FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera: Ingeniería Biomédica e Instrumentación

Título:

“Desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos en Unreal Engine para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis”

Proyecto final de graduación presentado como requisito para optar por el título de Ingeniería Biomédica e Instrumentación en la Universidad Latina de Panamá.

Autor:

Job Arturo Tuñón Rodríguez

C.I. 2-742-24

Director

Mgtr. Erick Zapata

Profesor asesor

Mgtr: Alfredo Lescher

Panamá, República de Panamá

2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a mi madre, **Yazmín Rodríguez**, por ser mi mayor inspiración, mi fuerza y mi refugio en los momentos más difíciles. Tu amor incondicional, tu apoyo constante y tus palabras de aliento me guiaron a lo largo de este camino lleno de retos.

Gracias por creer en mí, incluso cuando yo dudaba, por tus sacrificios y por estar siempre a mi lado. Este logro es tan tuyo como mío, porque sin ti nada de esto habría sido posible.

Con todo mi amor y gratitud, esta tesis está dedicada a ti.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía y fuente de fortaleza a lo largo de mi vida, permitiéndome superar los retos que se han presentado en el camino y dar lo mejor de mí en cada paso hacia mis metas.

Con profundo amor y gratitud a mi madre, Yazmín Rodríguez, quien ha sido mi mayor inspiración. Gracias a ella he aprendido a mantenerme firme ante las adversidades y a perseguir mis sueños con determinación y valentía.

De manera especial, quiero expresar mi sincero agradecimiento al profesor Erick Zapata, por su paciencia, guía y apoyo invaluable durante la elaboración de mi tesis. Su compromiso y disposición para compartir su conocimiento han sido un pilar fundamental en este proceso.

Asimismo, extiendo mi gratitud a todos mis profesores, quienes a lo largo de mi carrera me han formado, no solo como profesional, sino como persona. También agradezco a mis compañeros de universidad, quienes han sido compañeros de batallas, aprendizajes y alegrías durante este inolvidable capítulo de mi vida.

UNIVERSIDAD LATINA DE PANAMÁ

DECLARACIÓN JURADA

Yo Job Arturo Tuñón Rodríguez con cédula de identidad personal número, 2-742-24 estudiante graduando del programa/carrera de Licenciatura en Ingeniería Biomédica e Instrumentación declaro bajo la gravedad del juramento que el material que aparece en este trabajo de graduación, en la opción: Tesis (Tesis, proyecto final, pasantía, otro), es de mi producción intelectual, en razón de lo cual exonero a la Universidad Latina de Panamá de cualquier responsabilidad relacionada con este aspecto.

Como constancia, firmo la presente declaración el día 10 del mes de 02 del año 2025.

Firma del estudiante: _____

Cédula: 2-742-24

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA 2

AGRADECIMIENTO 3

INTRODUCCIÓN 11

RESUMEN 14

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA 1

1.1 Antecedentes del problema de investigación 4
1.2 Planteamiento del problema 5
1.3 Justificación de la investigación 6
1.4 Objetivos 8
1.4.1 Objetivo General 8

1.5 Alcance y límites de la investigación 8
1.5.1 Alcance 8
1.5.2 Tiempo 9
1.5.3 Límites de investigación: 9

1.6 Línea de investigación a la que pertenece el estudio 10
1.7 Materiales y métodos 10
1.7.1 Fase 1: Revisión del estado del arte 10
1.7.2 Fase 2: Aplicación de encuesta diagnóstica a fisioterapeutas 10
1.7.3 Fase 3: Desarrollo del entorno virtual y configuración del sistema 10
1.7.4 Fase 4: Evaluación del sistema por profesionales fisioterapeutas 11
1.7.5 Fase 5: Análisis de resultados y conclusiones técnicas 11

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 12

2.1 Antecedentes de la investigación: 13
2.2 Bases teórica que sustentan la investigación: 16
2.2.1 ¿Qué es la artritis reumatoidea? 16
2.2.2 Anatomía de la mano 19
2.2.3 Síntomas: 20

2.2.4 Causas: 22
2.2.5 Factores de riesgo: 22
2.2.6 Complicaciones: 23

2.3 Sistema biológico Involucrado: 24
2.3.1 Tratamientos físicos comunes para aliviar los síntomas de la artritis reumatoide. 24
2.3.2 Termoterapia 24
2.3.3 Hidroterapia 25
2.3.4 Ultrasonido Pulsátil 25

2.4 Tratamientos terapéuticos curativos utilizando el sensor Leap Motion: 25
2.5 La Mano: 27
2.6 Características técnicas de Leap Motion 28
2.6.1 Soluciones: 28
2.6.2 Aplicaciones en rehabilitación: 29
2.6.3 Investigaciones previas: 30
2.6.4 Soluciones tecnológicas: 30
2.6.5 Variables: 32

2.7 La Aplicación Unreal Engine: 34
2.7.1 Unreal Engine 5 34
2.7.2 Orígenes del Motor: 34
2.7.3 Principios Básicos y Arquitectura de UE5. 35
2.7.4 Blueprints: 35
2.7.5 Plano de Nivel 36
2.7.6 Clase de blueprint 37
2.7.7 Plano solo de datos: 37
2.7.8 Interfaz de blueprint 38
2.7.9 Biblioteca blueprint macro 39

2.8 Nanite: Geometría virtualizada 40
2.8.1 Lumen: 40
2.8.2 World Partition 41
2.8.3 MetaHuman Creator 41

2.8.4 Physics and Destruction 42
2.8.5 Aplicaciones en la industria del cine y TV 42
2.8.6 Unreal Engine en arquitectura y simulación 43

2.9 Comparativa con otros Motores. 44
2.9.1 Requisitos del Sistema: 44

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO 47

3.1 Tipo y Diseño de la investigación 48
3.1.2 Diseño de la investigación 49

3.2 Descripción del instrumento de recolección de datos 50
3.3 Procedimiento de la investigación 50
3.3.1 Planteamiento del problema 50
3.3.2 Revisión de la literatura 51
3.3.3 Diseño de Investigación 51

3.4 Selección de la muestra 52
3.5 Recolección de datos 52
3.5.1 Instrumento 1: Encuesta de diagnóstico a fisioterapeutas 52
3.5.2 Instrumento 2: Procedimiento técnico de desarrollo 52
3.5.3 Instrumento 3: Validación práctica en hospital 53
3.5.4 Instrumento 4: Encuesta de evaluación del sistema 53

3.6 Análisis de datos 53
3.7 Diseño de la propuesta 54
3.7.1 Diagrama de flujo 54

3.8 Informe de resultado 55

CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS 56

4.1 Descripción del proyecto y análisis de los resultados 57
4.2 Métodos de análisis 57
4.3 Análisis de resultados 57
4.3.1 Análisis de datos 59
4.3.2 Datos de seguimiento 60
4.3.3 Implementación AND 62

4.3.4 Implementación de la lógica de dirección 64
4.3.5 Informe de resultado final 65
4.3.6 Análisis de resultado de la encuesta de diagnostico 68
4.3.7 Diagnóstico 79

4.4 Discusión de hallazgos 79
4.4.1 Trabajo a futuro 81
4.4.2 Presupuesto y Diagrama de Gantt 82
4.4.3 Diagrama de Gantt 82

4.5 Limitaciones del estudio 83

CONCLUSIÓN 84

RECOMENDACIONES 85

BIBLIOGRAFÍA: 86

5. ANEXOS 89

5.1 Formulario de Aceptación 90
5.2 Formulario de Entrega de Proyecto Final de Graduación 95
5.3 Modelo de la encuesta 99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Movimientos cinemáticos de los dedos de la mano. Fuente: Broome, 2005) 20
Tabla 2 Aspectos técnicos de Leap Motion. Fuente: (Leap Motion, 2018) 28
Tabla 3 Comparativa entre el software UE5 y Unity. 44
Tabla 4 Valores de entrada y salida 66
Tabla 5 Presupuesto 82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 (Top-ranked Hospital in The Nation, s. f.) 18
Ilustración 2-3. (Apuntes de Anatomía | Enfermería, s. f.). 19
Ilustración 3 Movimiento de abducción entre los dedos de la mano. Fuente: (Broome, 2005) 20
Ilustración 4 Zona metacarpiana erosionada por la artritis reumatoidea (Eidos, 2021) 22
Ilustración 5 Sensor Infrarrojo Leap Motion (Pastor, 2013) 26
Ilustración 6 Partes electrónicas del sensor Leap Motion (Dipert, 2013) 26
Ilustración 7 Coordenadas cartesianas que localizan el movimiento de la mano del paciente (2016). ScienceDirect 27
Ilustración 8 Leap Motion Modelo LM-010. Fuente: (Koifman, 2013). 28
Ilustración 9 Rango de trabajo del Sensor Leap Motion (Ultraleap-hand-tracking, 2021) 29
Ilustración 10 Leap Motion en contextos de rehabilitación y terapia: (LeapMotion, 2018) 31
Ilustración 11 tratamientos farmacológicos para la artritis reumatoide (Sarmiento-Monroy, 2015) 33
Ilustración 12 (Tratamiento de artritis reumatoide, 2015) 34
Ilustración 13 Con blueprint creas lógica de juego sin código de programación. .. 36
Ilustración 14 Creando una instancia para que se comporte como Actor. 37
Ilustración 15 Plano solo de datos 38
Ilustración 16 Interface blueprint 38
Ilustración 17 Biblioteca de macros(Blueprint, 2021) 39
Ilustración 18 Fuente: Elaboración propia 54
Ilustración 19 Muestreo del circuito 58
Ilustración 20 Gráfica de programación 58
Ilustración 21 : Diagrama de flujo (Elaboración propia) 59
Ilustración 22 Explicación de gesto de aceleración y frenado 60
Ilustración 23 Gesto de dirección recta 61
Ilustración 24 Gesto de dirección izquierda
Ilustración 25 Gesto de dirección derecha 61
Ilustración 26 Gráfica de variable booleana tipo AND 62
Ilustración 27 División de la matriz 63
Ilustración 28 Almacenamiento de posición de mano 63
Ilustración 29 Algoritmo de dirección booleana 64
Ilustración 30 Algoritmo de posición de frenado 64
Ilustración 31 Leap Motion controller ultraleap 66
Ilustración 32 Prueba de conducción con movimiento de las manos 67
Ilustración 33 Resultado final del sistema de simulación en Unreal Engine 5 67

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1..... 68
Gráfica 2..... 69
Gráfica 3..... 69
Gráfica 4..... 70
Gráfica 5..... 70
Gráfica 6..... 71
Gráfica 7..... 71
Gráfica 8..... 72
Gráfica 9..... 72
Gráfica 10..... 73
Gráfica 11..... 74
Gráfica 12..... 74
Gráfica 13..... 75
Gráfica 14..... 75
Gráfica 15..... 76
Gráfica 16..... 76
Gráfica 17..... 77
Gráfica 18..... 77
Gráfica 19..... 78
Gráfica 20..... 78

INTRODUCCIÓN

La artritis reumatoide (AR) es una enfermedad crónica que afecta, principalmente, a las articulaciones, causando inflamación, dolor y pérdida de movilidad. En particular, las manos, son una de las partes más funcionales del cuerpo humano, frecuentemente, afectadas; lo que limita la capacidad de los pacientes para realizar actividades cotidianas como comer, vestirse o sostener objetos. La rehabilitación física es esencial para mantener la movilidad y reducir el impacto de la enfermedad, pero los métodos tradicionales, como los ejercicios repetitivos y el uso de dispositivos ortopédicos, suelen ser largos, costosos y, en muchos casos, desmotivadores para los pacientes. Además, el acceso a centros de rehabilitación especializados puede verse limitado por factores como la distancia geográfica, los costos asociados (transporte, alimentación, hospedaje entre otros) y, más recientemente, los riesgos de contagio en entornos hospitalarios, especialmente en contextos de emergencias sanitarias como la pandemia de COVID-19.

Estos desafíos han impulsado la búsqueda de alternativas innovadoras que permitan optimizar el proceso de rehabilitación, mejorar la adherencia al tratamiento y reducir los riesgos asociados a la asistencia presencial. En este contexto, los avances tecnológicos, particularmente en el campo de los videojuegos y la realidad virtual, han abierto nuevas oportunidades para transformar la rehabilitación en un proceso más atractivo, accesible y efectivo. Los videojuegos, al presentar los ejercicios de rehabilitación de manera lúdica y motivadora, no solo potencian la neuroplasticidad y promueven la recuperación motora, sino que también permiten a los pacientes realizar sus terapias desde la comodidad de sus hogares, reduciendo así los costos de traslado y minimizando el riesgo de contagio. Este trabajo de tesis se centra en el desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos en Unreal Engine, utilizando el sensor de movimiento Leap Motion, como una herramienta innovadora para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis reumatoide.

El objetivo principal es ofrecer una alternativa segura y efectiva que complemente las terapias convencionales, permitiendo a los pacientes mejorar su movilidad y funcionalidad de manera interactiva y motivadora, sin la necesidad de asistir, presencialmente, a un centro de salud.

La rehabilitación física es un componente clave en el tratamiento de la AR, ya que ayuda a mantener la movilidad articular, reducir el dolor y prevenir la deformidad de las articulaciones. Sin embargo, los métodos tradicionales de rehabilitación, aunque efectivos, presentan limitaciones en términos de accesibilidad, costos y motivación del paciente. En este sentido, la implementación de tecnologías innovadoras, como los videojuegos y la realidad virtual, representa una oportunidad para superar estas limitaciones y mejorar los resultados del tratamiento.

En los últimos años, se han realizado numerosas investigaciones que exploran el uso de tecnologías interactivas en la rehabilitación de pacientes con artritis reumatoide. Estudios como los de López J. (2019) y Camargo D. (2022) han demostrado la efectividad del sensor Leap Motion en la medición de la amplitud de movimiento de las articulaciones y en la aplicación de terapias físicas. Además, investigaciones como las de Mora y Cárdenas (2023) han destacado el potencial de los videojuegos terapéuticos para mejorar la motivación y adherencia al tratamiento en pacientes con discapacidades físicas. Estos estudios proporcionan una base sólida para el desarrollo de sistemas de rehabilitación basados en tecnología y resaltan la importancia de integrar herramientas innovadoras en el tratamiento de enfermedades crónicas como la AR. Sin embargo, aún existen brechas en la literatura, en cuanto a la aplicación específica de videojuegos en la rehabilitación de manos en pacientes con artritis reumatoide, lo que justifica la necesidad de investigaciones adicionales en este campo.

Las personas que padecen artritis reumatoide enfrentan diversos obstáculos en la rehabilitación de sus manos, tales como los elevados costos de los tratamientos, los

traslados, la escasa disponibilidad de centros especializados y la creciente necesidad de minimizar el riesgo de contagio por enfermedades nosocomiales.

Estos factores impactan de manera negativa en la efectividad de sus terapias y resultados, según la especialista (Chang-Miller A, 2023), (Aspace Jaén, 2023). ¿Cómo puede la implementación de un videojuego simulado ofrecer una alternativa segura y efectiva para la rehabilitación de manos en personas con artritis, evitando exponer al paciente a los riesgos de un entorno hospitalario? Para abordar este problema, se propone el desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos en Unreal Engine, utilizando el sensor de movimiento Leap Motion. Este sistema permitirá a los pacientes realizar ejercicios de rehabilitación de manera interactiva y motivadora, desde la comodidad de sus hogares. El sensor Leap Motion detectará los movimientos de las manos y los traducirá en acciones dentro del videojuego, proporcionando una experiencia de rehabilitación inmersiva y personalizada. Este documento se estructura en cuatro capítulos principales. En el Capítulo I, se presentan los antecedentes del problema de investigación, el planteamiento del problema, la justificación de la investigación, los objetivos y el alcance del estudio. En el Capítulo II, se desarrolla el marco teórico, que incluye una revisión de la literatura, la base teórica y las características técnicas del sensor Leap Motion y del motor Unreal Engine. En el Capítulo III, se describe el marco metodológico, incluyendo el diseño de la investigación, los instrumentos de recolección de datos y el procedimiento de la investigación. Finalmente, en el Capítulo IV, se presentan los resultados obtenidos, el análisis de datos y las conclusiones del estudio. El desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis reumatoide representa una solución innovadora y accesible que combina lo mejor de la tecnología y la terapia física. Este enfoque no solo mejora la adherencia al tratamiento y reduce los riesgos asociados a la asistencia presencial, sino que también ofrece una experiencia de rehabilitación más motivadora y efectiva. A través de este trabajo, se espera contribuir al avance de las tecnologías aplicadas a la salud y mejorar la calidad de vida de los pacientes con artritis reumatoide.

RESUMEN

Esta tesis propone el desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos en Unreal Engine para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis reumatoide, utilizando el sensor de movimiento Leap Motion. El objetivo principal es ofrecer una alternativa segura y efectiva a las terapias tradicionales, que suelen ser costosas, largas y con riesgo de contagio en entornos hospitalarios. El sistema busca motivar a los pacientes mediante un enfoque lúdico, mejorando la adherencia al tratamiento y permitiendo la rehabilitación desde el hogar, lo que reduce los tiempos de traslado y los riesgos asociados a la asistencia presencial.

El proyecto se basa en la creación de un videojuego que simula una pista de carreras, donde los pacientes realizan ejercicios de rehabilitación mediante gestos con las manos, detectados por el Leap Motion. Este dispositivo captura los movimientos de las manos en tiempo real, permitiendo una interacción precisa con el entorno virtual. El desarrollo del software se realizó en Unreal Engine 5.1, utilizando programación en C++ y blueprints para implementar la lógica de movimiento, aceleración, frenado y dirección del vehículo virtual. Además, se incluyeron elementos secundarios como luces de freno y controles de dirección, integrados en un sistema lógico cohesivo.

Los resultados obtenidos demuestran que el sistema es viable y efectivo para la rehabilitación de manos, ofreciendo una experiencia interactiva y motivadora para los pacientes. La investigación también destaca la importancia de la gamificación en la terapia física, ya que no solo mejora la movilidad y coordinación de las manos, sino que también contribuye al bienestar emocional de los pacientes. Aunque se identificaron limitaciones, como la dependencia del hardware y la necesidad de visibilidad constante de ambas manos, el proyecto abre nuevas posibilidades para tratamientos personalizados y accesibles, especialmente en contextos de pandemia o para pacientes con movilidad reducida.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

Desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos en Unreal Engine para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis reumatoide

1.1 Antecedentes del problema de investigación

La rehabilitación de manos en personas ha sido tradicionalmente un proceso largo y costoso, particularmente para aquellos que padecen de artritis reumatoide. Las terapias convencionales, basadas en ejercicios repetitivos y dispositivos ortopédicos, son efectivas, pero requieren largas sesiones, lo que puede provocar desmotivación en los pacientes. Además, el acceso a centros de rehabilitación puede verse limitado por factores como la distancia geográfica, el costo o más recientemente, los riesgos de contagio en un entorno hospitalario, especialmente durante situaciones de emergencia sanitaria como la pandemia de COVID-19. La tasa de contagio también varió según grupos etarios y condiciones preexistentes. Por ejemplo, los trabajadores de salud en Panamá, durante la Pandemia[1], tuvieron un riesgo notablemente alto, con un 41% de los contagios identificados en el lugar de trabajo. (Ministerio de Salud-**MINSA**, 2022).

