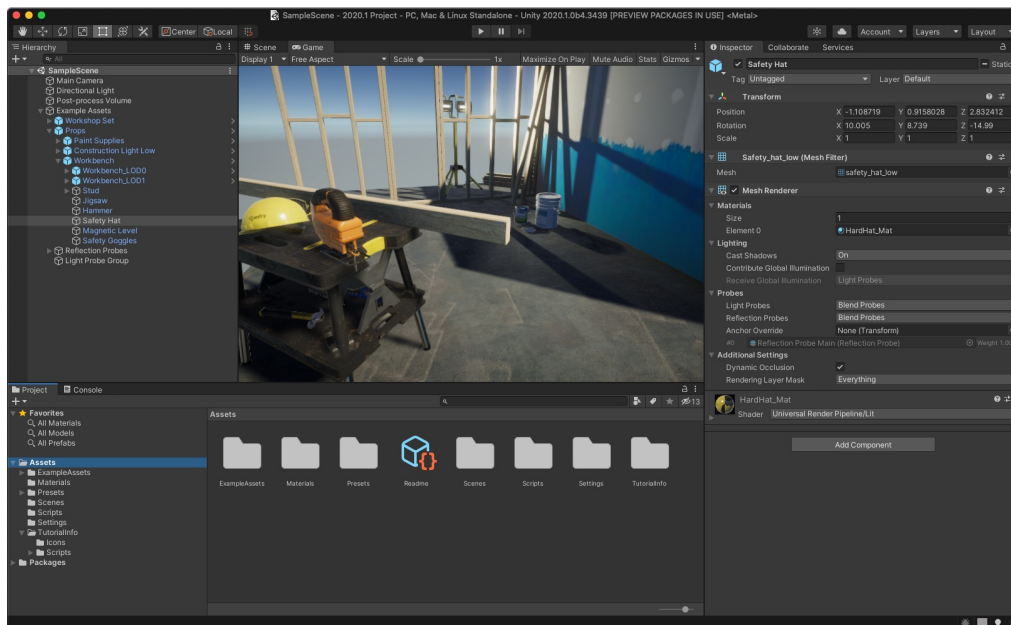


Figura 1. Unity desde el editor con un proyecto en proceso.



Figura 2. Algunas plataformas reconocidas que puede exportar Unity.

Cabe mencionar que Unity cuenta con una versión Beta gratuita donde se obtiene acceso anticipado a nuevas funciones y que permite cooperar en los pasos finales de su desarrollo. Y una versión oficial gratuita para estudiantes y de uso personal comercial (Ver figura 3) con ingresos o fondos inferiores a 100 mil USD en los últimos 12 meses (32,33).

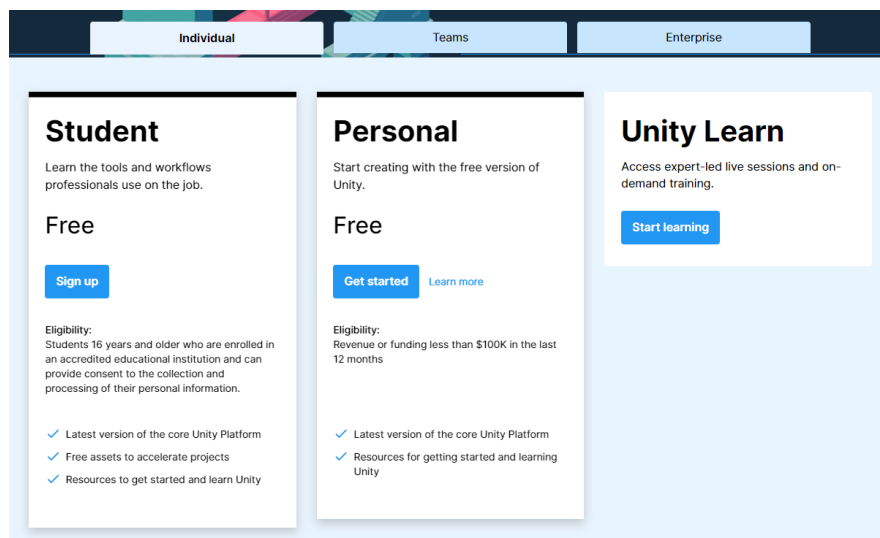


Figura 3. Planes gratuitos y compra.

Meta Oculus Quest 2

“Meta oculus quest 2” es un casco/lente de realidad virtual (ver figura 4) desarrollado por facebook, dentro de su línea Metaverso. Es un sistema de realidad virtual autónomo, que no necesita PC ni consola, para funcionar, diseñada con controles intuitivos. Dicho casco/lente presenta seguimiento 6DOF (Seis grados de libertad), el visor sigue el movimiento de la cabeza y el cuerpo, que los traduce a RV con precisión realista (no se requieren sensores externos), con captura de movimiento de manos (hands tracking), todo esto se realiza mediante 4 cámaras frontales, giroscopio, acelerómetro, seguimiento de posición y control de gestos, mediante un procesador Qualcomm Snapdragon XR2 combinados con 6GB de Memoria RAM(ver figura 5). Trae incorporado una pantalla LCD de cambio rápido con resolución de 1832 x 1920 píxeles por ojo, capacidad de almacenamiento de 128/256 GB, Conectividad WiFi 6 y Bluetooth 5.1. Puerto USB Tipo C para carga a corriente directa y conexión a ordenador. Además trae de accesorios dos controladores táctiles ergonómicos que utilizan baterías AA (una en cada comando), estos controlados no son de uso excluyentes con oculus quest 2 (33).



Figura 4. Lado izquierdo controladores y pilas. Lado derecho Casco/lente Oculus Quest 2.



Figura 5. Casco/lente con una mirada interna donde se muestran cámaras, CPU y memoria RAM, entre otros.

III. Metodología.

Para el desarrollo de cada uno de los capítulos específicos del proyecto, se realizó un diseño metodológico de cuatro etapas:

Etapa 1 Planificación y desarrollo de actividades lúdicas, vida diaria y laboral en un ambiente seguro y relajado según evidencia científica.

Dentro de los objetivos de esta etapa se da cuenta del registro de los movimientos de ambas manos en tiempo real, junto con el desarrollo de un entorno de realidad virtual en el software Unity y los lentes Oculus Quest.