En respuesta a estos desafíos, los avances en la tecnología han abierto nuevas oportunidades para optimizar el proceso de rehabilitación. El uso de videojuegos y la realidad virtual en la salud ha demostrado ser una herramienta eficaz para motivar a los pacientes y mejorar su adherencia al tratamiento. Los videojuegos permiten presentar ejercicios de rehabilitación de una manera lúdica y atractiva, lo que puede potenciar la neuroplasticidad y promover la recuperación motora de los miembros superiores.

Este enfoque no solo ofrece beneficios en términos de motivación, sino que también reduce el costo de traslado de los pacientes, al poder realizar estas rehabilitaciones en su propio hogar, evitando la necesidad de que los pacientes se trasladen a un

[1] Según la Dra. Rocío Arjona, en su Informe Epidemiológico de 2022. COVID 19 en trabajadores de la salud marzo 2020-febrero 2021.

centro de salud. De esta manera, se reduce el riesgo de contagios en contextos de pandemia u otras infecciones hospitalarias y reduciendo el tiempo de atención mejorando la seguridad del paciente durante el proceso de recuperación.

1.2 Planteamiento del problema

Las personas que padecen artritis reumatoide enfrentan diversos obstáculos en la rehabilitación de sus manos, tales como los elevados costos de los tratamientos, los traslados, la escasa disponibilidad de centros especializados y la creciente necesidad de minimizar el riesgo de contagio por enfermedades nosocomiales. Estos factores impactan de manera negativa en la efectividad de sus terapias y resultados, según la especialista Chang-Miller A. (2023) y la organización Aspace Jaén (2023).

La rehabilitación de manos en personas con artritis reumatoide ha sido tradicionalmente un proceso largo y costoso. Las terapias convencionales, basadas en ejercicios repetitivos y dispositivos ortopédicos, son efectivas, pero requieren largas sesiones, lo que puede provocar desmotivación en los pacientes. Además, el acceso a centros de rehabilitación puede verse limitado por factores como la distancia geográfica, el costo o, más recientemente, los riesgos de contagio en un entorno hospitalario, especialmente durante situaciones de emergencia sanitaria como la pandemia de COVID-19. Durante este período, la tasa de contagio varió según grupos etarios y condiciones preexistentes. Por ejemplo, los trabajadores de salud en Panamá tuvieron un riesgo notablemente alto, con un 41% de los contagios identificados en el lugar de trabajo (Ministerio de Salud-MINSA, 2022).

En respuesta a estos desafíos, los avances en la tecnología han abierto nuevas oportunidades para optimizar el proceso de rehabilitación. El uso de videojuegos y la realidad virtual en la salud ha demostrado ser una herramienta eficaz para motivar a los pacientes y mejorar su adherencia al tratamiento. Los videojuegos permiten presentar ejercicios de rehabilitación de una manera lúdica y atractiva, lo que puede potenciar la neuroplasticidad y promover la recuperación motora de los miembros

superiores. Este enfoque no solo ofrece beneficios en términos de motivación, sino que también reduce el costo de traslado de los pacientes, al poder realizar estas rehabilitaciones en su propio hogar, evitando la necesidad de que los pacientes se trasladen a un centro de salud. De esta manera, se reduce el riesgo de contagios en contextos de pandemia u otras infecciones hospitalarias, mejorando la seguridad del paciente durante el proceso de recuperación.

Ante esta problemática, surge la necesidad de explorar alternativas innovadoras que permitan a los pacientes realizar sus terapias de manera segura y efectiva. Por ello, este estudio se enfoca en responder a la siguiente pregunta de investigación: **¿Cómo puede la implementación de un videojuego simulado ofrecer una alternativa segura y efectiva para la rehabilitación de manos en personas con artritis, evitando exponer al paciente a los riesgos de un entorno hospitalario?**

Este estudio propone el "desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos utilizando la herramienta Unreal Engine para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis."

1.3 Justificación de la investigación

La implementación de videojuegos en la rehabilitación de manos en personas con artritis reumatoide responde a una necesidad urgente de soluciones innovadoras que reduzcan el riesgo de contagio en pacientes que requieren asistencia médica prolongada.

El confinamiento durante la pandemia de COVID-19 demostró la importancia de contar con sistemas que permitan continuar la atención médica a distancia, asegurando que los pacientes mantengan su seguridad y bienestar sin comprometer su proceso de recuperación. Además, esta tecnología puede aumentar el acceso a la rehabilitación para pacientes en áreas rurales o con limitaciones de movilidad**.**

Esta herramienta también podría utilizarse en los servicios de Medicina física y rehabilitación, como uso complementario a las demás técnicas de terapia ocupacional y fisioterapia, beneficiando a los pacientes que requieren recuperar la autonomía de funciones básicas como comer, peinarse o cargar objetos debido a la reducción de la movilidad de sus articulaciones.

Se eligió el tema de la rehabilitación de personas con artritis reumatoide, con un enfoque específico en las manos, dado que son una de las partes más funcionales y versátiles del cuerpo humano. Según **Wüest, S., Borghese, N. A., Pirovano, M., Mainetti, R., Van de Langenberg, R., & De Bruin, E. D. (2014)**. Las manos desempeñan un papel crucial en las actividades diarias, por lo que su recuperación es esencial para mejorar la calidad de vida de los pacientes. Este enfoque no solo aborda la necesidad de tratamiento físico, sino que también aprovecha la tecnología para proporcionar una solución innovadora y accesible para los pacientes. Utilizando enfoques de simulación, se puede desarrollar un sistema que permita a los pacientes realizar ejercicios de rehabilitación de manera controlada, en la comodidad de sus hogares. Este método ofrece un enfoque personalizado y adaptable a las necesidades de cada paciente, Por tanto, el desarrollo de este sistema no es simplemente una opción, sino una necesidad para abordar las demandas actuales y futuras de la rehabilitación. Según la empresa **Rehametrics. (2024, 21 noviembre)** está formado por un equipo de profesionales con dilatada trayectoria en los campos de la neurociencia y la informática, **Aspace Jaén**. **(2023, 28 marzo)** que han unido su conocimientos y experiencia para crear un programa de rehabilitación virtual, dirigido a profesionales, capaz de mejorar los resultados y la calidad de los tratamientos de rehabilitación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos empleando la plataforma Unreal Engine para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis reumatoide.

Objetivos Específicos

- Conocer los métodos de rehabilitación utilizados para tratar las artritis reumatoides en las manos.
- Desarrollar un software de rehabilitación basado en un simulador Unreal Engine 5 para tratar la artritis en las articulaciones de las manos.
- Validar el funcionamiento del sistema de rehabilitación midiendo la percepción de 10 fisioterapista en el uso de este.

1.5 Alcance y límites de la investigación

1.5.1 Alcance

Esta investigación se centrará en el desarrollo de un videojuego como herramienta para la rehabilitación de la mano en personas con artritis. Se utilizará una interfaz cerebro-computadora (BCI) que será probada (implementada) y evaluada, realizando simulaciones que abarcan la exploración de tecnología virtual e inteligencia artificial (IA).

Variables: Una variable en un proyecto de tesis se refiere a cualquier elemento que puede ser medido, manipulado o controlado durante la investigación. Es fundamental para establecer relaciones de causa y efecto, y su correcta identificación y definición son cruciales para el desarrollo del estudio. La Real Academia de la Lengua Española también define la variabilidad como la cualidad de variable, enfatizando su carácter cambiante y adaptable. (**RAE**, 2023).

- Variable independiente: aceptación el uso de videojuegos diseñados para rehabilitación de manos de personas con artritis.
- Variable dependiente: progreso en la recuperación física fuerza, movilidad y coordinación de la mano.
- Variable de control: tiempo de la lesión o tratamiento con la aplicación, programa o videojuego.

1.5.2 Tiempo

- La presente investigación es un estudio que abarca el desarrollo de un videojuego destinado a la rehabilitación de manos de personas con artritis, se estima que la recopilación y el procesamiento de los datos requerirán aproximadamente 12 semanas, en la primera semana se llevará a cabo una encuesta para obtener la percepción de un especialista de fisioterapia cuyo periodo es de 5 días, con 2 días adicionales dedicados al procesamiento y análisis de los datos obtenidos.

1.5.3 Límites de investigación:

Este proyecto no incluyó pacientes que padecen artritis reumatoide, debido a restricciones éticas establecidas por el comité de bioética. Por esta razón, no se realizaron pruebas clínicas en usuarios finales, priorizando el respeto a los protocolos éticos en investigaciones que involucran personas con condiciones médicas.

En lugar de pruebas en pacientes, se optó por una validación del sistema basada en el juicio de expertos en fisioterapia, quienes evaluaron el prototipo a través de su conocimiento profesional, experiencia clínica y criterio técnico. Esta estrategia permitió analizar la utilidad, funcionalidad y posible impacto del sistema en el proceso de rehabilitación de manos, enfocándose en su capacidad para apoyar a personas que buscan recuperar movilidad articular de forma segura, accesible, entretenida y efectiva.

1.6 Línea de investigación a la que pertenece el estudio

El presente estudio pertenece a la línea de investigación en ciencias de la salud, específicamente en el ámbito de la ingeniería clínica y biomédica. Este enfoque se centra en la intersección entre la tecnología y la salud, buscando innovaciones que mejoren la calidad de vida de los pacientes. En particular, este trabajo titulado **" Desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis reumatoide**

1.7 Materiales y métodos

1.7.1 Fase 1: Revisión del estado del arte

En esta primera etapa se llevó a cabo una revisión de artículos científicos relacionada con la anatomía funcional de la mano, la artritis reumatoide y las aplicaciones tecnológicas en procesos de rehabilitación física. Se consultaron artículos académicos, investigaciones previas y casos de estudio sobre el uso de videojuegos y realidad virtual como apoyo terapéutico en pacientes con limitaciones motoras. Además, se analizaron ejemplos de empresas especializadas en terapias digitales que han demostrado mejoras en la calidad de vida mediante plataformas interactivas. Esta fase permitió establecer una base teórica sólida para sustentar el diseño del sistema.

1.7.2 Fase 2: Aplicación de encuesta diagnóstica a fisioterapeutas

La segunda fase consistió en la implementación de una encuesta de diagnóstico dirigida a 10 profesionales de la fisioterapia. El objetivo fue conocer si estos especialistas habían utilizado previamente videojuegos como herramientas complementarias en procesos de rehabilitación, y si estarían dispuestos a integrar nuevas tecnologías en sus prácticas clínicas. Las respuestas recolectadas ofrecieron una perspectiva inicial sobre la aceptación profesional ante el uso de entornos virtuales para el tratamiento de afecciones musculoesqueléticas, como la artritis reumatoide.

1.7.3 Fase 3: Desarrollo del entorno virtual y configuración del sistema

Durante esta etapa se realizó la construcción del entorno interactivo mediante el uso de la plataforma Unreal Engine 5. El desarrollo se llevó a cabo en una estación de trabajo con las siguientes características técnicas: procesador AMD Ryzen 5 5600G, memoria RAM de

16 GB, disco sólido de 500 GB y tarjeta gráfica NVIDIA RTX 4060 de 8 GB de VRAM. Para la captura de movimientos se utilizó el sensor Leap Motion, el cual fue programado y calibrado mediante la plataforma Ultraleap, ajustando configuraciones específicas como la inversión de cámara para mejorar la detección de manos. Todo el proceso de diseño y funcionalidad fue representado mediante un diagrama de flujo que detalla las etapas de interacción y respuesta dentro del videojuego. El sistema simula ejercicios de rehabilitación en un entorno lúdico adaptado a los requerimientos terapéuticos.

1.7.4 Fase 4: Evaluación del sistema por profesionales fisioterapeutas

Una vez finalizado el desarrollo del prototipo, se procedió a su validación práctica mediante la aplicación del sistema a diez fisioterapeutas, quienes interactuaron con el videojuego en un entorno de prueba controlado. Posteriormente, se les aplicó una encuesta estructurada en escala tipo Likert con el fin de evaluar distintos aspectos del sistema, como su funcionalidad, facilidad de uso, efectividad, adaptabilidad y aplicabilidad en el ámbito clínico. Esta retroalimentación fue esencial para determinar el nivel de utilidad del videojuego en el contexto terapéutico real.

1.7.5 Fase 5: Análisis de resultados y conclusiones técnicas

En la última fase se analizaron los resultados obtenidos durante las pruebas funcionales y la evaluación por parte de los especialistas. Se identificaron fortalezas del sistema, tales como la precisión del sensor, la fluidez del entorno virtual y la facilidad de integración en sesiones de rehabilitación. A pesar de las limitaciones éticas que impidieron su aplicación directa en pacientes, el juicio clínico de los fisioterapeutas permitió concluir que el sistema es una propuesta viable y prometedora para apoyar la recuperación de personas con artritis reumatoide, mejorando la movilidad de las manos de manera interactiva, segura y accesible.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación:

López J. (2019) de la Universidad Mexicali, Baja California, presenta en su tesis titulada "Leap Motion para medir la amplitud del movimiento de una articulación (la mano)" el desarrollo de un software denominado Leap Angles. Este software está diseñado para medir la amplitud del movimiento de la mano mediante sensores Leap Motion. El objetivo general de la investigación es determinar la confiabilidad del dispositivo Leap Motion para medir la amplitud del movimiento en estas articulaciones. Para ello, se establecieron dos objetivos específicos: desarrollar una aplicación que utilice el Leap Motion para medir la amplitud del movimiento y contrastar las mediciones obtenidas por un fisioterapeuta, usando un goniómetro convencional con las obtenidas mediante Leap Angles. La metodología se basa en la terapia de rehabilitación, donde se utiliza la medición de amplitud del movimiento para diagnóstico y tratamiento. Los resultados mostraron que Leap Angles puede sustituir al goniómetro en la medición de abducción, con un ICC entre 0.51 y 1 en la mayoría de las articulaciones. Sin embargo, para la flexión metacarpo-falángica, el ICC fue inferior a 0.4, lo que indica que Leap Angles no es un sustituto adecuado. Los datos obtenidos revelaron diferencias específicas en las mediciones entre los dedos en diferentes ángulos. En conclusión, aunque LeapAngles es efectivo para medir la abducción, no se puede utilizar como reemplazo del goniómetro para todas las mediciones de flexión.

Camargo D. (2022) de la Universidad Antonio Nariño, Bogotá, presenta en su trabajo final de grado un prototipo de dispositivo electrónico destinado al tratamiento analgésico y desinflamatorio de la artritis reumatoide (AR) en el miembro superior. La AR es una enfermedad degenerativa que provoca inflamación en las articulaciones, causando dolor y pérdida funcional. Actualmente, los tratamientos convencionales incluyen fármacos y terapias físicas como termoterapia y electroestimulación, pero existen limitaciones en las herramientas disponibles.

El proyecto propone un dispositivo que aplica técnicas de termoterapia y electroestimulación de baja frecuencia para aliviar el dolor en la mano, puesto que

es el área más afectada por la AR. El prototipo está diseñado para ser amigable con el usuario, facilitando su operación mediante una interfaz visual y un manual práctico. El objetivo general es construir un dispositivo electrónico eficaz para el tratamiento de la AR, mientras que el específico se centra en crear un sistema de electroestimulación y termoterapia. Las pruebas realizadas confirmaron que el prototipo funciona correctamente, cumpliendo con normativas de seguridad al no exceder los 90 mA de corriente, lo que garantiza la integridad del paciente. En conclusión, el manual práctico desarrollado es fundamental para asegurar un uso adecuado del dispositivo, contribuyendo a la rehabilitación del dolor asociado con la AR y prolongando la durabilidad del equipo.

Linarez V. (2023) de la Universidad de les Illes Balears, cuya tesis ha titulado: “Actualización del tratamiento de la artritis reumatoide (AR)”, analiza los avances recientes en las estrategias terapéuticas para esta enfermedad crónica. Se destaca el enfoque de "tratamiento hasta conseguir el objetivo", que implica un control agresivo de la inflamación para prevenir daños articulares irreversibles. Además, se subraya la importancia de los fármacos modificadores de la enfermedad (como el Metotrexato) y se exploran terapias emergentes, incluyendo terapia génica y celular. Como objetivo general se ha planteado: Actualizar y evaluar las estrategias terapéuticas actuales para el tratamiento de la artritis reumatoide. En cuanto a metodología de esta investigación se revisaron estudios recientes sobre el manejo de la AR, enfocándose en el uso de fármacos modificadores de la enfermedad, terapias biológicas y sintéticas, así como enfoques multidisciplinarios que incluyen educación del paciente y fisioterapia. Como resultados, los hallazgos obtenidos indican que las nuevas estrategias terapéuticas han mejorado significativamente la calidad de vida de los pacientes con AR. La implementación del enfoque "tratamiento hasta conseguir el objetivo" ha demostrado ser efectivo en el control temprano de la inflamación y en la reducción del daño articular. Además, las terapias biológicas y sintéticas han mostrado alta efectividad en pacientes con AR activa y refractaria, llegando a la conclusión de que a pesar de los avances significativos en

el tratamiento de la AR, las perspectivas futuras son prometedoras con el desarrollo continuo de nuevas terapias dirigidas y alternativas emergentes que podrían mejorar aún más los resultados clínicos y minimizar los efectos secundarios, contribuyendo a una mejor calidad de vida para los pacientes.

Mora y Cárdenas (2023) de la Universidad de Zuay, Cuenca, Ecuador, en su trabajo final de grado titulado “Desarrollo de un juego formativo para los movimientos de agarre y pinza de la mano basado en una interfaz Leap Motion”, abordan la problemática de las personas con discapacidad en Ecuador, donde el 45.66% presenta discapacidad física, lo que afecta su calidad de vida y su capacidad para realizar actividades diarias. La investigación se centra en el uso de tecnología para mejorar la rehabilitación de estos pacientes a través de juegos serios que incorporan herramientas como Leap Motion. El objetivo general que abarca es desarrollar un juego formativo que evalúe los movimientos de agarre y pinza de la mano utilizando una interfaz Leap Motion y el objetivo específico se dirige a implementar un sistema que facilite la rehabilitación mediante la práctica de movimientos específicos a través de un entorno lúdico. En relación con la metodología se utilizó programación orientada a objetos para el desarrollo del juego. Se realizaron pruebas con usuarios para evaluar el funcionamiento del juego, explicando cómo utilizar la interfaz y los movimientos requeridos en cada nivel. En los resultados las pruebas mostraron que los participantes comprendieron rápidamente cómo interactuar con el juego. Se observó una disminución en los tiempos necesarios para completar las sesiones a medida que avanzaban, indicando una mejora en la adaptación al entorno virtual y el desarrollo de memoria muscular. Conclusión: Los resultados sugieren que el juego formativo desarrollado puede ser una herramienta efectiva para la rehabilitación de los movimientos de agarre y pinza en pacientes con discapacidad, mejorando su calidad de vida y facilitando su proceso de recuperación.

Moreno R. (2012) en su estudio realizado en la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, titulado “Análisis de los efectos de la intervención desde terapia

ocupacional sobre la percepción del dolor crónico y la calidad de vida en pacientes con artritis reumatoide", concluye que un programa de ejercicios puede ser efectivo para aliviar los síntomas de la artritis reumatoide (AR). El objetivo general planteado fue: Evaluar el impacto de un programa de ejercicios sobre la percepción del dolor crónico y la calidad de vida en pacientes con AR. El específico: Determinar cómo las intervenciones de terapia ocupacional pueden mejorar el manejo del dolor y la calidad de vida en estos pacientes. Metodología: Se implementó un programa estructurado de ejercicios que incluyó intervenciones específicas de terapia ocupacional. Se realizaron mediciones antes y después del programa para evaluar cambios en la percepción del dolor y en diferentes indicadores de calidad de vida. Resultados: Los resultados indicaron una mejora significativa en la percepción del dolor crónico y un aumento en la calidad de vida de los pacientes tras participar en el programa, lo que respalda la eficacia del ejercicio como parte del tratamiento para la AR. Conclusión: El estudio sugiere que los programas de ejercicio, integrados con terapia ocupacional, son beneficiosos para mejorar tanto el dolor como la calidad de vida en pacientes con artritis reumatoide, promoviendo su inclusión en los enfoques terapéuticos.

2.2 Bases teórica que sustentan la investigación:

2.2.1 ¿Qué es la artritis reumatoidea?

La artritis reumatoide es un trastorno inflamatorio crónico que puede afectar más que solo las articulaciones. En algunas personas, la afección puede dañar distintos sistemas corporales, incluida la piel, los ojos, los pulmones, el corazón y los vasos sanguíneos.

La artritis reumatoidea puede provocar dolor, hinchazón y deformidad. A medida que los tejidos que recubren las articulaciones (membrana sinovial) se inflaman, se engrosan y se acumula líquido, por lo que las articulaciones se degradan y deterioran.

A diferencia del daño por desgaste de la osteoartritis, la artritis reumatoide afecta el revestimiento de las articulaciones y causa una dolorosa hinchazón que puede finalmente causar la erosión ósea y la deformidad de las articulaciones.
La inflamación asociada a la artritis reumatoide también puede dañar otras partes del cuerpo.

Si bien los medicamentos nuevos han mejorado las opciones de tratamiento en gran medida, la artritis reumatoide grave aún puede causar discapacidades físicas.

La artritis por definición es la inflamación de una articulación. Esto se manifiesta como cambios en la temperatura, aumento de tamaño, dolor y limitación para la función de dicha articulación. Son múltiples las causas de artritis desde traumatismos hasta una mala alimentación.

La artritis reumatoide es una enfermedad que se produce porque el sistema inmune reconoce como extrañas determinadas partes de las articulaciones produciendo una inflamación crónica. Se engloba en el grupo de las ERAS (Enfermedades Reumáticas Autoinmunes Sistémicas), según lo expuesto por García **Álvaro**, (2024).

Afecta fundamentalmente a las articulaciones, pero puede no limitarse solo a estas, provocando síntomas generales, respiratorios, neurológicos, oculares y cutáneos.

La artritis reumatoide (AR) tiene una base genética, aunque tener determinados genes como el HLA DR4, no son condición suficiente para el desarrollo de esta, ya que son necesarios otros factores ambientales adicionales para su aparición. Dentro de estos destacan el consumo de tabaco, la obesidad, dietas ricas en ultra procesados, la inactividad física y las infecciones periodontales,
Es más frecuente en mujeres y suele aparecer en la mediana edad. Según el estudio EPISER sobre prevalencia e impacto de las enfermedades reumáticas, realizado por la Sociedad Española de Reumatología (SER), se estima que en España más de 300.000 personas padecen artritis reumatoide y cada año se diagnostican en torno a 20.000 casos nuevos.

Hasta la aparición de los tratamientos avanzados la artritis reumatoide, ha sido la más incapacitante de las enfermedades reumáticas.



Ilustración 1 (Top-ranked Hospital in The Nation, s. f.)

2.2.2 Anatomía de la mano

La epistemología de la mano resulta fundamental para examinar y clasificar en detalle las secciones específicas que intervienen en la aplicación de la electroestimulación, orientando así la terapia hacia el manejo del dolor de manera precisa. Esta técnica es especialmente relevante en el tratamiento de condiciones como la artritis reumatoide, ya que afecta principalmente a las articulaciones sinoviales.

La fisiología de la mano incluye diversas articulaciones, entre ellas las interfalángicas distales y proximales, la metacarpofalángica, la carpometacarpiana del pulgar y la mediocarpiana; cada una de las cuales juega un papel único en el movimiento y función de la mano. En este contexto, un punto de referencia clave es la palma, que constituye la superficie anterior de la mano y se extiende desde la base de los dedos. Inicia desde la zona dorsal del dedo meñique, hacia el cúbito y se orienta hacia el radio, abarcando la estructura ósea que soporta los dedos índice y pulgar. Esta referencia anatómica es esencial para una correcta localización y aplicación de la electroestimulación en terapias de rehabilitación y manejo del dolor.

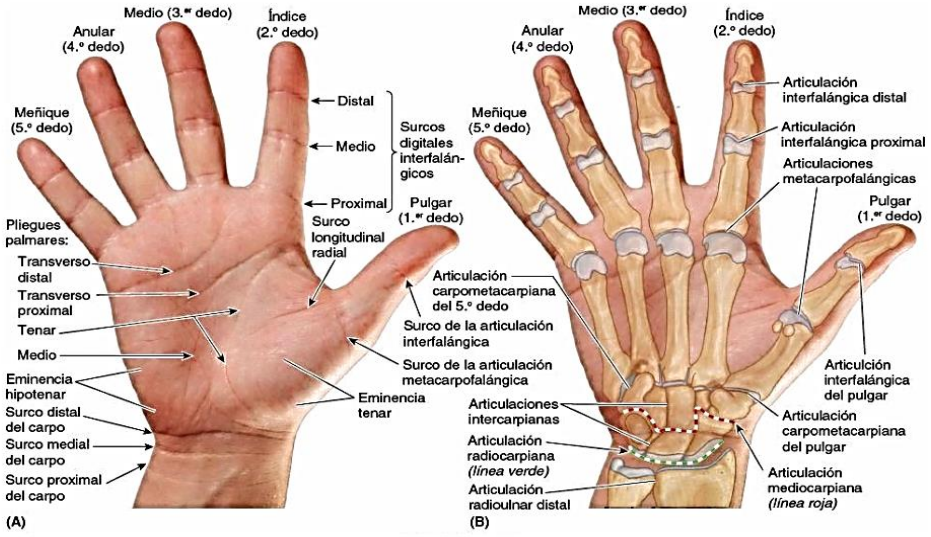


Ilustración 2-3. (Apuntes de Anatomía | Enfermería, s. f.).

Tabla 1 Movimientos cinemáticos de los dedos de la mano. Fuente: Broome, 2005)

Movimiento osteocinemático en:	Articulación	Movimiento en grados
Dedos	MCF	Flexión: 90° Extensión: 30° a 45° Aducción/Abducción: 40°
	IFP	Flexión: 100° Extensión:0°
	IFD	Flexión: 90° Extensión: 20°

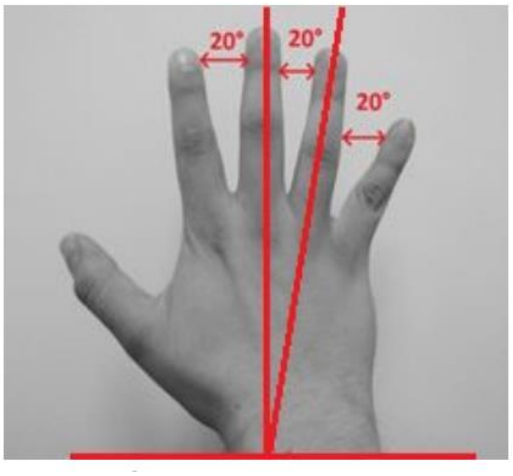


Ilustración 3 Movimiento de abducción entre los dedos de la mano. Fuente: (Broome, 2005)

2.2.3 Síntomas:

Los signos y síntomas de la artritis reumatoide pueden incluir lo siguientes:

- Articulaciones sensibles, calientes e hinchadas.
- Rigidez articular que generalmente empeora por las mañanas y después de la inactividad.
- Cansancio, fiebre y pérdida del apetito.

En sus inicios, la artritis reumatoide tiende a afectar primero las articulaciones más pequeñas, especialmente las que unen los dedos de las manos con las manos y los dedos de los pies con los pies.

A medida que avanza la enfermedad, los síntomas suelen extenderse a las muñecas, las rodillas, los tobillos, los codos, la cadera y los hombros. En la mayoría de los casos, los síntomas se producen en las mismas articulaciones en ambos lados del cuerpo.

Alrededor del 40 % de las personas que padecen artritis reumatoide, también presentan signos y síntomas que no impliquen a las articulaciones. Las zonas que pueden estar afectadas incluyen las siguientes:

- Piel
- Ojos
- Pulmones
- Corazón
- Riñones
- Glándulas salivales
- Tejido nervioso
- Médula ósea
- Vasos sanguíneos

Los signos y los síntomas de la artritis reumatoide pueden variar en intensidad e incluso pueden aparecer y desaparecer. Los momentos de mayor actividad de la enfermedad, denominados brotes, se alternan entre períodos de remisión relativa, cuando la hinchazón y el dolor se disipan o desaparecen. Con el paso del tiempo, la artritis reumatoide puede provocar que las articulaciones se deformen y salgan de lugar.



Ilustración 4 Zona metacarpiana erosionada por la artritis reumatoidea (Eidos, 2021)

2.2.4 Causas:

La artritis reumatoide es una enfermedad autoinmunitaria. Generalmente, el sistema inmunitario ayuda a proteger el cuerpo de una infección o de una enfermedad. En la artritis reumatoide, este ataca al tejido sano en las articulaciones. También puede causar problemas médicos en el corazón, los pulmones, los nervios, los ojos y la piel.

Los médicos no han determinado lo que inicia este proceso, aunque parece probable que sea un componente genético. Si bien los genes no causan artritis reumatoide, pueden hacer el individuo tenga más probabilidades de reaccionar a los factores ambientales, como infección con determinados virus y bacterias que pueden desencadenar la enfermedad.

2.2.5 Factores de riesgo:

Los factores que pueden aumentar el riesgo de padecer artritis reumatoide incluyen:

- **El sexo.** Las mujeres son más propensas que los hombres a desarrollarla
- **Edad.** La artritis reumatoide se puede producir en cualquier lapso de vida, pero es más frecuente a mediana edad.

- **Antecedentes familiares.** Si dentro del árbol genealógico, un miembro padece artritis reumatoide, el riesgo de que otro la sufra puede ser mayor.
- **Tabaquismo.** Fumar cigarrillos aumenta el riesgo de desarrollar artritis reumatoide, especialmente si tienes predisposición genética a desarrollar la enfermedad. Fumar también parece estar asociado a una gravedad de esta.
- **Sobrepeso.** Las personas que tienen sobrepeso parecen tener un mayor riesgo de desarrollar artritis reumatoide.

2.2.6 Complicaciones:

La artritis reumatoide aumenta el riesgo de desarrollar:

- **Osteoporosis.** La artritis reumatoide en sí, junto con algunos medicamentos utilizados para tratar la artritis reumatoide, pueden aumentar tu riesgo de osteoporosis, una afección que debilita los huesos y los hace más propensos a las fracturas.
- **Nódulos reumatoides.** Estos bultos firmes de tejido se forman con mayor frecuencia alrededor de los puntos de presión, como los codos. Sin embargo, estos nódulos pueden formarse en cualquier parte del cuerpo, incluidos el corazón y los pulmones.
- **Sequedad en los ojos y la boca.** Las personas que tienen artritis reumatoide son mucho más propensas a desarrollar el síndrome de Sjogren, un trastorno que disminuye la cantidad de humedad en los ojos y la boca.
- **Infecciones.** La artritis reumatoide, en sí y muchos de los medicamentos utilizados para combatirla, pueden dañar el sistema inmunitario y provocar un aumento de las infecciones; por lo que se sugiere la protección con vacunas para prevenir enfermedades como la gripe, la neumonía, la culebrilla y el COVID-19.
- **Composición anormal del cuerpo.** La proporción de grasa en relación con la masa magra, a menudo es mayor en las personas que tienen artritis reumatoide, incluso en aquellas personas que tienen un índice de masa corporal normal.

- **Síndrome del túnel carpiano.** Si la artritis reumatoide afecta las muñecas, la inflamación puede comprimir el nervio que irriga la mayor parte de la mano y los dedos.
- **Problemas cardíacos.** La artritis reumatoide puede aumentar el riesgo de endurecimiento y obstrucción de las arterias, así como la inflamación del saco que rodea el corazón.
- **Enfermedad pulmonar.** Las personas con artritis reumatoide tienen un mayor riesgo de inflamación y proceso de cicatrización de los tejidos pulmonares, lo que puede provocar una falta de aire progresiva.
- **Linfoma.** La artritis reumatoide aumenta el riesgo de linfoma, un grupo de cánceres de la sangre que se desarrollan en el sistema linfático.

2.3 Sistema biológico Involucrado**:**

La artritis reumatoide es una enfermedad en la cual el sistema inmunitario ataca las articulaciones, comenzando con el revestimiento de estas. La artritis reumatoide es una enfermedad auto inmunitaria. Generalmente, tu sistema inmunitario ayuda a proteger el cuerpo de una infección o de una enfermedad.

2.3.1 Tratamientos físicos comunes para aliviar los síntomas de la artritis reumatoide.

2.3.2 Termoterapia

El uso de calor y frío local es una práctica efectiva para reducir el dolor y la rigidez articular en personas con artritis reumatoide. La aplicación de frío ayuda a disminuir la inflamación aguda al provocar vasoconstricción, reducir el metabolismo y ralentiza la conducción nerviosa. Por otro lado, el calor incrementa la circulación sanguínea en la zona afectada, lo cual alivia el dolor y disminuye la rigidez muscular. Sin embargo, el uso de calor profundo, como el generado por ultrasonido continuo o microondas, está desaconsejado en la artritis reumatoide, ya que podría aumentar la temperatura articular y empeorar la inflamación.

2.3.3 Hidroterapia

La hidroterapia, que incluye ejercicios en agua, resulta beneficiosa al reducir la presión sobre las articulaciones debido a la flotación. Esto permite realizar movimientos con menor compresión articular, lo cual alivia el dolor y mejora los arcos de movimiento. Este tipo de terapia es especialmente recomendable para pacientes con artritis moderada a severa, personas que han pasado por un reemplazo articular y quienes presentan problemas cardiopulmonares, ya que el medio acuático facilita el ejercicio y ayuda a la rehabilitación.

2.3.4 Ultrasonido Pulsátil

El ultrasonido pulsátil se utiliza en el tratamiento de la artritis reumatoide debido a sus efectos mecánicos sobre los tejidos. Este tipo de ultrasonido promueve la vasodilatación, lo cual incrementa el flujo sanguíneo y el metabolismo en la zona afectada, estimulando la regeneración tisular. Además, el ultrasonido pulsátil contribuye a disminuir la rigidez y la contractura articular, aliviando el dolor y relajando los espasmos musculares.

2.4 Tratamientos terapéuticos curativos utilizando el sensor Leap Motion:

Leap Motion es un sensor de movimiento que nos permite controlar el ordenador mediante gestos que realizamos en el aire. Está formado por una parte hardware y otra de software. El hardware de Leap Motion está formado por un pequeño aparato, compuesto por 2 cámaras e infrarrojos.



Ilustración 5 Sensor Infrarrojo Leap Motion (Pastor, 2013)

El dispositivo es compatible con Windows y con Mac OS, que permite controlar aplicaciones y juegos con gestos de nuestra mano. La precisión de la detección y del reconocimiento de gestos es una de sus garantías, por lo que se comprueba si este desarrollo cumple con las expectativas que se tienen para este proyecto final de grado.



Ilustración 6 Partes electrónicas del sensor Leap Motion (Dipert, 2013)

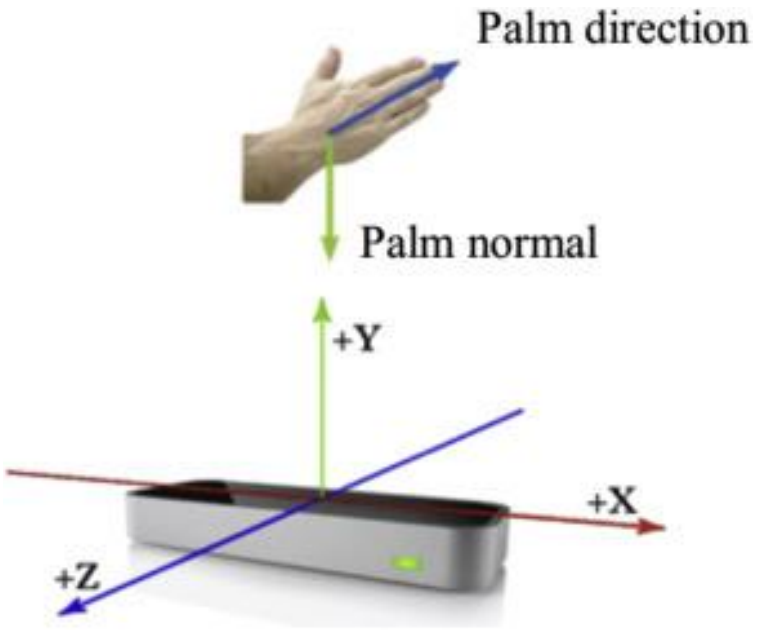


Ilustración 7 Coordenadas cartesianas que localizan el movimiento de la mano del paciente (2016). ScienceDirect

2.5 La Mano:

Según **Palastanga,** (2007) la mano es considerada el principal instrumento para la manipulación física del ambiente; cuyas funciones principales son tomar o sostener objetos.

La mano se compone por 27 huesos, los cuales se agrupan en tres subgrupos: huesos de la muñeca, huesos de la palma y huesos de los dedos. El subgrupo de la muñeca se compone de 8 huesos: trapecio, trapezoide, grande, ganchoso, pisiforme, piramidal, semilunar y escafoides. Mientras que, el subgrupo de la palma se compone del primero al quinto metacarpiano. Finalmente, el subgrupo de los huesos de los falanges o dedos que son dos huesos para el dedo pulgar y tres para el resto de los dedos. Estos están separados en tres secciones: la falange más cercana a la mano se llama proximal, a continuación, viene la falange media (esta no la encontramos en el dedo pulgar), y por último la más distante de la mano es la falange distal.