Figura 6. Interacción de ambas manos entre Oculus Quest 2 y Unity 3D mediante físicas.

Etapa 2 Diseño de actividades.

El diseño de las actividades terapéuticas están basadas en objetivos clínicos con evidencia científica de respaldo. Para cada una de las actividades se consideró distintos niveles de dificultad pensando en cantidad de volumen de intensidad, frecuencia, tiempo, repeticiones, series y progresión.

El sistema cuenta con tres niveles, cada uno de ellos se encuentran clasificadas diferentes actividades para distintos niveles de funcionalidad, abarcando desde actividades mono-articulares, función de pinza, movimientos de la muñeca hasta actividades funcionales de la vida diaria y actividades ocupacionales.

Objetivos clínicos de las distintas actividades dentro del juego:

- Aumentar el rango de movimiento de flexión y extensión de muñeca.
- Aumentar el rango de movimiento de ulnarización y radialización de muñeca.
- Aumentar la coordinación del movimiento de los dedos de la mano.
- Aumentar el deslizamiento de los tendones flexores y extensores de los dedos de la mano.
- Aumentar la funcionalidad de agarre y pinza de la mano.
- Aumentar la tolerancia de los movimientos rápidos/abruptos de muñeca.
- Favorecer la capacidad de movimientos duales y sincronización de mano muñeca.
- Mejorar la función de alcance.
- Mejorar la capacidad de manipulación de objetos.
- Mejorar la capacidad de agarre de objetos.
- Favorecer amplitud de movimiento de flexión y extensión de metacarpofalángicas e interfalángicas
- Favorecer amplitud de movimiento de pronación y supinación de antebrazo.
- Favorecer coordinación unilateral y bilateral.
- Favorecer cierre de puño en sinergia biomecánica.

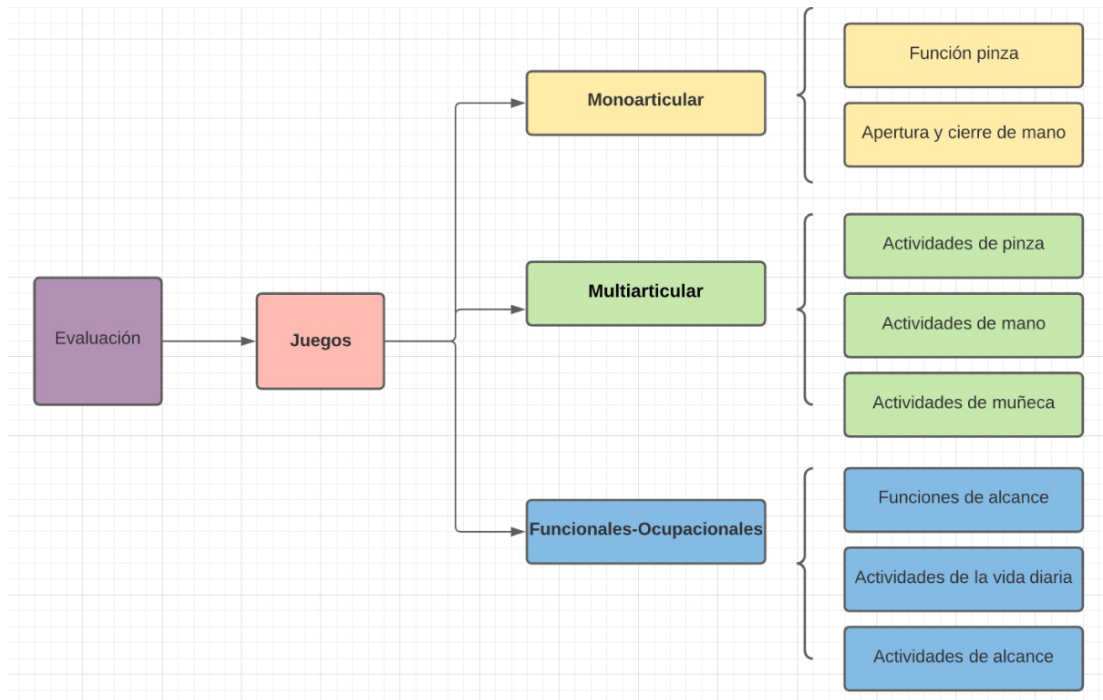


Figura 7. Clasificación de actividades según niveles basados en objetivos terapéuticos.

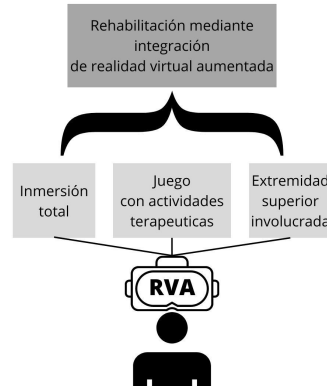


Figura 8. Sistemas de interacción para la rehabilitación mediante realidad virtual

Etapa 3 Digitalización del juego.

En esta etapa se diseñaron todos los detalles del juego y se programaron los mecanismos físicos de interacción entre el usuario y el ecosistema del juego.

Kineleap se enmarca bajo un ecosistema que permite los tres niveles de actividades según objetivos terapéuticos estipulados. Permitiendo movimientos monoarticulares, multiarticulares y funcionales y/u ocupacionales, abarcando desde función de pinza, apertura y cierre de mano, actividades que involucran la muñeca y funciones de alcance.

Kineleap es un juego ambientado en una granja, en contexto de la jardinería. Consiste en sembrar distintas semillas, en múltiples maceteros, con distintos tipos de tierras que se deben mezclar, utilizando diversas mecánicas que involucran desde movimientos de la extremidad superior, como meta desarrollar un entorno óptimo para el crecimiento de la semilla plantada.

Cuándo la planta ha germinado, esta debe ser cuidada, regándola y podándola de manera adecuada siguiendo cuidadosamente las instrucciones dadas. Para el logro de cada una de las actividades se debe realizar un movimiento específico, ya sea a nivel de los dedos, de la muñeca, de la mano o de alcance, para el logro del objetivo.

Cada planta presenta desafíos y dificultades distintas que permiten la rehabilitación mediante una actividad lúdica y entretenida.

Etapa 4 Implementación de interfaz de usuario.