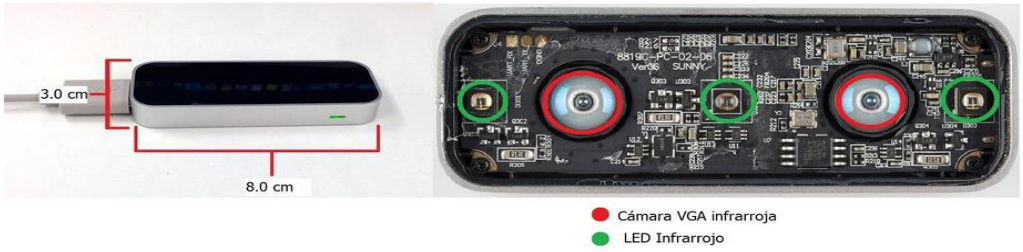
2.6 Características técnicas de Leap Motion

Las dimensiones del dispositivo Leap Motion son: 8 cm de largo por 3 cm de ancho. Las especificaciones técnicas del dispositivo utilizado en esta tesis se listan en la **Tabla1**. Los principales componentes del dispositivo son: tres diodos emisores de luz (LEDs), dos cámaras VGA monocromáticas y un microcontrolador (ver **Figura 6**).

Ilustración 8 Leap Motion Modelo LM-010. Fuente: (Koifman, 2013).

Tabla 2 Aspectos técnicos de Leap Motion. Fuente: (Leap Motion, 2018)

Especificación	Valor
Precisión	0.1 mm
Tasa de muestreo	250 fps (del inglés cuadros por segundo)
Ángulo de visión	150
Interfaz de conexión	Universal Serial Bus



2.6.1 Soluciones:

2.6.1.1 Tecnología Leap Motion

Leap Motion es un dispositivo de control por gestos que permite la interacción con aplicaciones a través del movimiento de las manos. Su capacidad para detectar movimientos precisos puede ser utilizada en aplicaciones de rehabilitación,

permitiendo a los pacientes realizar ejercicios de manera interactiva y motivadora. Esto puede ser especialmente beneficioso para personas con AR, ya que la terapia física es fundamental para mantener la movilidad y reducir el dolor según (**López J**. 2019).

2.6.2 Aplicaciones en rehabilitación:

El uso de Leap Motion en la rehabilitación de pacientes con AR puede incluir:

- **Ejercicios de movilidad**: Programas que guían a los pacientes a través de ejercicios específicos para mejorar la flexibilidad y fuerza de las articulaciones afectadas.
- **Monitoreo de progreso**: La tecnología puede registrar el rendimiento del paciente, permitiendo ajustes en el tratamiento según sea necesario.
- **Interacción lúdica**: La gamificación de la terapia puede aumentar la adherencia al tratamiento, haciendo que los ejercicios sean más atractivos y menos dolorosos.



Ilustración 9 Rango de trabajo del Sensor Leap Motion (Ultraleap-hand-tracking, 2021)

2.6.3 Investigaciones previas:

Existen estudios que han comenzado a explorar la intersección entre la tecnología de Leap Motion y la rehabilitación de la AR. Por ejemplo, se han realizado análisis biomecánicos que utilizan Leap Motion para evaluar el movimiento en pacientes con AR, lo que puede ayudar a personalizar los programas de rehabilitación.

2.6.4 Soluciones tecnológicas:

Para el tratamiento de la artritis reumatoide utilizando tecnología como Leap Motion, hay varias soluciones tecnológicas que pueden ser implementadas. Leap Motion es un dispositivo que permite el control de la computadora mediante gestos de las manos, lo que puede ser muy útil en aplicaciones de rehabilitación y terapia física.

- **Rehabilitación virtual**

Ejercicios de movimiento: Utilizar Leap Motion para crear un entorno de rehabilitación virtual donde los pacientes puedan realizar ejercicios de movilidad de las manos y articulaciones. Esto puede ayudar a mejorar la flexibilidad y reducir el dolor.

Feedback en tiempo real: El dispositivo puede proporcionar retroalimentación instantánea sobre la calidad del movimiento, lo que permite a los pacientes corregir su técnica y mejorar su rango de movimiento.

- **Juegos terapéuticos**

Gamificación de la rehabilitación: Desarrollar juegos que requieran movimientos específicos de las manos y dedos, para incentivar a los pacientes a participar en su tratamiento de manera más lúdica. Esto puede aumentar la adherencia al tratamiento y hacer que la terapia sea más atractiva.

Monitoreo de progreso: Los juegos pueden incluir métricas que registren el progreso del paciente, permitiendo a los terapeutas ajustar los programas de tratamiento según las necesidades de los convalecientes.

- **Interacción con dispositivos de realidad aumentada (AR)**

Simulaciones de actividades diarias: Integrar Leap Motion con aplicaciones de realidad aumentada para simular actividades cotidianas que los pacientes deben realizar, ayudándoles a practicar y mejorar sus habilidades motoras en un entorno seguro.

Visualización de movimientos: Hacer visibles mediante la técnica 3D ciertos movimientos, para mostrar a los pacientes cómo los deben realizar, lo que puede ser especialmente útil para aquellos que tienen dificultades para comprender instrucciones verbales.

- **Telemedicina y seguimiento remoto:**

Sesiones de terapia a distancia: Estas facilitan que los terapeutas realicen terapias a distancia, mediante Leap Motion, para observar y guiar a los pacientes en sus ejercicios, desde casa.

Análisis de Datos: Recopilar datos sobre el rendimiento del paciente durante las sesiones, lo que permite a los médicos ajustar los tratamientos y hacer un seguimiento más efectivo del progreso.



Ilustración 10 Leap Motion en contextos de rehabilitación y terapia: (LeapMotion, 2018)

Integrar Leap Motion en el tratamiento de la artritis reumatoidea puede ofrecer soluciones innovadoras que mejoren la calidad de vida de los pacientes. Al combinar la tecnología con enfoques terapéuticos, se puede facilitar la rehabilitación y hacer que el proceso sea más interactivo y efectivo.

2.6.5 Variables:

En el contexto del tratamiento de la artritis reumatoide (AR), una "variable" puede referirse a varios factores que influyen en la efectividad del tratamiento y en la respuesta del paciente. Estas variables pueden incluir:

1. **Tipo de medicamento**: Existen diferentes clases de medicamentos utilizados para tratar la AR, como los fármacos antirreumáticos modificadores de la enfermedad (FARME), glucocorticoides y analgésicos antiinflamatorios. La elección del medicamento puede variar según la gravedad de la enfermedad y la respuesta del paciente a tratamientos previos.
2. **Características del paciente**: Factores como la edad, el sexo, la genética y la presencia de otras condiciones de salud pueden influir en cómo un paciente responde al tratamiento. Por ejemplo, algunos pacientes pueden experimentar efectos secundarios más severos que otros, lo que puede requerir ajustes en el tratamiento.
3. **Adherencia al tratamiento**: La forma como un paciente sigue las recomendaciones médicas y toma sus medicamentos, también es una variable crucial. La falta de adherencia puede llevar a un control inadecuado de la enfermedad y a un aumento de los síntomas.
4. **Evaluación y monitoreo**: La frecuencia y el tipo de evaluaciones médicas (como análisis de sangre y estudios de imagen) pueden afectar la adaptación del tratamiento a las necesidades cambiantes del paciente. Un monitoreo regular permite ajustar el tratamiento según la progresión de la enfermedad.
5. **Factores Psicosociales**: El estado emocional y el apoyo social del paciente también pueden influir en la efectividad del tratamiento. Estrategias para el

manejo del estrés y apoyo psicológico pueden ser importantes para mejorar la calidad de vida y la adherencia al tratamiento.

Otros métodos de tratamientos para pacientes con AR:

Las opciones que tenemos en Panamá, para el tratamiento farmacológico de la artritis reumatoidea son los siguientes:

- **Convencionales:**

  El tratamiento médico convencional, consiste en el uso de fármacos FAME, fármacos modificadores de la enfermedad tales como: Metotrexate, Sulfasalazina, Leflunomida y antimaláricos, a fin de desinflamar y aliviar los fuertes dolores en la zona afectada por la AR.

- **Biológicos:**

  Cuando se elige este tratamiento para el paciente de AR, consiste en terapias anticitoquinas y anticelulares.

- **Gluco-corticoide:**

  Este tratamiento de la artritis consiste en el uso de Prednisolona y Deflazacort.

- **Analgésicos, antinflamatorios:**

  Este último consiste en el uso de AINES y acetaminofén.

A continuación, se ilustran el tratamiento de la artritis reumatoide:



Ilustración 11 tratamientos farmacológicos para la artritis reumatoide (Sarmiento-Monroy, 2015)

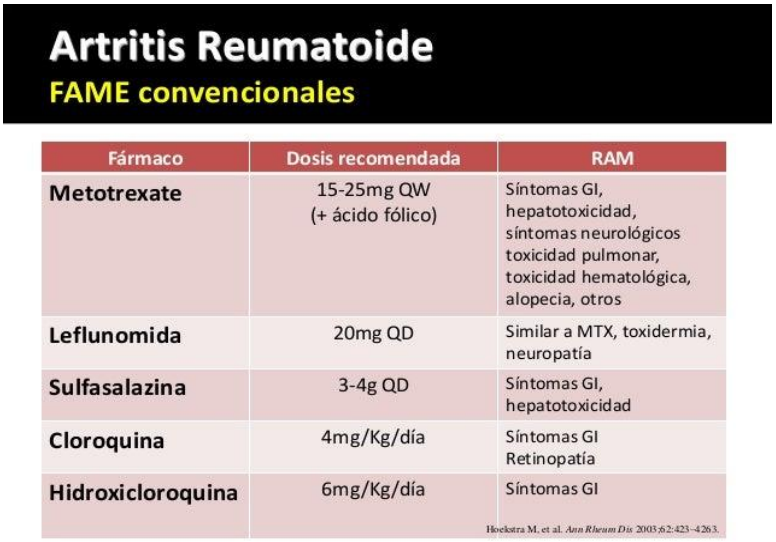


Ilustración 12 (Tratamiento de artritis reumatoide, 2015)

2.7 La Aplicación Unreal Engine:

2.7.1 Unreal Engine 5 (UE5)

Es el motor de juegos más reciente desarrollado por Epic Games. Lanzado en 2021, ha revolucionado la industria del entretenimiento digital con sus avanzadas capacidades gráficas y herramientas poderosas para desarrolladores. UE5 introduce innovaciones tecnológicas que permiten la creación de gráficos de alta fidelidad y mundos virtuales inmersivos, lo que lo hace ideal tanto para juegos AAA como para proyectos independientes. **Sweeney**, Tim (2024)

2.7.2 Orígenes del Motor:

Unreal Engine fue lanzado por primera vez en 1998 junto con el videojuego Unreal. Desde entonces, ha pasado por varias versiones significativas:

- **Unreal Engine 1:** Introdujo gráficos en 3D y fue utilizado en varios juegos de la época.
- **Unreal Engine 2:** Mejoró la capacidad gráfica y fue utilizado en juegos como Unreal Championship.

- **Unreal Engine 3**: Lanzado en 2006, se centró en gráficos avanzados y se convirtió en el motor de elección para muchos desarrolladores.
- **Unreal Engine 4**: Lanzado en 2014, ofreció un acceso más amplio a desarrolladores independientes y mejoró significativamente las herramientas de diseño.
- **Lanzamiento de Unreal Engine 5**

En mayo de 2021, Unreal Engine 5 fue presentado en acceso anticipado, y su lanzamiento oficial se produjo en abril de 2022. Esta versión introdujo características revolucionarias que cambiaron la forma en que se desarrollan los videojuegos.

2.7.3 Principios Básicos y Arquitectura de UE5.

Interfaz de usuario: Una de las características destacadas de UE5 es su interfaz intuitiva y personalizable, que facilita el acceso a herramientas avanzadas. La interfaz está diseñada para ser amigable tanto para desarrolladores novatos como experimentados, permitiendo una navegación fluida y un flujo de trabajo eficiente.

2.7.4 Blueprints:

UE5 incluye un sistema de scripting visual llamado Blueprints, que permite a los desarrolladores crear lógica de juego compleja sin necesidad de programar en código. Esta herramienta es especialmente útil para aquellos que no tienen experiencia en programación, ya que pueden visualizar y modificar el comportamiento del juego de manera gráfica.

Integración con C++: Para los desarrolladores que prefieren un control más detallado, UE5 proporciona una integración completa con C++. Esto permite a los programadores avanzados escribir código de alto rendimiento y personalizar el motor según sus necesidades específicas.

2.7.5 Plano de Nivel

El plano de nivel es un tipo especializado de **plantilla** que actúa como un gráfico de eventos globales a nivel mundial. Cada nivel de su proyecto tiene su propio plan de nivel creado de forma predeterminada que se puede editar dentro del editor Unreal, sin embargo, un nuevo plano de nivel no se puede crear a través de la interfaz del editor.

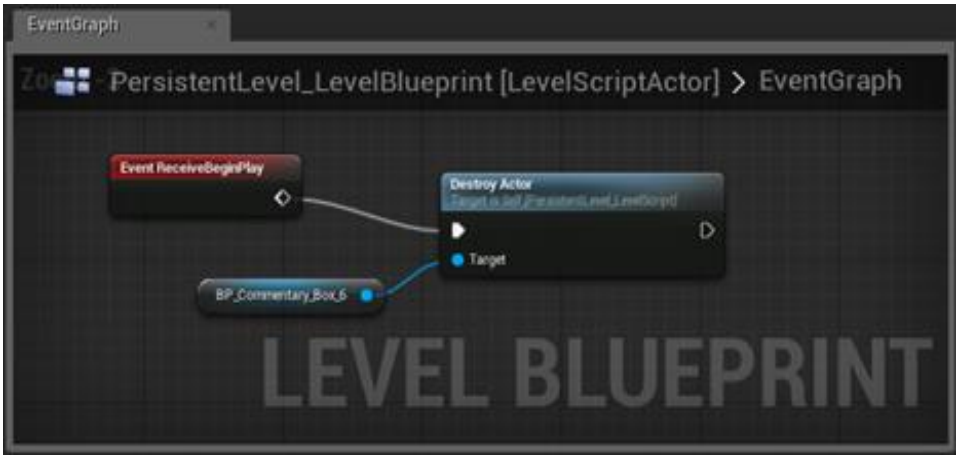


Ilustración 13 Con Blueprint creas lógica de juego sin código de programación.

Los eventos relacionados con el nivel en su conjunto, o instancias específicas de actores dentro del nivel, se utiliza para disparar secuencias de acciones en forma de llamadas de función u operaciones de control de flujo. Las personas relacionadas con Unreal Engine 3 deberían estar muy familiarizados con esta forma de programación, ya que es muy similar al Kismet en Unreal Engine 3.

Los planos de nivel también proporcionan un mecanismo de control para la transmisión de nivel y secuenciador, también en cuanto a los eventos vinculantes para los actores, colocados dentro del nivel.

2.7.6 Clase de blueprint

La **clase de blueprint**, a menudo acortado como **plantilla**, es un activo que permite a los creadores de contenido poder agregar fácilmente funcionalidad, además de las clases de juego existentes. Los planos se crean dentro de Unreal Editor, visualmente, en lugar de escribir código y guardarse como activos en un paquete de contenido. Estos, esencialmente, definen una nueva clase o tipo de actor que luego se puede colocar en mapas como instancias que se comportan como cualquier otro tipo de actor.



Ilustración 14 Creando una instancia para que se comporte como Actor.

2.7.7 Plano solo de datos:

Plano solo de datos es una clase blueprint que contiene solo el código (en forma de gráficos de nodos), variables y componentes heredado de su padre. Estos permiten que esas propiedades heredadas se modifiquen y modifiquen, pero no se pueden agregar nuevos elementos. Estos son esencialmente un reemplazo para los arquetipos y se pueden usar para permitir a los diseñadores modificar propiedades o establecer elementos con variaciones.

Data-only blueprint se modifica en un editor de propiedades compacto, pero también se puede "convertir" en blueprints completos simplemente agregando código variables o componentes que utilizan, completamente, el **editor de blueprint**.

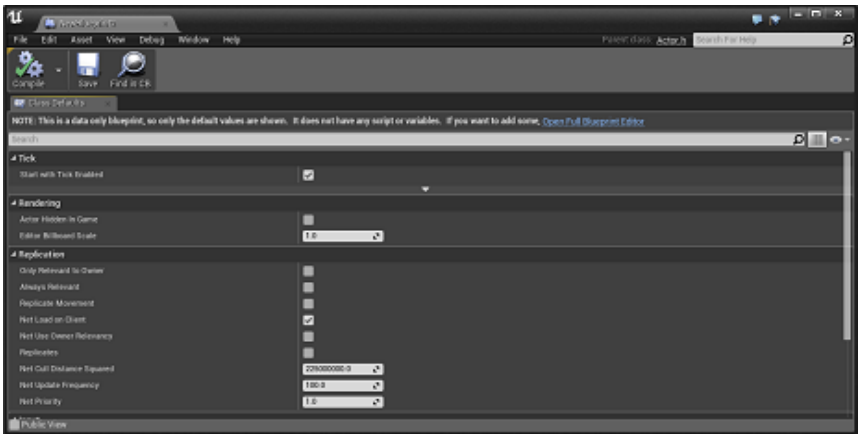


Ilustración 15 Plano Solo de Datos

2.7.8 Interfaz de blueprint

La interfaz de blueprint es una colección de una o más funciones, solo nombre, sin implementación, a la que se pueden agregar otros blueprints. Se garantiza que cualquier plan que tenga la interfaz agregada tendrá esas funciones.

A las funciones de la interfaz se le puede asignar operatividad en cada uno de los blueprints que la agregaron. Esto es ,esencialmente, el concepto de una interfaz en la programación general, que permite múltiples tipos de objetos para compartir y ser accesados a través de una interfaz común. En pocas palabras, las interfaces blueprint permiten que diferentes blueprints compartan y se envíen datos entre sí.

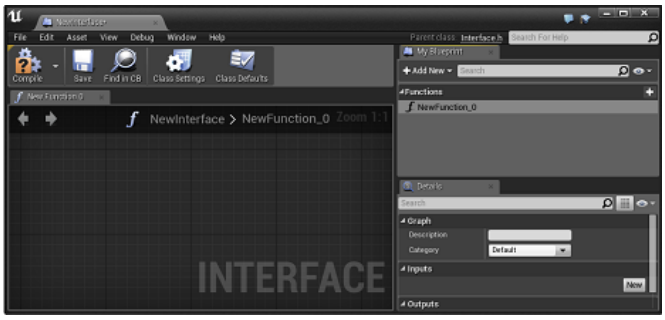


Ilustración 16 Interface Blueprint

El Blueprint Interfaces puede ser hecho por los creadores de contenido a través del editor de una manera similar a otros blueprints, pero ven con ciertas limitaciones en que no pueden:

- Añadir nuevas variables
- Editar gráficos
- Agregar Componentes

Para obtener más información sobre esta sección, consulte (Interfaz de Blueprint).

2.7.9 Biblioteca blueprint macro

La **biblioteca blueprint macro,** es un contenedor que contiene una colección de **macros** o gráficos autónomos que pueden ser colocado como nodos en otros planos. Estos pueden ahorrar tiempo, ya que pueden almacenar secuencias de nodos de uso común completo con entradas y salidas para ejecución y transferencia de datos.