En esta etapa se implementó una interfaz en la cual el usuario ingresa sus datos, interactúa con el menú para realizar una nueva partida o continuar con una partida pendiente. Además, se muestra una partida explicativa de cómo realizar cada una de las etapas del juego interactuando con cada menú de instrucciones por medio de un libro que se despliega y muestra las instrucciones en orden cronológico.

Al finalizar el juego, este arroja un score de rendimiento de lo realizado por el usuario que permite realizar un seguimiento del proceso de rehabilitación. Los valores de rendimiento quedan registrados con el nombre del usuario ingresado, por lo que permite al tratante valorar el rendimiento del paciente en el tiempo.

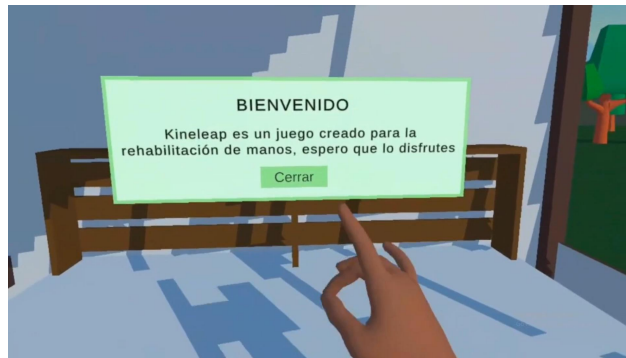


Figura 9: Pop ups bienvenidos a Kineleap.

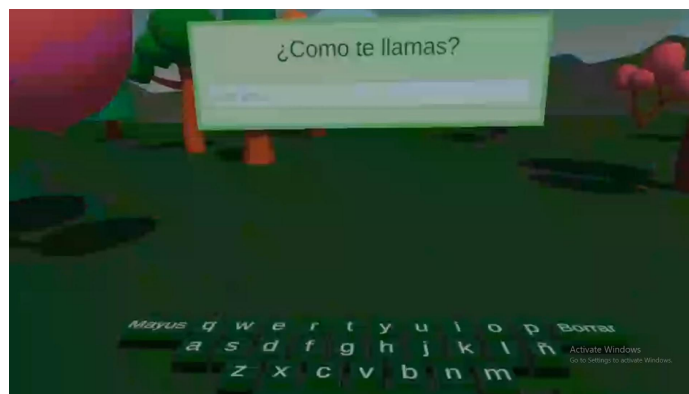


Figura 10. Ingreso de los datos del paciente por medio del teclado virtual.



Figura 11. Selección de la mano con qué se jugará.

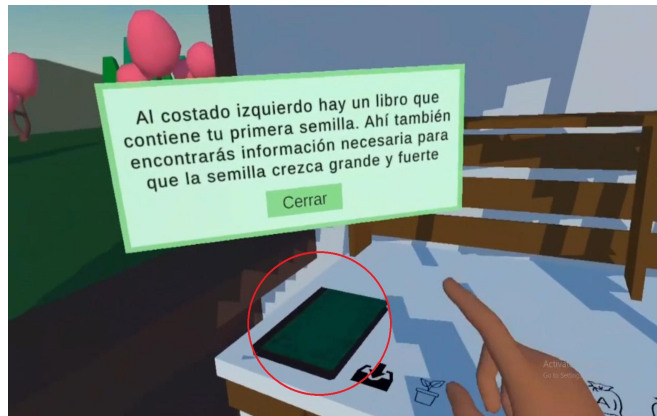


Figura 12. Herramientas y el libro de semillas e instrucciones.

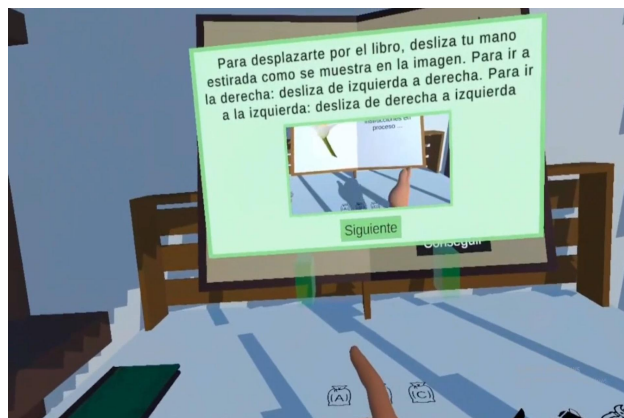


Figura 13. Libro de semillas.

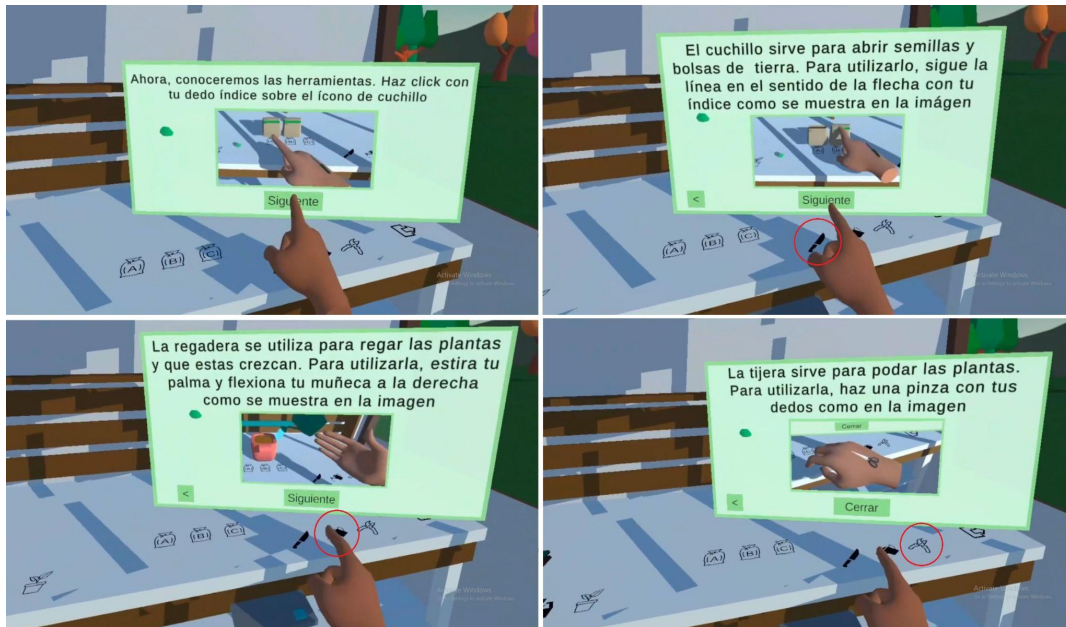


Figura 14. Conociendo las herramientas.