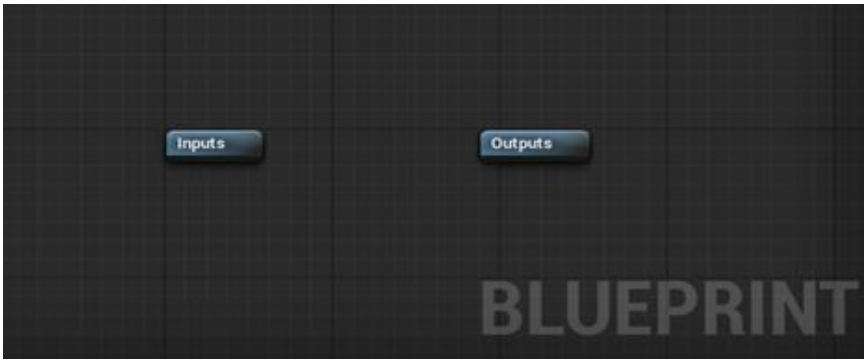


Ilustración 17 Biblioteca de Macros (Blueprint, 2021)

Sweeney, Tim (2024), En Unreal Engine, las macros dentro de los blueprints se comparten entre todos los gráficos que las utilizan, permitiendo su expansión automática durante el proceso de compilación, de manera similar a un nodo colapsado. Esto implica que las bibliotecas de macros no requieren ser compiladas por separado. No obstante, cualquier modificación realizada a una macro solo se

reflejará en los gráficos que la referencian una vez que el blueprint que los contiene sea recompilado.

2.8 Nanite: Geometría virtualizada

Nanite es una tecnología innovadora dentro de Unreal Engine 5 que permite la creación de entornos 3D altamente detallados y complejos, con una sobrecarga de rendimiento mínima. Tradicionalmente, los desarrolladores de juegos han tenido que confiar en varios trucos y compromisos para renderizar mundos grandes y detallados de manera eficiente. Nanite, sin embargo, virtualiza la geometría, permitiendo a los desarrolladores importar activos 3D increíblemente detallados directamente en sus proyectos sin la necesidad de optimización manual. Esto significa que los artistas pueden crear activos con niveles de detalle sin precedentes, y el motor manejará automáticamente el resto. La nanite tiene ramificaciones de gran alcance. Los juegos ahora pueden tener paisajes enormes y abiertos con detalles increíbles. Nanite asegura que ningún detalle es demasiado pequeño para ser auténticamente representado en el juego, ya sean las delicadas tallas en la pared de un castillo o las hojas individuales de hierba en un prado arrollador.
Este nivel de realismo no solo mejora la inmersión, sino que también reduce la carga de trabajo de desarrollo, porque ya no necesitan dedicar tanto tiempo a optimizar los activos.

2.8.1 Lumen:

- **Sistema de iluminación global dinámica**

Lumen es otra característica revolucionaria de UE5 que proporciona un sistema de iluminación global dinámica en tiempo real. Esto significa que la luz en el juego se comporta de manera realista, interactuando con los objetos y el entorno de una manera natural. Lumen simula la iluminación indirecta, los reflejos y las sombras,

ofreciendo un nivel de realismo sin precedentes en los juegos y las visualizaciones arquitectónicas.

- **Beneficios y aplicaciones**

Lumen es particularmente útil en juegos de mundo abierto y en proyectos de visualización arquitectónica, donde la iluminación dinámica es crucial para crear ambientes inmersivos. La capacidad de Lumen para ajustar la iluminación en tiempo real permite a los desarrolladores experimentar con diferentes configuraciones de luz sin necesidad de pre-renderizar las escenas.

2.8.2 World Partition

- **Gestión de mundos abiertos:** World partition es una herramienta que facilita la creación y gestión de grandes entornos en UE5. Esta característica permite dividir el mundo del juego en secciones más pequeñas y manejables, lo que facilita el desarrollo y la renderización de mapas extensos. World partition gestiona automáticamente la carga y descarga de estas secciones, asegurando un rendimiento óptimo incluso en mundos de gran escala.

Ejemplo práctico: Un ejemplo práctico del uso de World partition sería la creación de un juego de mundo abierto con múltiples biomas y áreas distintas. En lugar de cargar todo el mapa a la vez, World partition permite, solo las secciones que son visibles para el jugador, mejorando el rendimiento y la eficiencia del juego.

2.8.3 MetaHuman Creator

Creación de personajes realistas: MetaHuman Creator es una herramienta avanzada que permite a los desarrolladores crear personajes humanos digitalmente realistas. Esta herramienta utiliza una combinación de escaneo de datos y técnicas de animación para generar modelos de alta fidelidad que pueden ser personalizados y animados de manera sencilla.

Impacto en la industria: MetaHuman Creator ha tenido un impacto significativo en la industria del entretenimiento, permitiendo la creación de personajes digitales para videojuegos, cine y televisión. Al reducir el tiempo y los costos asociados con la creación de personajes realistas, esta herramienta ha democratizado el acceso a la tecnología de animación avanzada.

2.8.4 Physics and Destruction

Chaos Physics: El sistema de físicas Chaos de UE5, proporciona simulaciones físicas realistas, permitiendo interacciones dinámicas y colisiones precisas en tiempo real. Chaos Physics es capaz de simular una amplia variedad de fenómenos físicos, desde colisiones entre objetos hasta la interacción de líquidos y gases.

Destrucción dinámica: Una de las características más impresionantes de Chaos Physics es la destrucción dinámica. Esta tecnología permite a los desarrolladores crear entornos destructibles que reaccionan de manera realista a las acciones del jugador. Por ejemplo, en un juego de disparos, los edificios y objetos pueden ser destruidos por explosiones, creando una experiencia de juego más inmersiva.

2.8.5 Aplicaciones en la industria del cine y TV

Producción en tiempo real: Unreal Engine 5 ha revolucionado la producción cinematográfica y televisiva al permitir la creación de efectos visuales y entornos virtuales en tiempo real. Esto ha sido especialmente útil en producciones que requieren sets virtuales y efectos visuales complejos, como la serie "The Mandalorian".

Caso de estudio: The Mandalorian: Es un ejemplo destacado del uso de UE5 en la industria del entretenimiento. La serie utiliza tecnología de sets virtuales, donde los entornos generados por Unreal Engine se proyectan en pantallas LED gigantes, creando una experiencia inmersiva para los actores y reduciendo la necesidad de filmar en locaciones físicas.

2.8.6 Unreal Engine en arquitectura y simulación

Visualizaciones arquitectónicas: UE5 se utiliza ampliamente en la visualización arquitectónica, permitiendo la creación de presentaciones detalladas y realistas de proyectos arquitectónicos. Los arquitectos y diseñadores pueden utilizar UE5 para crear recorridos virtuales interactivos de sus diseños, proporcionando a los clientes una mejor comprensión del proyecto final.

Simulaciones educativas y de entrenamiento: Unreal Engine 5 también se utiliza en el campo de la educación y el entrenamiento, creando experiencias inmersivas que mejoran el aprendizaje y la retención de información. Por ejemplo, UE5 puede ser utilizado para simular procedimientos médicos complejos, permitiendo a los estudiantes practicar en un entorno seguro y controlado.

Ejemplos de proyectos y casos de estudio

Juegos destacados: Varios juegos destacados han sido desarrollados utilizando Unreal Engine 5, aprovechando sus avanzadas capacidades gráficas y de rendimiento. Algunos ejemplos incluyen títulos de AAA que utilizan UE5 para crear mundos abiertos inmersivos y detallados.

Proyectos innovadores: Además de los videojuegos, Unreal Engine 5 ha sido utilizado en una variedad de proyectos innovadores fuera del ámbito del juego. Esto incluye aplicaciones en el cine, la arquitectura, la educación y la simulación, demostrando la versatilidad y el alcance de la tecnología de UE5.

Herramientas Adicionales y Complementos

Plugins y extensiones: Unreal Engine 5 ofrece una amplia variedad de plugins y extensiones que mejoran sus capacidades y funcionalidades. Estos recursos adicionales permiten a los desarrolladores personalizar el motor según sus necesidades específicas y añadir nuevas características a sus proyectos.

- **Marketplace de Unreal:**

  El Marketplace de Unreal es una plataforma donde los desarrolladores pueden compartir y adquirir recursos para sus proyectos. Esto incluye modelos 3D, texturas, sonidos, scripts y más, facilitando la colaboración y el intercambio de conocimientos dentro de la comunidad de desarrolladores.

Las empresas utilizan UE5 para simulaciones complejas, desde entrenamiento militar hasta simulaciones médicas, gracias a su capacidad para manejar grandes cantidades de datos y representar escenarios realistas.

2.9 Comparativa con otros Motores.

Tabla 3 Comparativa entre el software UE5 y Unity.

Característica	***Unreal Engine 5***	***Unity***
Gráficos	Alta resolución y realismo	Bueno para juegos 2D/3D
Accesibilidad	Requiere hardware potente	Más accesible para principiantes
Comunidad	Activa con muchos recursos	Amplia comunidad de apoyo

Fuente: (Lightbox, 2023)

2.9.1 Requisitos del Sistema:

- ✓ Para ejecutar Unreal Engine 5, eficientemente, se recomienda:
- ✓ Procesador: Intel Core i7 o AMD Ryzen
- ✓ Tarjeta gráfica: NVIDIA GeForce RTX o AMD Radeon
- ✓ RAM: Mínimo 16 GB
- ✓ Almacenamiento: SSD con al menos 500 GB.

Glosario de términos:

- **Abducción:**

La abducción es el movimiento que aleja una parte del cuerpo del plano medio del cuerpo, es decir, del eje que divide el cuerpo en dos partes iguales, derecha e izquierda.

- **Articulaciones:**

Las articulaciones son muy importantes, estas unen dos o más huesos. Ejemplo de ellas los hombros, codos, caderas, rodillas, nudillos y la columna.

- **Amplitud de movimiento:**

La **amplitud de movimiento** es el grado de movimiento de una articulación cuando se extiende, se flexiona y se rota en todos sus posibles movimientos.

- **Artritis reumatoide:**

Es un trastorno autoinmunitario que ocurre cuando el sistema inmunitario ataca por error los tejidos del cuerpo.

La artritis reumatoide es un trastorno inflamatorio crónico que puede afectar más que solo las articulaciones. En algunas personas, la afección puede dañar distintos sistemas corporales, incluida la piel, los ojos, los pulmones, el corazón y los vasos sanguíneos.

- **Erosión ósea:**

La erosión ósea se refiere a la pérdida de tejido óseo, que puede ser causada por diversas condiciones, siendo la artritis reumatoide (AR) una de las más comunes. En la AR, la inflamación crónica de la membrana sinovial provoca la erosión del hueso marginal, lo que puede llevar a deformidades y pérdida de función en las articulaciones afectadas. Esta erosión es, generalmente, irreversible y puede comenzar antes de que aparezcan los síntomas de la artritis, correlacionándose con la severidad de la enfermedad y el deterioro funcional del paciente.

- **Fisioterapeuta (FT):**

Un fisioterapeuta es un profesional de la salud especializado en la prevención, diagnóstico y tratamiento de problemas físicos y funcionales del cuerpo humano. Su objetivo principal es ayudar a las personas a recuperar la movilidad y la función después de lesiones, cirugías o enfermedades, así como a mejorar su calidad de vida.

- **Goniómetro:**

Es un instrumento muy popular en el ámbito de la medicina y la arquitectura que está siendo adoptado por buena parte del campo industrial.

- **Leap Motion:**

Leap Motion es un sensor de movimiento que nos permite controlar el ordenador mediante gestos que realizamos en el aire. Está formado por una parte hardware y otra de software. El hardware de Leap Motion está formado por un pequeño aparato, compuesto por dos cámaras e infrarrojos.

- **Rehabilitación:**

Mantenimiento o restauración de la función articular y muscular, la capacidad de marcha, el equilibrio, la coordinación y la realización de las actividades básicas e instrumentales de la vida diaria. Prevención de deformidades, rigideces articulares, déficits musculares y sensoriales.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Vargas, Zoila, Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de "investigación práctica o empírica", que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. Con el fin de ofrecer un referente comprensible de la expresión "investigación aplicada", se exponen algunas de las ideas de Padrón (2006) al respecto, para quien la expresión se propagó durante el siglo XX para hacer referencia, en general, a aquel tipo de estudios científicos orientados a resolver problemas de la vida cotidiana o a controlar situaciones prácticas, haciendo dos distinciones:

a. La que incluye cualquier esfuerzo sistemático y socializado por resolver problemas o intervenir situaciones.
b. En ese sentido, se concibe como investigación aplicada tanto la innovación técnica, artesanal e industrial como la propiamente científica. La que solo considera los estudios que explotan teorías científicas previamente validadas, para la solución de problemas prácticos y el control de situaciones de la vida cotidiana.

La investigación es aplicada debido a que se enfoca en el desarrollo de soluciones prácticas para la rehabilitación de pacientes con artritis reumatoide. A través de un videojuego simulado, desarrollado en el programa Unreal Engine, se diseñó una pista de carrera que permite la conducción de un vehículo virtual. Este proyecto complementa las terapias utilizadas en los departamentos de rehabilitación, proporcionando una herramienta interactiva que facilita la recuperación motriz de manera innovadora y accesible.

Ñaupas, Valdivia, Palacios (2018) define que el método experimental o experimento, es el método o técnica de investigación más refinado para recabar datos y verificar hipótesis. Se dice que es refinado porque utiliza sofisticadas técnicas que se basan en la matemática, en la estadística y en la lógica, como las técnicas estadísticas que se utilizan en el control de variables y en la medición de las diferencias estadísticas de los resultados.

Kerlinger "el experimento es una investigación científica en la cual un investigador manipula o controla una o más variables independientes y observa la variable o variables dependientes, en busca de una variación concomitante con la manipulación de las variables independientes". **(Kerlinger, 1991: 333).**

La investigación es experimental porque implica el desarrollo de un software que es sometido a experimentación y evaluación de su desempeño. Este enfoque incluye la implementación de pruebas específicas en el software desarrollado en Unreal Engine, utilizando una serie de compuertas lógicas para garantizar que cumpla con los objetivos planteados. Estas pruebas permiten analizar la funcionalidad, eficiencia y precisión del software, asegurando que sea adecuado para las aplicaciones previstas.

3.1.2 Diseño de la investigación

La investigación no experimental es un punto de inflexión de varios estudios cuantitativos, como las encuestas de opinión, se realizan sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no se varía en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. En el estudio no experimental se observan fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos. **(Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)**

El diseño de esta investigación es de tipo no experimental, ya que no implica la manipulación de variables por parte del investigador. En este contexto, se emplea un sensor que genera datos procesados a través del software Unreal Engine,

utilizado para el desarrollo de una pista de carreras interactiva. Los datos recopilados se obtienen mediante un muestreo no probabilístico y se destinan exclusivamente al análisis dentro del software. Al no intervenir ni alterar los datos recopilados, el estudio mantiene su carácter observacional, alineándose con los principios metodológicos de un diseño no experimental.

3.2 Descripción del instrumento de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos diseñado para este estudio se realizará una encuesta compuesta por catorce (14) preguntas, sobre el uso de tecnologías interactivas aplicadas en terapias físicas, orientadas a recoger las percepciones de los especialistas en fisioterapia.

Estas preguntas, estructuradas mediante una escala Likert, permiten evaluar de manera detallada el nivel de aceptación y las opiniones relacionadas con la implementación de un programa desarrollado en Unreal Engine. En este caso, el programa presenta una simulación de una pista de automóviles diseñada, específicamente, para apoyar la rehabilitación física.

Este enfoque facilita la recopilación de datos de forma eficiente, proporcionando una base sólida para analizar el impacto potencial de herramientas interactivas en la mejora de los tratamientos fisioterapéuticos.

3.3 Procedimiento de la investigación

3.3.1 Planteamiento del problema

Las personas con artritis reumatoide enfrentan barreras significativas en la rehabilitación de sus manos, como costos elevados, dificultades de acceso a centros especializados y riesgos en entornos hospitalarios, lo que limita la efectividad de sus tratamientos y afecta su calidad de vida (Chang-Miller A, 2023).

- Identificación del problema: Este proyecto busca ayudar a las personas que padecen artritis reumatoide (AR) mediante el uso del módulo Leap Motion y una aplicación desarrollada con el software Unreal Engine 5 (UE5). Este

enfoque innovador tiene como objetivo facilitar las terapias desde el hogar, lo cual es crucial para aquellos pacientes que enfrentan dificultades para desplazarse a los centros de atención médica más cercanos.

- Objetivos: El principal objetivo es la creación de un videojuego que permita a los pacientes realizar sus terapias bajo supervisión médica, promoviendo así su bienestar y adherencia al tratamiento.
- Justificación: Muchos pacientes tienen dificultades para salir de casa debido a preocupaciones sobre contagios o problemas de transporte. Este proyecto ofrece una solución accesible y segura, permitiendo a los pacientes continuar su tratamiento sin interrupciones desde la comodidad de su hogar.

3.3.2 Revisión de la literatura

- Análisis de estudios previos: Se ha llevado a cabo una revisión exhaustiva de cinco tesis relacionadas con el tratamiento de pacientes con AR. Esta revisión proporciona una base teórica sólida y ayuda a entender el estado actual del conocimiento sobre la AR y sus tratamientos.
- Fundamentación teórica: Se examinan teorías y trabajos anteriores que destacan la importancia de la intervención temprana en el tratamiento de la AR, así como el impacto positivo que los videojuegos pueden tener en la rehabilitación física y cognitiva.

3.3.3 Diseño de Investigación

Este estudio adopta un diseño experimental, elegido por su capacidad para evaluar de forma rigurosa la efectividad del videojuego como herramienta terapéutica en la rehabilitación de pacientes con artritis reumatoide (AR). El enfoque de la investigación es mixto, integrando métodos cuantitativos para medir resultados objetivos, como mejoras para el sensor Leap Motion y métodos cualitativos para recopilar las percepciones del fisioterapeuta involucrado. Como parte del desarrollo del estudio, se aplicará una encuesta dirigida a un especialista.

3.4 Selección de la muestra

La presente investigación emplea un muestreo no probabilístico de tipo por conveniencia. Este enfoque fue seleccionado debido a la necesidad de obtener información específica y relevante de un grupo de personas que poseen experiencia y conocimientos directos sobre la rehabilitación de pacientes con artritis reumatoide. La muestra está conformada por 10 fisioterapeutas y profesionales de la salud involucrados en el tratamiento de esta patología, quienes proporcionarán su opinión y percepción sobre el desarrollo de un videojuego diseñado con fines terapéuticos.

3.5 Recolección de datos

La recolección de datos para esta investigación se estructuró mediante cuatro instrumentos principales, cada uno diseñado para recopilar información relevante sobre el desarrollo, funcionamiento y aceptación del sistema de simulación de videojuegos, aplicado a la rehabilitación de manos, en pacientes con artritis reumatoide. El enfoque utilizado combinó la obtención de información técnica y práctica, así como la valoración directa de profesionales fisioterapeutas.

3.5.1 Instrumento 1: Encuesta de diagnóstico a fisioterapeutas

El primer instrumento consistió en la aplicación de una encuesta de diagnóstico a diez fisioterapeutas, mediante un cuestionario basado en la escala de Likert. La finalidad fue determinar el grado de aceptación de la incorporación de nuevas tecnologías, como los videojuegos, en el ámbito de la terapia física. Esta encuesta permitió identificar la apertura del sector hacia alternativas tecnológicas innovadoras dentro de los procesos de rehabilitación física.

3.5.2 Instrumento 2: Procedimiento técnico de desarrollo

Como segundo instrumento, se documentó el procedimiento seguido para el desarrollo del sistema de simulación. Se emplearon recursos tecnológicos como el

motor Unreal Engine 5.1 para la creación del entorno virtual, el sensor Leap Motion para la captura de movimientos de las manos, y el software Ultraleap para modificar parámetros de configuración, como la inversión de la cámara, optimizando así la detección precisa de las manos. Esta etapa incluyó la programación de interacciones dinámicas en el videojuego para que los gestos del usuario fueran interpretados correctamente dentro del sistema.

3.5.3 Instrumento 3: Validación práctica en hospital

El tercer instrumento fue la validación del prototipo, realizada en el hospital Aquilino Tejeira de Penonomé. Durante siete días, diez fisioterapeutas evaluaron el sistema realizando diversas pruebas enfocadas en analizar el rendimiento técnico y la experiencia de uso. Los aspectos evaluados incluyeron la precisión del sensor, el tiempo de reacción, la fluidez del videojuego, la facilidad de uso, la interfaz gráfica, la compatibilidad tecnológica, la optimización del desempeño, la ergonomía, la seguridad en el manejo, la respuesta ante eventos dinámicos de gestos y la capacidad de recuperación rápida del sistema en caso de pérdida de seguimiento de la mano.

3.5.4 Instrumento 4: Encuesta de evaluación del sistema

Finalmente, el cuarto instrumento fue una encuesta de diez preguntas tipo Likert aplicada a los fisioterapeutas que participaron en las pruebas. El objetivo fue evaluar si el software desarrollado cumplía con los requisitos funcionales y técnicos necesarios para su implementación en programas de rehabilitación física de personas afectadas por artritis reumatoide en las manos. Esta evaluación sirvió para validar la factibilidad de integrar la plataforma como complemento de terapias físicas convencionales.

3.6 Análisis de datos

El análisis de los datos, obtenidos a partir de la encuesta de percepción, se realizó mediante un estudio de estadística descriptiva, el cual permitió organizar y sintetizar

la información recopilada de manera clara y estructurada. Este análisis proporcionó información sobre la percepción y opiniones de los fisioterapeutas respecto a las características, funcionalidades y posibles aplicaciones del videojuego en el ámbito terapéutico. Los resultados obtenidos fueron fundamentales para guiar el diseño y desarrollo del videojuego, asegurando que este se alineara con las expectativas y necesidades identificadas por los especialistas en fisioterapia.

3.7 Diseño de la propuesta

El diagrama de flujo representa, de manera clara, los procesos y la interacción entre hardware y software, destacando su conversión en una herramienta funcional. Esta funcionalidad se refleja en la implementación de bloques o módulos que optimizan la integración del sistema basado en microcontroladores, complementada con una interfaz intuitiva para facilitar su uso.

3.7.1 Diagrama de flujo

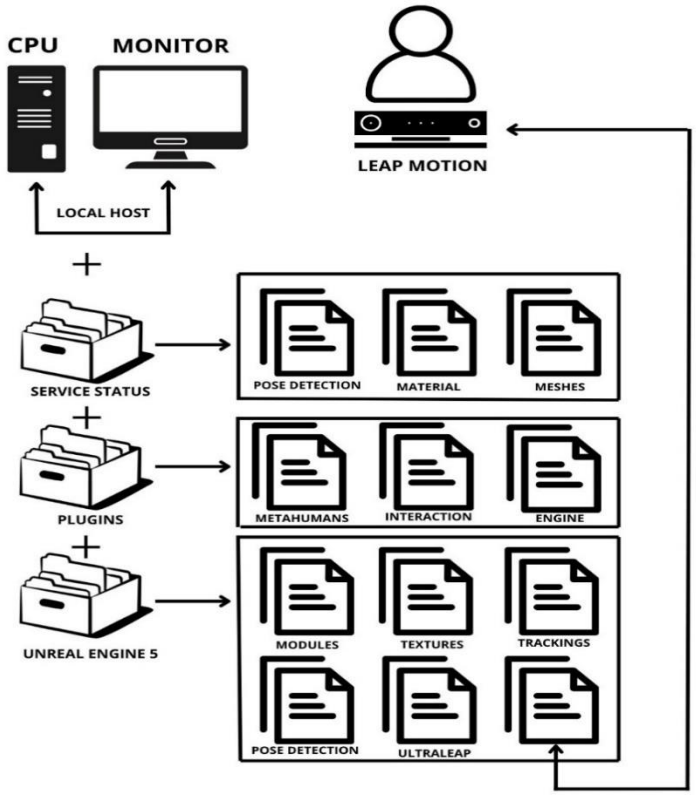


Ilustración 18 Fuente: Elaboración propia

3.8 Informe de resultado

Se redacta el informe final compuesto por cuatro capítulos, los cuales serán defendidos antes el jurado antes de culminar esta investigación, incluyendo el planteamiento del problema, los objetivos, el diseño, los métodos, los resultados y las conclusiones. El informe puede seguir una estructura específica según las pautas establecidas por la institución académica o revista científica correspondiente.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Descripción del proyecto y análisis de los resultados

Se desarrolló un videojuego para computadora que utiliza el dispositivo Leap Motion (modelo: LM-010) como herramienta principal para modelar la mano en un espacio tridimensional. Este modelo tridimensional permite simular diversas posiciones de los huesos y articulaciones que conforman la mano.

La aplicación fue desarrollada en el lenguaje de programación C++ y blueprints (versión 5.1). Para la configuración del dispositivo, se empleó la biblioteca nativa Ultraleap Tracking y el visualizador de realidad virtual proporcionados por el fabricante, según lo indicado en **Digital Worlds That Feel Human | Ultraleap** (s. f.).

4.2 Métodos de análisis

Como instrumento de recolección de datos diseñado para este estudio se realizará una encuesta compuesta por diez preguntas, orientadas a recoger las percepciones de los especialistas en fisioterapia sobre el uso de tecnologías interactivas aplicadas en terapias físicas.

4.3 Análisis de resultados

En el desarrollo de este proyecto se empleó la versión 5.1.1 del programa Unreal Engine para la creación de un videojuego que simula un circuito de carrera. Se realizó una verificación detallada de las texturas y el mapeado, asegurando su correcta implementación para garantizar un funcionamiento óptimo en conjunto con el dispositivo Leap Motion.

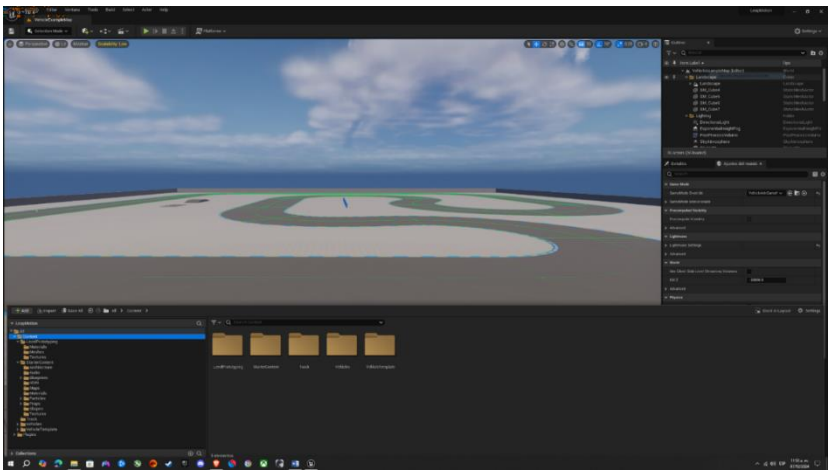


Ilustración 19 Muestreo del circuito

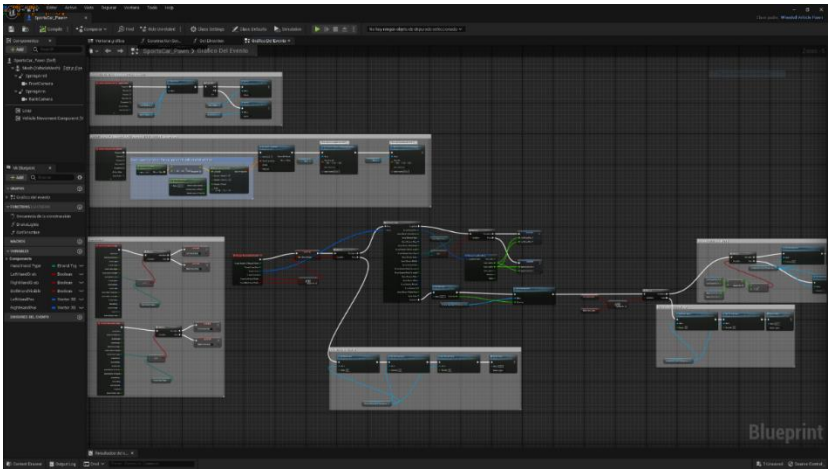


Ilustración 20 Gráfica de programación

4.3.1 Análisis de datos

La funcionalidad del prototipo consiste en la implementación de bloques o módulos que permiten una mejor integración del sistema basado en un microcontrolador. Además, se ha desarrollado una interfaz de usuario intuitiva para facilitar su operatividad. Esta estructura modular y su flujo de funcionamiento pueden apreciarse de manera más clara en la **Ilustración 21: Diagrama de Flujo**, como se observa en la siguiente figura.

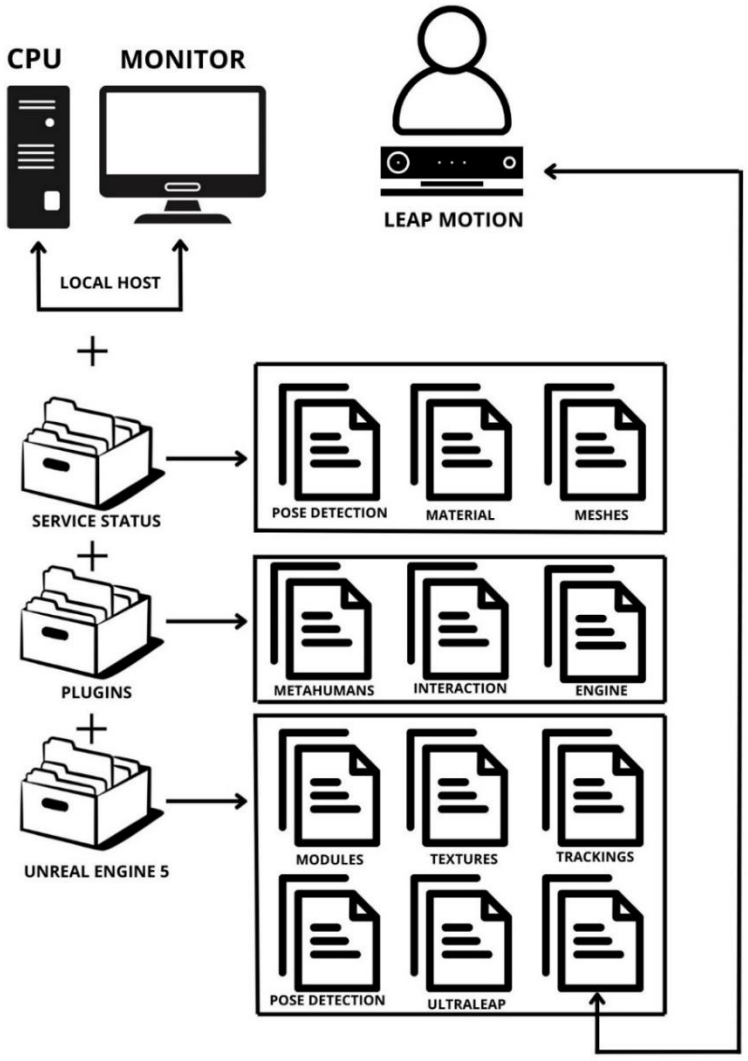


Ilustración 21 : Diagrama de Flujo (Elaboración propia)

4.3.2 Datos de seguimiento

La lógica implementada para la aceleración y la pausa se basa en la interpretación de gestos manuales. Inicialmente, se verifica si el gesto de la mano corresponde al estado de agarre; en caso contrario, no se aplica ninguna aceleración ni pausa. Si se detecta el gesto de agarre, se evalúa la distancia entre ambas manos en el eje X. Si dicha distancia es inferior a treinta y cinco (35) unidades, se aplica aceleración. En caso contrario, se activa el modo de pausa en la dirección. Por ejemplo, en la **Figura 22** presenta la distancia de las manos en cada gesto.

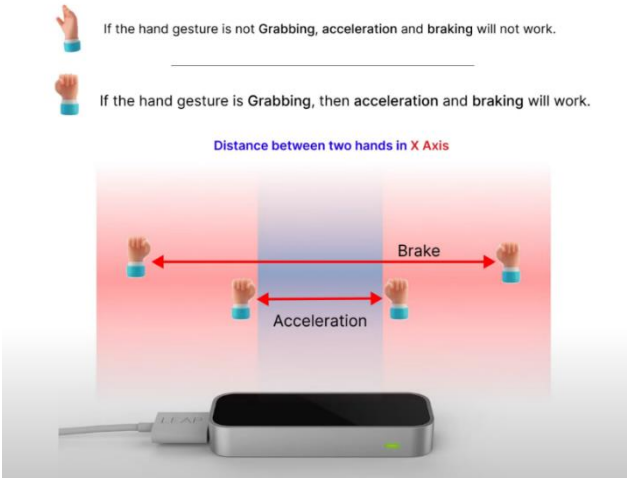


Ilustración 22 Explicación de gesto de aceleración y frenado

En ambos modos, no se verifica explícitamente si el gesto del usuario corresponde a un agarre o a una liberación. En su lugar, se controla la dirección analizando la distancia entre el brazo izquierdo y el derecho en sentido ascendente. Si esta distancia es positiva y supera las diez unidades, se interpreta como un movimiento hacia la derecha. Por el contrario, si la distancia es igual a diez, se asume que el movimiento es en línea recta. Por ejemplo, en la **figura 23, 24 y 25** gestos de dirección.

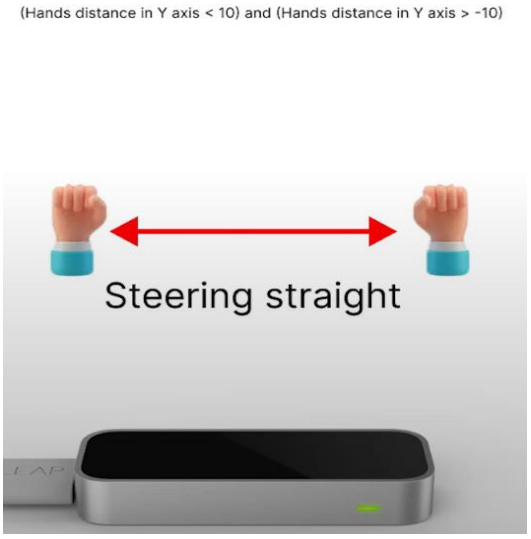


Ilustración 23 gesto de dirección recta

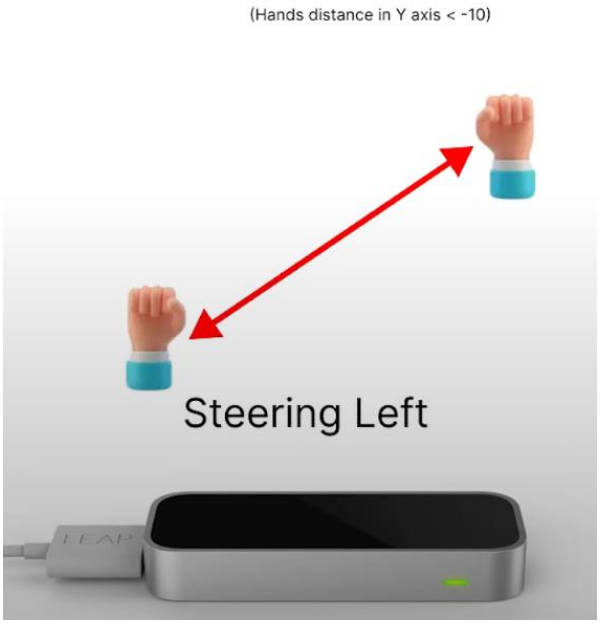


Ilustración 24 gesto de dirección izquierda

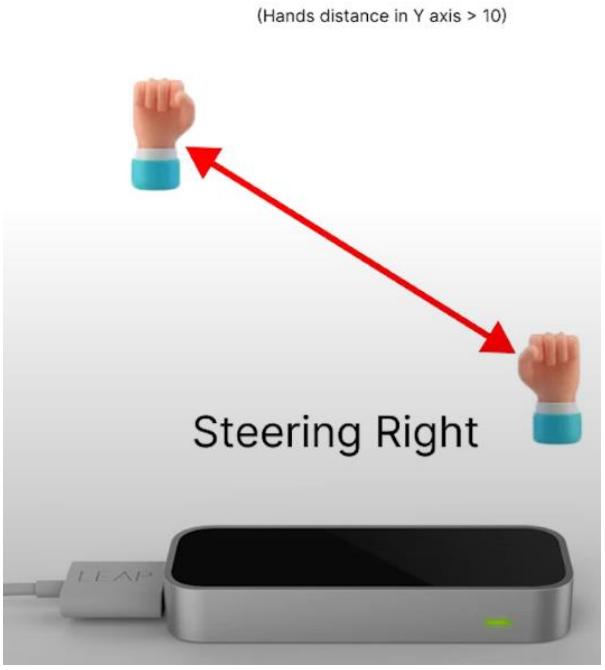


Ilustración 25 gesto de dirección derecha

4.3.3 Implementación AND

La implementación lógica se orienta a realizar la división funcional de los pines correspondientes a la estructura. En este diseño lógico, es fundamental incorporar variables de tipo AND para establecer la identificación precisa de la mano, ya sea izquierda o derecha. Este enfoque incluye la utilización de una variable booleana, la cual permite verificar y diferenciar entre la mano izquierda y la derecha, asignando valores lógicos de true(verdader) o false(falso) según corresponda. Este método garantiza un procesamiento eficiente y estructurado, facilitando la distinción clara entre ambas manos para las aplicaciones requeridas.