Figura 15. Preparando la tierra.

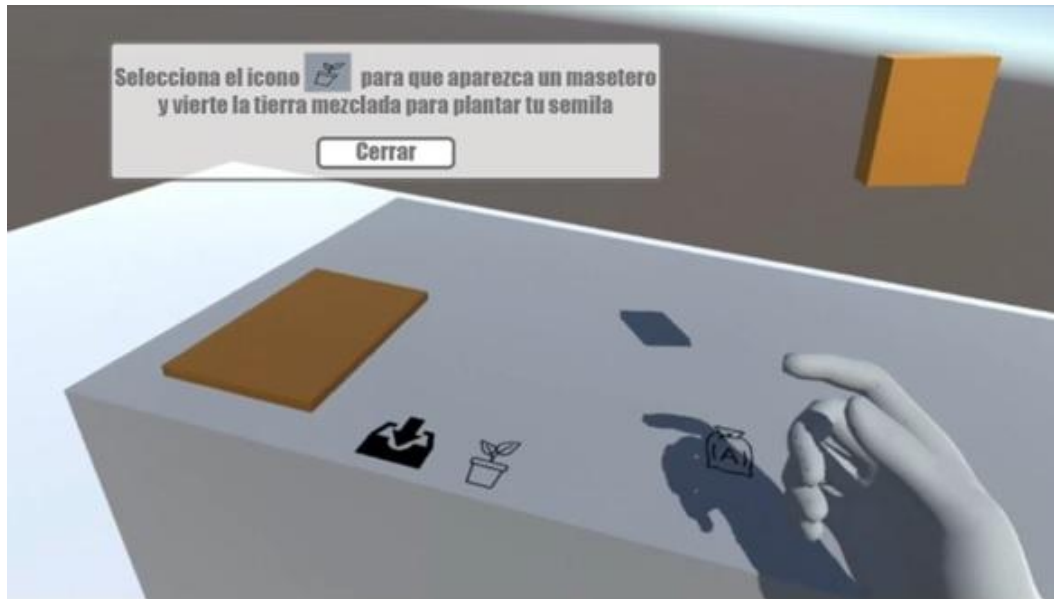


Figura 16. Vaciar la tierra.

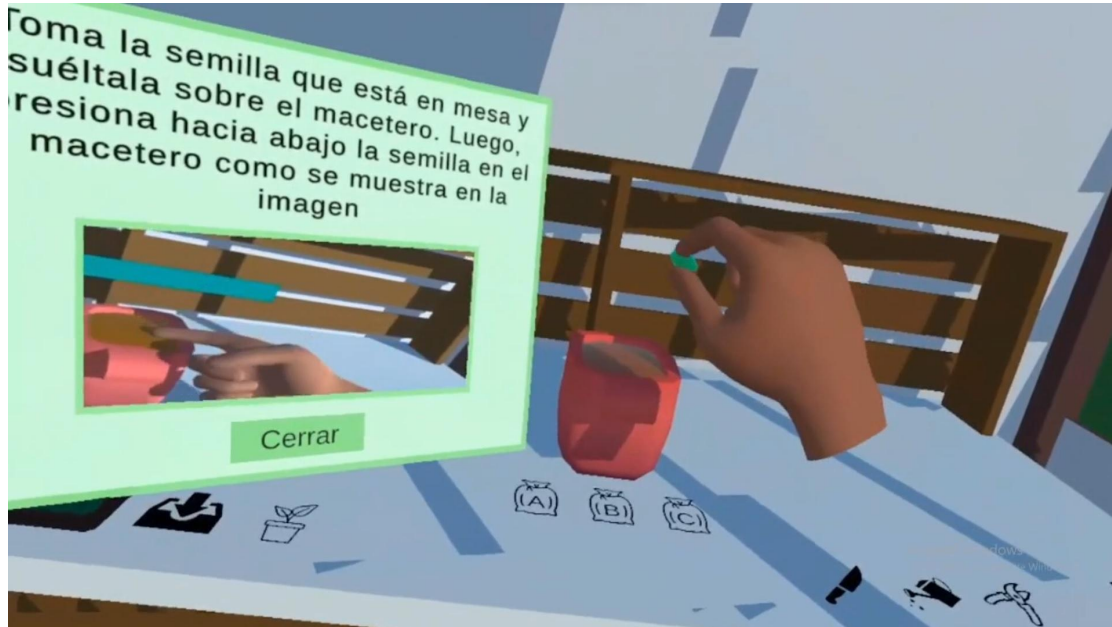


Figura 17. Poner semilla.