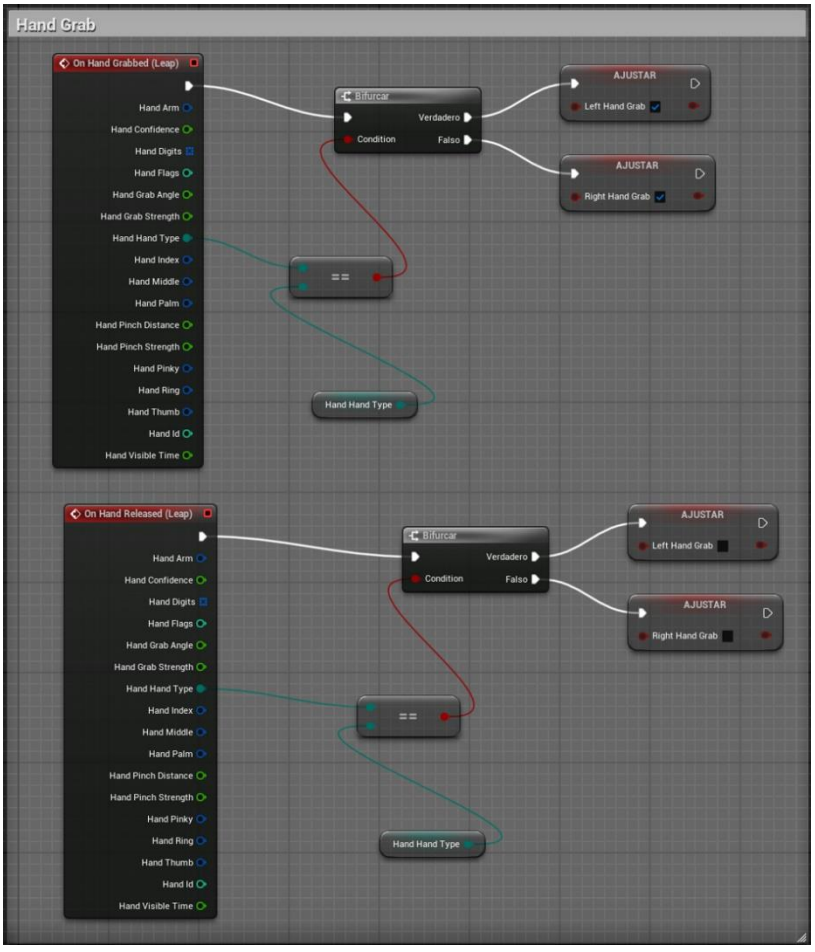


Ilustración 26 Gráfica de variable booleana tipo AND

Las compuertas lógicas determinan la identificación de las manos según el valor asignado: si el resultado es verdadero, se asocia a la mano izquierda, y si es falso, se identifica con la mano derecha. En este contexto, se define una variable booleana

denominada **"ambas manos son visibles"**, la cual adopta un valor lógico fuerte al configurarse. Si esta variable resulta ser falsa, implica que no es posible controlar el vehículo. Para abordar esta limitación, es necesario replicar los nodos asociados al vehículo, como los que controlan la aceleración, el freno y las entradas de dirección, que son componentes fundamentales del movimiento. Además, se incluye el control de elementos secundarios, como las luces de frenado. Todo este conjunto de procesos se integra en la lógica de movimiento del vehículo, permitiendo la creación de una variable que almacene las posiciones de las manos. Esta variable se utiliza para gestionar la división de la matriz asociada a la interacción y control del sistema.

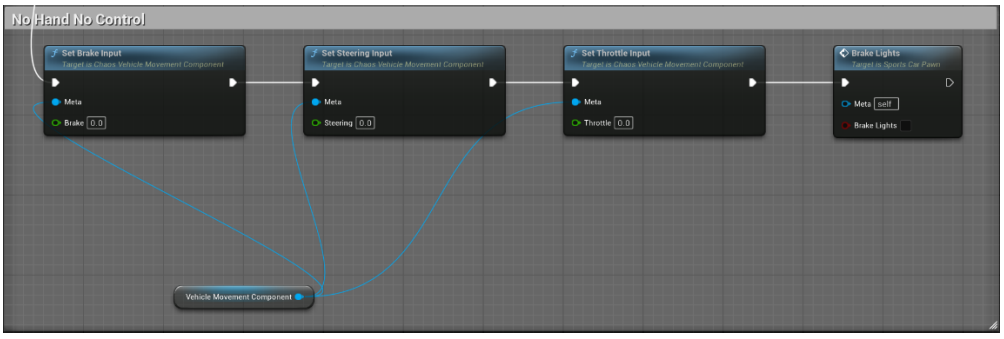


Ilustración 27 División de la matriz

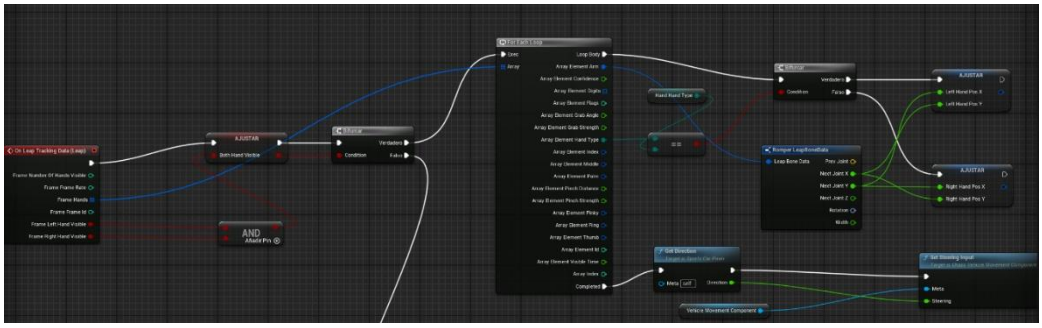


Ilustración 28 almacenamiento de posición de mano

4.3.4 Implementación de la lógica de dirección

Se utilizó un pin de salida denominado "dirección flotadora" para capturar la variable correspondiente a la posición de la mano. Posteriormente, se empleó una estructura de control (rama) para verificar si el valor es inferior a -10. Si esta condición se cumple, el valor de salida se establece en 1; de lo contrario, se asigna un valor de cero en la declaración. Como se observa en la **figura 29** dirección booleana.

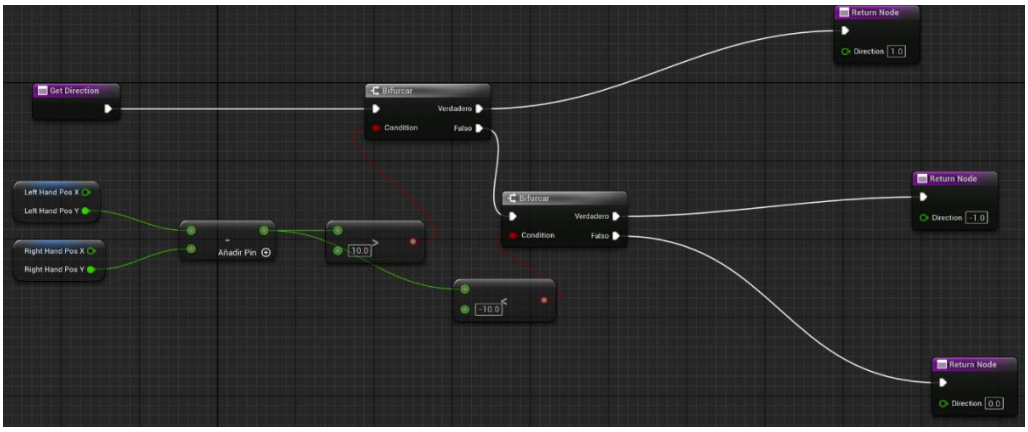


Ilustración 29 algoritmo de dirección booleana

Implementación de aceleración y freno

Se realiza una verificación en ambas manos para evaluar el agarre y la distancia en el eje X. Si esta distancia supera el valor de treinta y cinco (35), se interpreta como una acción de frenado; en caso contrario, se considera como aceleración. Cuando se identifica una acción de frenado, el valor de entrada para el acelerador se establece en cero, mientras que el valor de entrada del freno se asigna a 1. Si no se cumple la condición de frenado, ambos valores de entrada se configuran en cero.

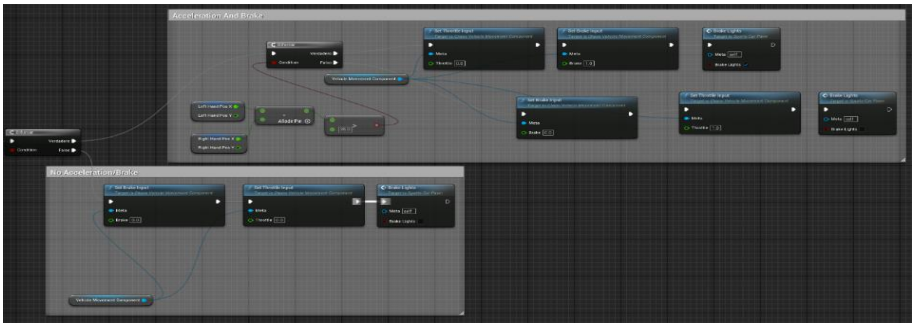


Ilustración 30 algoritmo de posición de frenado

4.3.5 Informe de resultado final

En el desarrollo del proyecto, se implementaron diversas lógicas y sistemas para controlar un videojuego de simulación de carreras utilizando Unreal Engine 5.1.1 y Leap Motion. Los resultados obtenidos demuestran lo siguiente:

1. **Aceleración y Freno**
    - La distancia entre ambas manos en el eje X se utiliza para determinar la acción de frenado o aceleración.
    - Cuando la distancia es mayor a treinta y cinco (35)unidades, el sistema activa el freno, estableciendo el acelerador en 0 y el freno en uno.
    - Si la distancia es menor o igual a 35 unidades, se activa la aceleración, configurando el acelerador en 1 y el freno en 0.
2. **Dirección del Vehículo**
    - La lógica de dirección utiliza la posición de la mano en el eje X.
    - Si la posición es inferior a -10, el sistema interpreta un movimiento hacia la izquierda y establece el pin de salida "dirección flotadora" en 1.
    - Para valores iguales o superiores a -10, el sistema considera que no hay movimiento lateral y asigna un valor de salida de 0.
3. **Identificación de Manos**
    - Se emplearon variables booleanas para diferenciar entre las manos izquierda y derecha.
    - Ambas manos deben ser visibles para que el vehículo pueda ser controlado. En caso contrario, se desactiva el control del movimiento.
4. **Control de Elementos Secundarios**
    - Se incluyeron luces de freno, que se activan automáticamente al detectar la acción de frenado.
    - Todos los elementos asociados, como dirección, aceleración y frenado, se integraron en un sistema lógico cohesivo.

Tabla 4 Valores de Entrada y Salida

Variable	Condición	Acción	Valor de Salida
Distancia en eje X	Mayor a 35	Freno	Acelerador = 0, Freno = 1
Distancia en eje Y	Menor o igual a 35	Aceleración	Acelerador = 1, Freno = 0
Posición de la mano	Menor a -10	Dirección flotadora activa	Salida = 1
Posición de la mano	Mayor o igual a -10	Dirección flotadora inactiva	Salida = 0
Ambas manos visibles	True	Control activado	Permite el movimiento
Ambas manos visibles	False	Control desactivado	Movimiento detenido

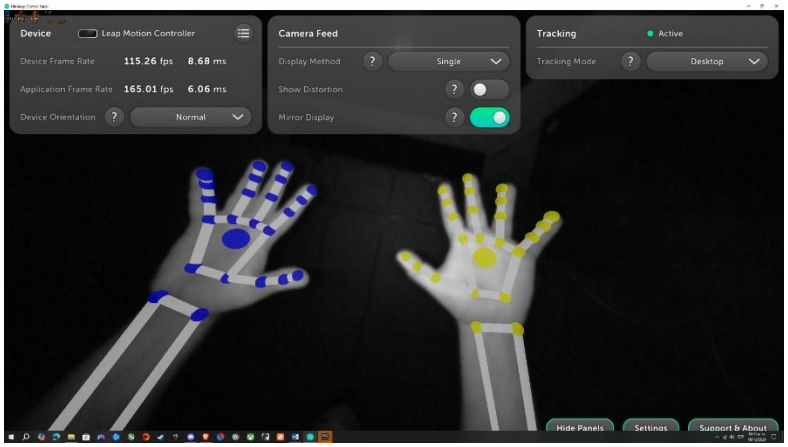


Ilustración 31 Leap Motion controller ultraleap



Ilustración 32 Prueba de conducción con movimiento de las manos



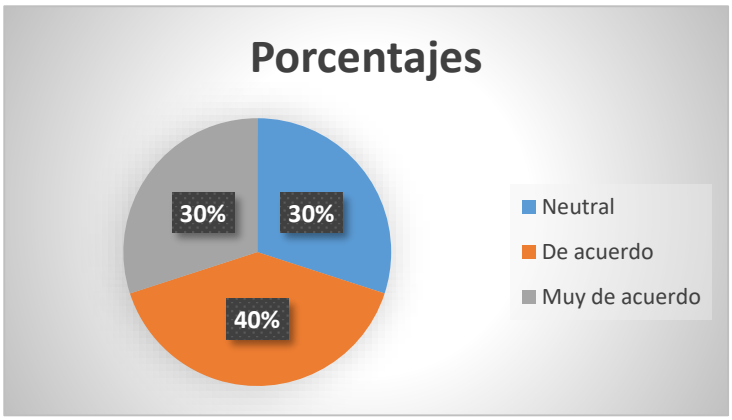
Ilustración 33 resultado final del sistema de simulación en unreal engine 5

4.3.6 Análisis de resultado de la encuesta de diagnostico

El diagnóstico se realizó mediante la aplicación de encuestas de percepción, dirigidas a diez fisioterapeutas con experiencia en el campo de la rehabilitación, particularmente en el tratamiento de pacientes con artritis reumatoide. El objetivo principal de estas encuestas fue recopilar información relevante sobre la viabilidad y el potencial de la gamificación (uso de videojuegos o elementos de juego) como herramienta complementaria en la rehabilitación de movimientos finos, especialmente en manos afectadas por esta condición.

Las preguntas

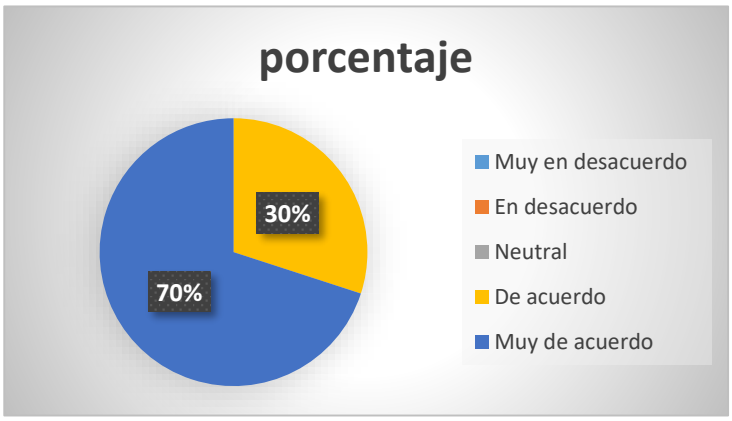
1. ¿Qué tan beneficioso puede ser el uso de gamificación (videojuegos o elementos de juego) para la rehabilitación de movimientos finos en pacientes con artritis reumatoide?



Gráfica 1

El 40% de los encuestados manifestó estar muy de acuerdo con que la gamificación puede ser beneficiosa para la rehabilitación de movimientos finos en pacientes con artritis reumatoide. Un 30% expresó estar de acuerdo y el 30% restante neutral.

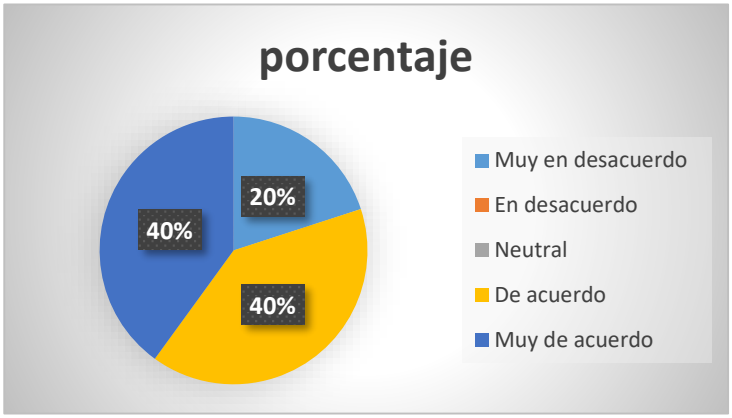
2. ¿Considera usted que los ejercicios de flexión y extensión de las manos son fundamentales para la rehabilitación de pacientes con artritis reumatoide?



Gráfica 2

El 70% de los encuestados estuvo muy de acuerdo en que los ejercicios de flexión y extensión de las manos son fundamentales para la rehabilitación de pacientes con artritis reumatoide, mientras que el 30% estuvo de acuerdo, lo que refleja la importancia de estos movimientos en el proceso terapéutico.

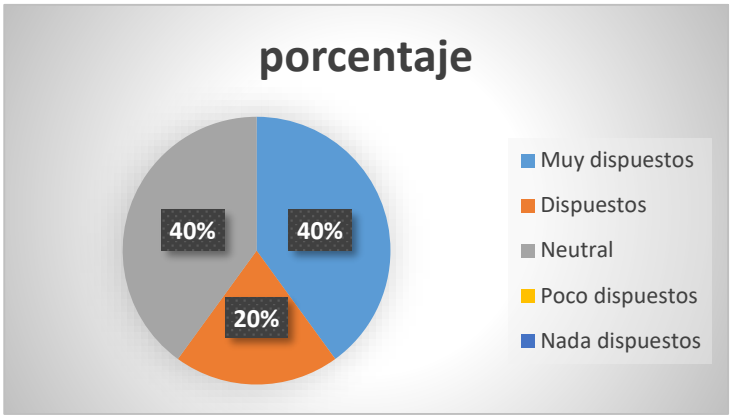
3. ¿Un sistema de videojuegos que simule actividades cotidianas (como conducir un automóvil) podría ser útil para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis?



Gráfica 3

El 40% de los encuestados estuvo muy de acuerdo con que un sistema de videojuegos que simule actividades cotidianas puede ser útil para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis. Otro 40% estuvo de acuerdo, mientras que el 20% expresó estar muy en desacuerdo, mostrando una tendencia mayoritaria a favor de este tipo de enfoques terapéuticos.

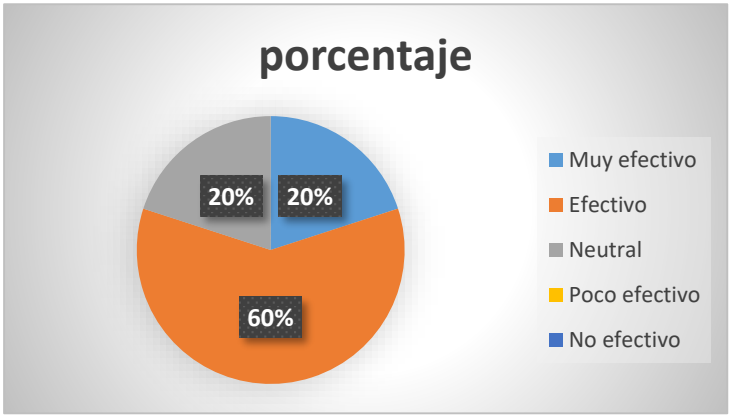
4. ¿Cree que los pacientes estarían dispuestos a usar un sistema de videojuego en casa para complementar las sesiones de fisioterapia?