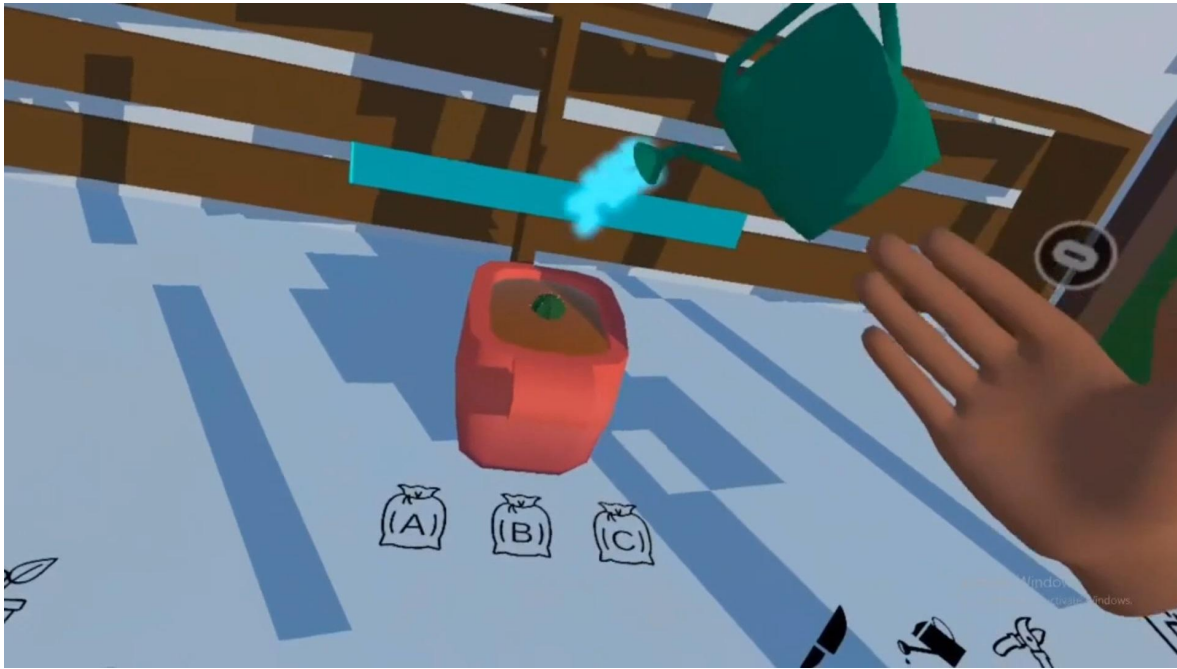


Figura 18. Regar la semilla.



Figura 19. Crecimiento de la planta y poda de sus flores y ramas.

Etapa 5 Testeo clínico y cierre del proyecto.

En esta etapa se evaluó la experiencia de uso tanto de usuarios del IST como de las contrapartes técnicas, a través de entrevistas semi-estructuradas, que dan cuenta del diseño y funcionalidad del juego Kineleap.

Como equipo de investigación y desarrollo de Kineleap se asistió a dos jornadas en el IST de Viña del Mar. La primera reunión fué con la terapeuta ocupacional Macarena Hernandez para realizar una jornada de trabajo de entrega del juego y capacitación respecto a cómo ingresar y configurar el sistema, jugar e interactuar con la máquina para la correcta utilización del juego. En la segunda visita al IST, aplicamos el juego a dos usuarios del IST, con patologías, rangos de movimientos, etapas de rehabilitación y extremidad superior diferente, además de un segundo Terapeuta Ocupacional para poder registrar su percepción respecto del grado de jugabilidad de Kineleap.

IV. Resultados.

Criterios de Evaluación

A continuación se relatan variables de análisis tanto cuantitativas como cualitativas con el fin de determinar la presencia o ausencia de categorías de calidad de Kineleap.

Identificación

Nombre del juego: El juego Kineleap se identifica claramente y se diferencia de lo existente en el mercado de videojuegos serios. Hemos desarrollado un logo y una página web para el mejor reconocimiento por parte de los usuarios.

URL: Una vez finalizado el proyecto SUSESO esta será creada y liberada a la comunidad para su difusión.

Idioma: El juego está disponible sólo en idioma español. A futuro se podría adaptar los tutoriales al inglés para una mayor masificación del juego.

País de origen: Chile.

Género del juego: Rehabilitación, salud, terapia ocupacional.

Descripción o resumen: El juego busca acompañar los procesos de rehabilitación de enfermedades profesionales de mano, basado en movimientos funcionales, esto en un contexto de realidad virtual en el cual el usuario interactúa con sus manos manipulando diferentes objetos en un ambiente controlado. El juego se basa en tareas referentes a la siembra y poda de plantas. Cada movimiento de las manos y dedos es sensado por el sistema, cuantificado y en función del rango de movimiento realizado por el usuario, se ejecutan cada una de las tareas diseñadas.

Narratología

Relevancia de la narrativa: El jugador es orientado por medio de un libro el cual debe ser leído para la correcta realización de cada actividad. Además, considera un tutorial de instrucciones de secuencia de comandos a lo largo del juego para facilitar el avance del paciente.

Existencia de un narrador: Kineleap en su primera versión no considera la voz de un narrador, pero en sus próximas versiones se espera la inclusión de una voz que permita la mejor interacción con el usuario.

Historia, trama: La trama es muy simple de modo de simplificar las tareas y la carga cognitiva al momento de la realización de actividades por parte del usuario.

Historia, trama por episodio y/o nivel: La tarea a realizar es similar en cada nivel. Sin embargo, el nivel de dificultad y complejidad de las tareas son mayor a medida que el usuario avanza. Cada planta presenta su propia dificultad desde el punto de vista motor y cognitivo.

Representación del personaje, avatar: El personaje siempre es el usuario y donde su avatar son sus manos que interactúa con el entorno de realidad virtual, las cuales se pueden ver en tiempo real en todo momento.

Representación del entorno: El entorno es un bello invernadero en el cual existe un mesón con múltiples herramientas para su utilización en cada paso. Este se encuentra dentro de un ambiente campestre cuyos colores invitan a la relajación y comodidad al momento de jugar.

Rol del personaje: Sembrar las semillas en un macetero en el cual debe mezclar distintos tipos de tierras, nutrientes y agua. Una vez que la semilla germina, el jugador debe cuidar de la planta regándola, podándola y dejarla al sol para su correcto crecimiento. Una vez finalizado el proceso el jugador puede pasar a sembrar la siguiente planta.

Dimensión espacio: El espacio está pensado para un entorno pequeño (tipo escritorio) para que pueda ser utilizado por el usuario sin considerar grandes espacios y sea cómoda su implementación. Previo a jugar el usuario debe marcar un círculo virtual que rodee solamente la silla donde jugará.

Dimensión tiempo: El tiempo de juego dependerá de la funcionalidad basal del usuario y el diseño no está enfocado en el logro de metas por tiempo sino más bien por la calidad del movimiento funcional.

Conceptos empleados: Movimientos funcionales de los dedos, muñeca y codo en búsqueda de la mayor funcionalidad de la extremidad superior.

Presencia de falsos conceptos: Considerar que estos conceptos representan elementos que pueden afectar mucho a la calidad de los sistemas propuestos; identificar ideas erróneas sobre la rehabilitación que puedan confundir al usuario. La presencia de falsos conceptos en este juego son mínimos, el juego destaca por su tareas motoras simples, lúdicas e inspiradas en la vida diaria.

Uso explícito de conceptos científicos: El juego fue diseñado y creado por un equipo multidisciplinario en el cual participaron profesionales del área de la salud (Kinesiólogos, Terapeutas Ocupacionales) bajo una perspectiva de rehabilitación basada en la evidencia, luego de un largo proceso de revisión de la literatura científica para la consideración de cada tarea dentro del juego.

Uso explícito de fuentes de información: En las etapas iniciales de Kineleap se dejó de manifiesto el trabajo de revisión literaria para su diseño.

Convergencia en redes sociales: Kineleap aún no es lanzado a la sociedad. Una vez cerrada esta entrega y aprobada por la contraparte, se dará el inicio a la socialización del juego en la comunidad.

Ludología

Número de jugadores: En su primera versión, Kineleap sólo puede ser jugado por un usuario. En futuras versiones se pretende generar la posibilidad de que interactúen más de un jugador. Sin embargo, se debe estudiar en profundidad la capacidad técnica del sistema.

Uso: El juego está diseñado para la utilización de manera individual.

Tipo de jugador: Usuario con alguna enfermedad musculoesquelética profesional de mano cuyo proceso de rehabilitación sea orientado por un Terapeuta Ocupacional o Kinesiólogo.

Duración: No considera un tiempo especificado, sino más bien el cumplimiento de movimientos funcionales específicos para dar cuenta de cada tarea.

Niveles: El juego cuenta con cinco niveles de dificultad que buscan la generación de movimientos de la mano y los dedos cada vez más complejos y desafiantes para el usuario. Para avanzar, el usuario debe ir pasando cada etapa en orden cronológico.

Niveles de interactividad: Kineleap destaca por su alto grado de interactividad con el usuario. En todo momento el juego sensa el movimiento de las manos del usuario las cuales se transforman en el control o joystick del juego.

Misión del juego/objetivos: Cada objetivo está declarado dentro del libro, y pop ups que aparecen dentro del juego para cada actividad. Esto da la orientación de manera rápida al usuario para facilitar su comprensión del juego.

Mecanismos del juego: Los mecanismos que permiten el avance del juego, son el logro de los distintos movimientos solicitados dentro de un rango de movimiento funcional. Esta es la base del proceso de rehabilitación de Kineleap.

Componentes del juego: Múltiples objetos y herramientas que debe manipular con sus manos, tales como; sacos de tierra, semillas, maceteros, cuchillos, tijeras, regadera, etc.

Dinámicas del juego: El juego apela a la entretención para la rehabilitación. Todo esto representa la ludificación de la terapia física. Kineleap considera la fantasía, pasatiempos, el descubrimiento, desafíos y la progresión dentro de su diseño.

Sistema de recompensas: El juego no premia el avance rápido y sin sentido. Al contrario, busca la interacción y afinidad con el usuario, su relajación y concentración para la correcta realización de movimientos que faciliten su proceso de rehabilitación.

Sistema de feedback: Al finalizar el juego, este entrega un registro informando tiempo y cantidad de veces que realizó adecuadamente cada movimiento solicitado a modo de estadística. Esto permite al tratante y al usuario conocer el desempeño del usuario dentro del juego.

Disponibilidad de instrucciones: En todo momento tiene disponible en pantalla el libro con instrucciones que debe realizar el usuario, de modo de orientarlo con la actividad a realizar.

Posibilidad de guardar la partida: El juego permite la opción de continuar cada partida luego de realizar cada planta. Siendo no transferible entre usuarios.

Percepción

En el siguiente ítem se recopila el testimonio sin alterar el discurso, a terapeutas se le realizan preguntas claves, y a usuarios una opinión abierta.

Apreciación de Terapeutas Ocupaciones IST.

Desde la disciplina de terapia ocupacional mirada por la intervención de salud física en pacientes adultos de una institución de salud de rubro mutualidad en Chile, el aporte innovador de Kineleap, no solo se observa desde el uso de la realidad virtual para generar estrategias de rehabilitación, sino también desde el pensamiento creativo que origina el juego, y que se basa en necesidades reales de usuarios adultos con alguna patología transitoria de mano/muñeca, entendiendo la importancia de este segmento corporal en la cotidianidad del ser humano, para interactuar y reconocer entornos, además de la función manipulativa de conocimiento masivo.

El uso del juego, para nuestros usuarios aporta de manera integral, desde aspectos volitivos del usuario, pero también mixtura en el proceso de rehabilitación física el uso de funciones cognitivas, como la flexibilidad de pensamiento, memoria de trabajo, velocidad de pensamiento y planificación. Siendo una método interventivo enriquecedor para nuestra población de pacientes, principalmente adultos, que le dedican poco tiempo a la ocupación del juego.

Los pacientes que han usado Kineleap, se han mostrado muy ansiosos de conocer el dispositivo, de someterse a "una rehabilitación diferente" y de reconocer el potencial de ganancia que generará en ellos. Además de que refieren, que el uso de un juego para adultos, les sorprende que pueda tener opción de ser usado como rehabilitación funcional.

Estoy muy agradecida del aporte que se hace a la rehabilitación de adultos con este diseño, con la integración de la mirada de terapia ocupacional en conjunto con kinesiología, y creo que existe un potencial tremendo de expansión de la interfaz, para así crear más espacios, pensados en más tareas, trabajos y/o ocupaciones.



Figura 20. Terapeuta ocupacional Macarena Hernández viviendo la experiencia de inmersión total con Oculus Quest 2 jugando a Kineleap.



Figura 21. Terapeuta ocupacional Andrea Vásquez viviendo la experiencia de inmersión total con Oculus Quest 2 jugando a Kineleap.

Apreciación por parte de usuarios del IST:

- **Usuario 1:** “Me encantó el juego, desarrolla mucho la motricidad fina de los movimientos de la mano, la organización de cada movimiento de los dedos y las falanges me parecen muy motivantes. Uno no está pensando en la lesión, nos olvidamos del dolor y me es más fácil el movimiento. Feliz lo utilizaría en la terapia, super entretenido. Emocionalmente es rico, creo que lleva a los pacientes a un momento más lúdico que complementa la terapia. Lo lúdico potencia las habilidades a desarrollar. Los felicito.”



Figura 22. Usuario jugando Kineleap.

- **Usuario 2:** “Es más que bueno porque ocupas la fuerza de la mente, me encantó la experiencia. Se ve super, sin embargo, tengo muy poca movilidad en mi mano y me cuesta mucho jugar. Mortal, me voy a comprar un lente (comentarios con risa del usuario). Los felicito.



Figura 23. Usuario jugando Kineleap.

V. Conclusiones.

De este proceso de recogida de información, análisis y discusión cabe destacar que se demuestra la viabilidad y aceptabilidad de Kineleap como herramienta terapéutica.

Kineleap presenta un importante grado de usabilidad. La interfaz es fácil de usar y de entender por todos los públicos.

Existe una recepción positiva por parte de los Terapeutas Ocupacionales de IST. Se ha conseguido un entorno dinámico y motivador que incentiva el uso del juego y por tanto mejora el proceso de rehabilitación.

La percepción positiva por parte de los usuarios. Si bien son sólo dos pacientes, esperamos recopilar más información a lo largo del tiempo.

Se ha logrado modernizar el sistema de rehabilitación actual en IST mediante el desarrollo tecnológico de kineleap, lo que permitirá parte del objetivo que busca este proyecto que es llevar la rehabilitación a las casas de los pacientes.

Se levantaron algunos detalles a mejorar (iluminación, retroalimentación de jugabilidad juego usuario de interacción en tiempo real) para un mejor desempeño, los cuales serán abordados por el equipo a futuro. Sin embargo, estos detalles no impiden la jugabilidad de Kineleap.

El desarrollo de un sistema de evaluación del rendimiento del usuario, permite conocer el grado de avance de la terapia del paciente de manera adecuada por medio del guardado de métricas obtenidas.

Por otra parte encontramos como limitante los rangos de movimientos de cada articulación de la extremidad superior post intervención y previa al uso del juego, si bien Kineleap es un juego centrado en realizar tareas que involucran en su totalidad a la extremidad superior, ha sido diseñado de tal forma que comience con actividades monoarticulares principalmente dedos y muñeca, dónde si el jugador no puede realizar estos primeros movimientos no podrá comenzar y desempeñarse en el juego.

VI. Palabras de cierre de proyecto.

Como equipo de investigación y desarrollo de Kineleap evaluamos cada uno de los compromisos asumidos al momento de la postulación y comprometidos en el convenio. Creemos fehacientemente que hemos cumplido con cada uno de ellos.

Kineleap fue diseñado acorde a la evidencia científica recopilada, criterios clínicos que consideraron la idiosincrasia del Instituto de Seguridad del Trabajo y la apreciación profesional de la contraparte por medio de la terapeuta ocupacional Macarena Hernández.

Como equipo continuaremos con el desarrollo y mejoría de Kineleap, potenciaremos el trabajo colaborativo junto con Macarena Hernández para levantar evidencia científica respecto del grado de utilidad real de Kineleap como herramienta terapéutica para enfermedades musculoesqueléticas profesionales de mano, respaldando la utilización de la realidad virtual como herramienta terapéutica.

Esperamos proyectar Kineleap junto con el servicio de terapia ocupacional del IST de modo de lograr un impacto en la rehabilitación física de nuestro país. Este es el siguiente objetivo de nuestra propuesta. Esperamos contar con el apoyo de IST.

VII. Agradecimientos.

Nuestros sinceros agradecimientos al Instituto de Seguridad del Trabajo por financiar el desarrollo de este proyecto.

A Francisco Miranda (gerencia de prevención IST) por su constante apoyo, cercanía y facilitador de cada etapa y proceso del proyecto. Su apoyo y colaboración al director del proyecto Diego Robles en su actividad doctoral con esta iniciativa permitieron un logro académico relevante en su proceso de formación.

A Macarena Hernández (Terapeuta Ocupacional IST) por su motivación, participación y dedicación, las cuales fueron clave para el logro de las metas planteadas.

A Javiera Jimenez (Programadora del juego) por su esfuerzo y compromiso.

A la carrera de Kinesiología de la Universidad San Sebastián por patrocinar la postulación al fondo SUSESO. En especial a Alejandra Arriagada (Directora de Escuela) Jaime Pantoja (Secretario Académico) y Gabriel Araya (Secretario de Estudios) quienes no continúan trabajando en la escuela.

VIII. Referencias bibliográficas.

1. Fondo Nacional de Salud, Superintendencia de Salud, Superintendencia de Seguridad Social (2019). Informe Estadísticas de licencias médicas y subsidio por incapacidad laboral 2018. Gobierno de Chile.
2. Claudio Reyes Barrientos, Superintendente de Seguridad Social (2019). Informe de estadísticas de Accidentabilidad 2018. Gobierno de Chile.
3. D. Hailey, R. Roine, A. Ohinmaa, and L. Dennett, Evidence of benefit from telerehabilitation in routine care: a systematic review, *J. Telemed. Telecare*, vol. 17, no. 6, pp. 281-287, Sep. 2011.
4. F. Narváez, D:M Marín-Castrillón, M.C. Cuenca y M.A. Latta. Development and Implementation of Technologies for Physical Telerehabilitation in Latin America: a systematic review of literature, programs and projects. *Tecnológicas*, vol. 20, no. 40, pp. 155-176, 2017.
5. Contreras, K., Cubillos, R., Hernández, O., Reveco, C., & Santis, N. (2014). Rehabilitación virtual en la intervención de terapia ocupacional. *Revista Chilena de Terapia Ocupacional*, 14(2), 197-209.
6. Cano-Mañas, MJ., Collado-Vázquez S., Cano-de-la-Cuerda R. Videojuegos comerciales en la rehabilitación de pacientes con ictus subagudo: estudio piloto. *Rev Neurol* 2017; 65: 337-47.
7. Navarrete, J. M. (2010). La realidad virtual como arma terapéutica en rehabilitación. *Rehabilitación integral*, 5(1), 40-45.
8. Moreno-Montoya, C. L., Gómez-Bernal, K. B. & Rodríguez-Grande, E. I. (2017, 1 octubre). Effect of physiotherapy in people with distal radius fractures: A systematic review. *Revista de la Facultad de Medicina*, 65(4), 665-672.
9. Brun-Cottan, N., McMillian, D. & Hastings, J. (2018, 17 julio). Defending the art of physical therapy: Expanding inquiry and crafting culture in support of therapeutic alliance. *Physiotherapy Theory and Practice*, 36(6), 669-678.

10. Wei, Y., McGrath, PJ, Hayden, J. y Kutcher, S. (2016). Propiedades de medición de las herramientas que miden el conocimiento sobre salud mental: una revisión sistemática. *Psiquiatría BMC* , 16 (1), 1-16.
11. Benjamin Sawyer, Peter Smith, « Serious Game Taxonomy », article présenté au Serious Game Summit 2008, San Francisco, février 2008. • Benjamin Sawyer. « The "Serious Games" »
12. Wang, Y., Wang, Z., Liu, G., Wang, Z., Wang, Q., Yan, Y., ... y Pang, X. (2022). Aplicación de Serious Games en Salud: Scoping Review y Análisis Bibliométrico. *Fronteras en Salud Pública* , 10 .
13. DeSmet A, Van Ryckeghem D, Compernelle S, Baranowski T, Thompson D, Crombez G, et al. Un metanálisis de juegos digitales serios para la promoción de un estilo de vida saludable. *Med anterior.* (2014) 69:95–107. doi: 10.1016/j.ypped.2014.08.026
14. Gorbanev I, Agudelo-Londono S, Gonzalez RA, Cortes A, Pomares A, Delgadillo V, et al. A systematic review of serious games in medical education: quality of evidence and pedagogical strategy. *Med Educ Online.* (2018) 23:1438718. doi: 10.1080/10872981.2018.1438718
15. Gentry SV, Gauthier A, L'Estrade Ehrstrom B, L'Estrade Wortley D, Lilienthal A, Tudor Car L, et al. Serious gaming and gamification education in health professions: systematic review. *J Med Internet Res.* (2019) 21:e12994. doi: 10.2196/12994
16. Charlier N, Zupancic N, Fieuws S, Denhaerynck K, Zaman B, Moons P. Serious games for improving knowledge and self-management in young people with chronic conditions: a systematic review and meta-analysis. *J Am Med Inform Assoc.* (2016) 23:230–9. doi: 10.1093/jamia/ocv100
17. Anguera JA, Boccanfuso J, Gazzaley A, Rintoul JL, Al-Hashimi O, Faraji F, et al. Video game training enhances cognitive control in older adults. *Nature.* (2013) 501:97–101. doi: 10.1038/nature12486.

18. Cuesta-Gomez A, Sanchez-Herrera-Baeza P, Ona-Simbana ED, Martinez-Medina A, Ortiz-Comino C, Balaguer-Bernaldo-de-Quiros C, et al. Effects of virtual reality associated with serious games for upper limb rehabilitation inpatients with multiple sclerosis: randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil.* (2020) 17:90. doi: 10.1186/s12984-020-00718-x
19. Matthyssens LE, Vanhulle A, Seldenslach L, Vander Stichele G, Coppens M, Van Hoecke E, et al. pilot study of the effectiveness of a serious game CliniPup(R) on perioperative anxiety and pain in children. *J Pediatr Surg.* (2020) 55:304–11. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2019.10.031
20. Shahmoradi L, Mohammadian F, Rahmani KM. A systematic review on serious games in attention rehabilitation and their effects. *Behav Neurol.* (2022) 2022:2017975. doi: 10.1155/2022/2017975
21. Zayeni D, Raynaud JP, Revet A. Therapeutic and preventive use of video games in child and adolescent psychiatry: a systematic review. *Front Psychiatry.* (2020) 11:36. doi: 10.3389/fpsy.2020.00036
22. Min A, Min H, Kim S. Effectiveness of serious games in nurse education: a systematic review. *Nurse Educ Today.* (2022) 108:105178. doi: 10.1016/j.nedt.2021.105178
23. Mubin O, Alnajjar F, Al Mahmud A, Jishtu N, Alsinglawi B. Exploring serious games for stroke rehabilitation: a scoping review. *Disabil Rehabil Assist Technol.* (2022) 17:159–65. doi: 10.1080/17483107.2020.1768309
24. Koutsiana E, Ladakis I, Fotopoulos D, Chytas A, Kilintzis V, Chouvarda I. Serious gaming technology in upper extremity rehabilitation: scoping review. *JMIR Serious Games.* (2020) 8:e19071. doi: 10.2196/19071
25. Steiner B, Elgert L, Saalfeld B, Wolf KH. Gamification in rehabilitation of patients with musculoskeletal diseases of the shoulder: scoping review. *JMIR Serious Games.* (2020) 8:e19914. doi: 10.2196/19914
26. Rego P, Moreira PM, Reis LP. Serious games for rehabilitation: a survey and a classification towards a taxonomy. *IEEE.* (2010).

27. Jirayucharoensak S, Israsena P, Pan-Ngum S, Hemrungronj S, Maes M, A game-based neurofeedback training system to enhance cognitive performance in healthy elderly subjects and in patients with amnesic mild cognitive impairment. *Clin Interv Aging*. (2019) 14:347–60. doi: 10.2147/CIA.S189047
28. Vieira C, Ferreira Da Silva Pais-Vieira C, Novais J, Perrotta A. Serious game design and clinical improvement in physical rehabilitation: systematic review. *JMIR Serious Games*. (2021) 9:e20066. doi: 10.2196/20066
29. Sokolov AA, Collignon A, Bieler-Aeschlimann M. Serious video games and virtual reality for prevention and neurorehabilitation of cognitive decline because of aging and neurodegeneration. *Curr Opin Neurol*. (2020) 33:239–48. doi: 10.1097/WCO.0000000000000791
30. Unity Technologies. Unity user manual 2021.3 (LTS). Unity3d.com. Recuperado el 18 de octubre de 2022, de https://docs.unity3d.com/Manual/index.html?_ga=2.31247487.1522618388.1666102339-92328369.1666102339
31. Unity Technologies. FAQ. Unity. Recuperado el 18 de octubre de 2022, de <https://unity.com/faq>
32. Unity QA - Overview. Unity. Recuperado el 18 de octubre de 2022, de https://unity3d.com/es/unity/qa?_ga=2.62334188.1522618388.1666102339-92328369.1666102339
33. Meta.com. Recuperado el 18 de octubre de 2022, de <https://www.meta.com/quest/products/quest-2/>