Gráfica 4

El 40% de los encuestados se mostró neutral ante la posibilidad de que los pacientes utilicen un sistema de videojuego en casa como complemento a la fisioterapia. Un 40% indicó que estarían muy dispuestos a hacerlo, mientras que el 20% manifestó estar dispuesto.

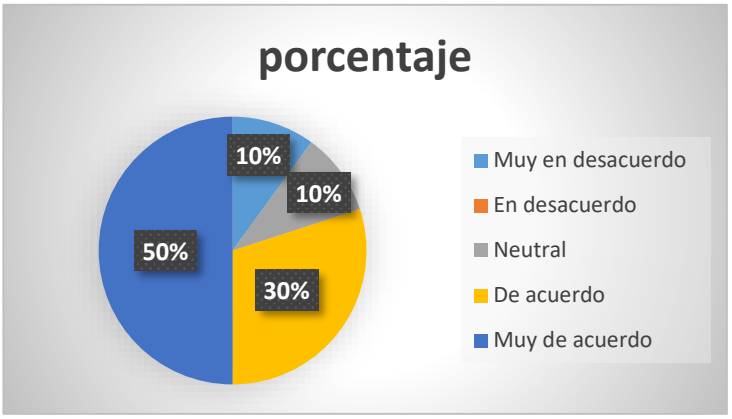
5. ¿Cuán efectivo cree que podría ser un videojuego simulado para mantener la motivación del paciente durante la terapia?



Gráfica 5

El 60% de los encuestados consideró que un videojuego simulado podría ser efectivo para mantener la motivación del paciente durante la terapia. Un 20% lo calificó como muy efectivo, mientras que el 20% se mostró neutral, reflejando una percepción predominantemente positiva sobre su potencial motivacional.

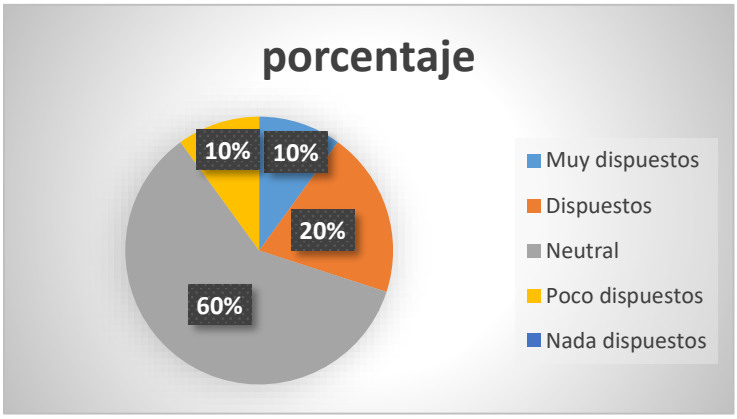
6. ¿Considera usted que un videojuego de rehabilitación debería incluir ejercicios que mejoren la fuerza muscular y el rango articular de las manos?



Gráfica 6

El 50% de los encuestados estuvo muy de acuerdo en que un videojuego de rehabilitación debería incluir ejercicios enfocados en mejorar la fuerza muscular y el rango articular de las manos. Un 30% estuvo de acuerdo, mientras que un 10% se mostró en desacuerdo y otro 10% se mantuvo neutral, evidenciando una mayoría favorable hacia la inclusión de este tipo de ejercicios en la terapia virtual.

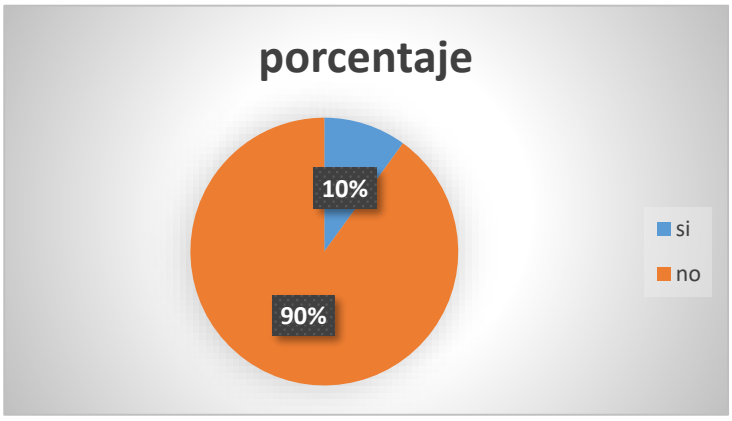
7. ¿Considera usted que el uso de videojuegos como complemento a las terapias tradicionales podría aumentar la accesibilidad a los tratamientos, al reducir la necesidad de trasladarse a un centro hospitalario para recibir rehabilitación?



Gráfica 7

El 60% de los encuestados se mostró neutral respecto a la idea de que el uso de videojuegos podría aumentar la accesibilidad a los tratamientos. Un 20% estuvo dispuesto a considerar esta opción, mientras que un 10% se mostró muy dispuesto y otro 10% poco dispuesto, reflejando opiniones variadas sobre el impacto del uso de videojuegos en la accesibilidad a la rehabilitación.

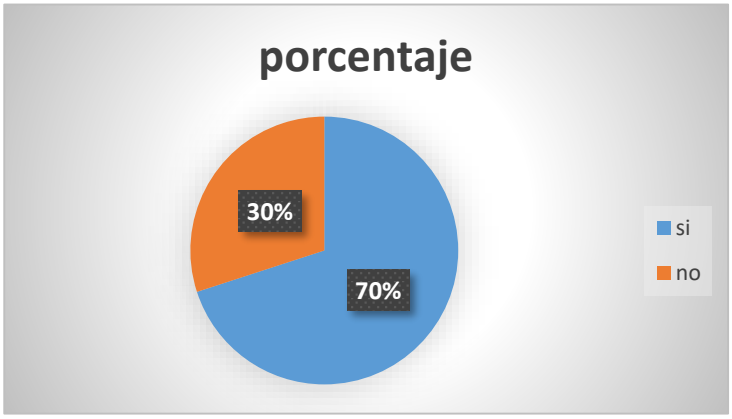
8. ¿Ha utilizado previamente simulaciones o realidad virtual en contextos de rehabilitación?



Gráfica 8

El 90% de los encuestados indicó que no ha utilizado simulaciones o realidad virtual en contextos de rehabilitación, mientras que solo el 10% respondió, afirmativamente, había utilizado un equipo de realidad virtual, esto permite que se incursione más en el campo del uso de videojuegos en la rehabilitación, ya que muy pocos profesionales lo han utilizado.

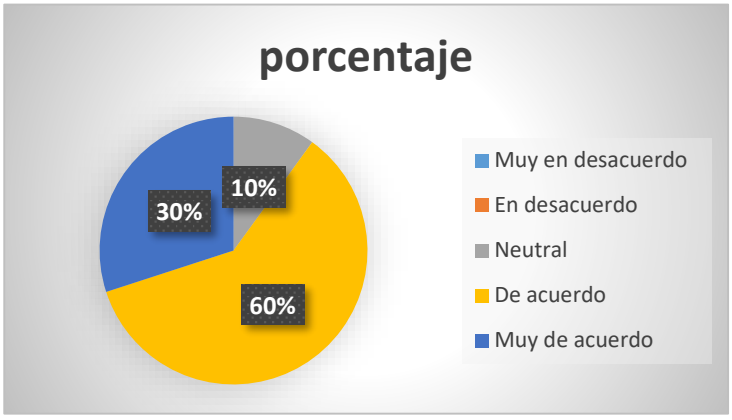
9. ¿Piensa que un videojuego de rehabilitación podría disminuir la necesidad de medicamentos para el dolor en algunos pacientes?



Gráfica 9

El 70% de los encuestados consideró que un videojuego de rehabilitación podría ayudar a disminuir la necesidad de medicamentos para el dolor en algunos pacientes. En contraste, el 30% opinó que no, lo que sugiere una percepción mayormente positiva.

10. ¿Considera que la implementación de un sensor de detección de manos sería beneficiosa para la rehabilitación de pacientes con artritis reumatoide?



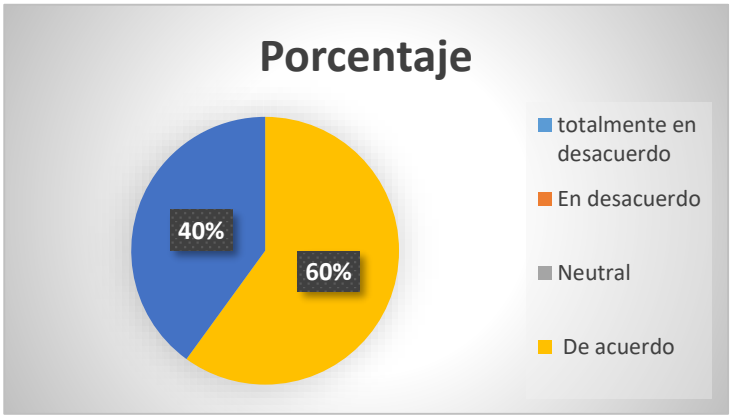
Gráfica 10

El 60% de los encuestados estuvo de acuerdo en que la implementación de un sensor de detección de manos sería beneficiosa para la rehabilitación de pacientes con artritis reumatoide. Un 30% se mostró muy de acuerdo, mientras que el 10% se mantuvo neutral, reflejando un alto nivel de aceptación hacia esta tecnología.

Pruebas con pacientes (33%): Se deben realizar pruebas con pacientes antes del desarrollo para entender sus limitaciones, niveles de dolor y preferencias, asegurando que el videojuego sea útil y personalizado.

Resultados de la Encuesta de Evaluación

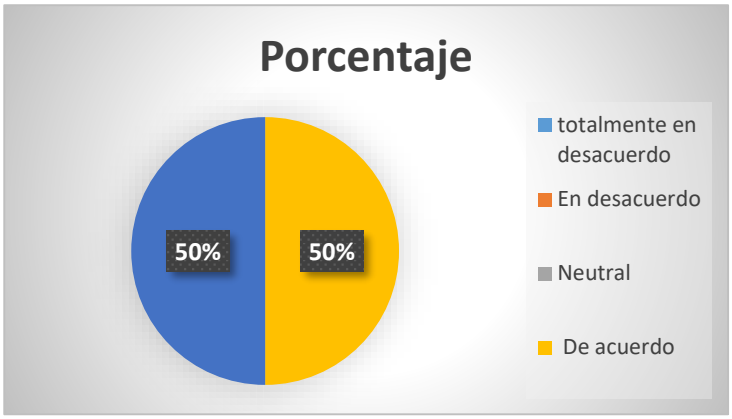
1. ¿Considera que el sistema es fácil de usar?



Gráfica 11

El 60% de los encuestados está de acuerdo y el 40% opinó que está totalmente de acuerdo de que el sistema es fácil de usar. Esto indica una alta aceptación en cuanto a la usabilidad de la herramienta.

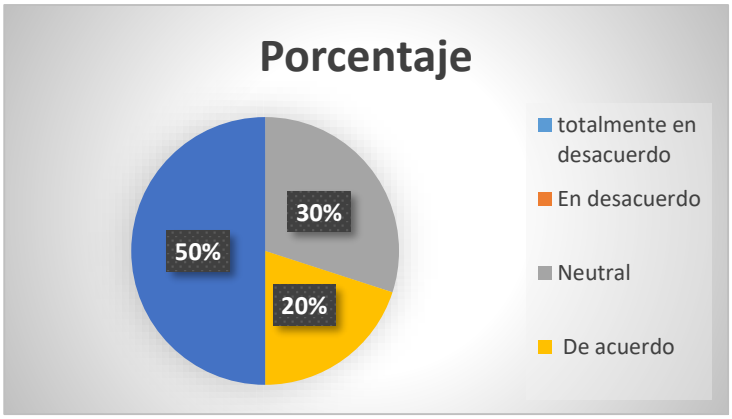
2. ¿Considera que el sistema puede ser útil para la rehabilitación de pacientes con artritis reumatoide?



Gráfica 12

El 50% estuvo de acuerdo y el 50% totalmente de acuerdo, los participantes afirmaron que el sistema puede ser útil para la rehabilitación, lo que demuestra un respaldo positivo respecto al videojuego.

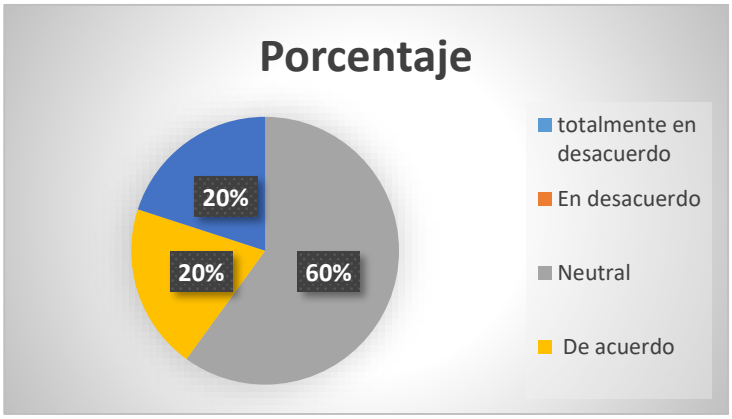
3. ¿Considera que el sistema es efectivo para mejorar la movilidad y coordinación de las manos en pacientes con artritis?



Gráfica 13

El 50% de los encuestados estuvo totalmente de acuerdo en que el sistema es efectivo para mejorar la movilidad y coordinación. Un 30% se mostró neutral, mientras que el 20% estuvo de acuerdo, reflejando una percepción mayormente positiva hacia sus beneficios terapéuticos.

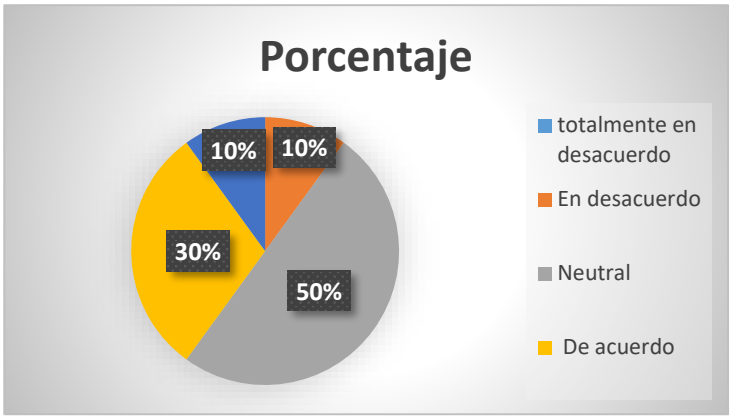
4. ¿Cree que el sistema podría reducir la necesidad de medicamentos para el dolor en pacientes con artritis reumatoide?



Gráfica 14

El 60% de los encuestados se mostró neutral respecto a la posibilidad de que el sistema reduzca la necesidad de medicamentos para el dolor. Un 20% estuvo de acuerdo y otro 20% totalmente de acuerdo, lo que indica una percepción moderadamente positiva sobre su potencial en el manejo no farmacológico del dolor.

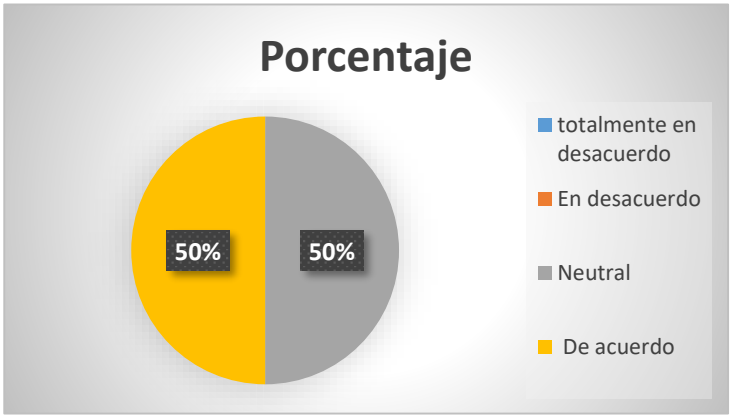
5. ¿Considera que el sistema se adapta al movimiento de flexión y extensión de las manos?



Gráfica 15

El 50% de los encuestados se mostró neutral ante la adaptabilidad del sistema a los movimientos de flexión y extensión de las manos. Un 30% estuvo de acuerdo, un 10% expresó desacuerdo y el 10% restante estuvo totalmente de acuerdo, reflejando opiniones divididas respecto a la precisión del sistema en replicar los movimientos naturales.

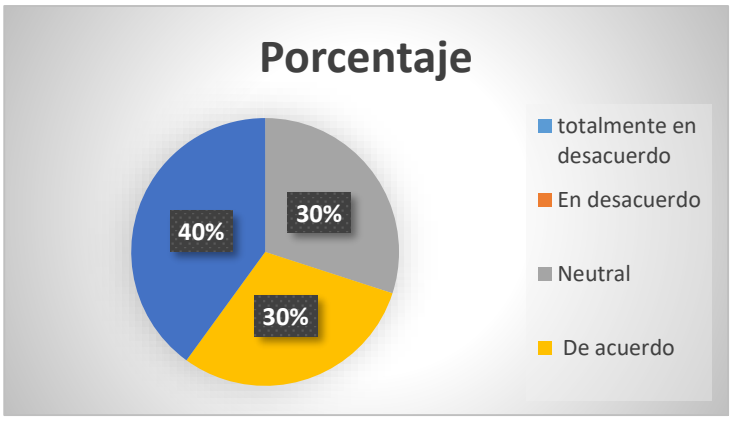
6. ¿Considera que el sensor Leap Motion responde de manera rápida y sin retrasos durante la interacción con el entorno virtual?



Gráfica 16

El 50% de los encuestados estuvo de acuerdo en que el sensor Leap Motion responde de forma rápida y sin retrasos durante la interacción. El otro 50% se mostró neutral, lo que indica una percepción equilibrada sobre el desempeño del sensor en entornos virtuales.

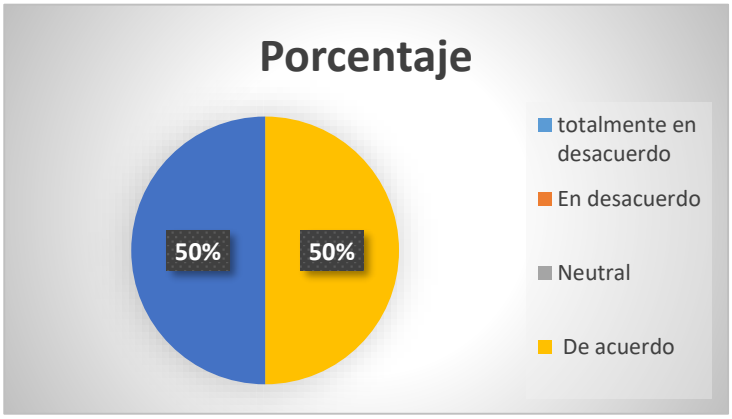
7. ¿Cree que el sistema podría mejorar la calidad de vida de los pacientes con artritis reumatoide a largo plazo?



Gráfica 17

El 40% de los encuestados estuvo totalmente de acuerdo con que el sistema podría mejorar la calidad de vida a largo plazo. Un 30% estuvo de acuerdo y el 30% restante se mostró neutral, lo que sugiere una percepción mayormente positiva.

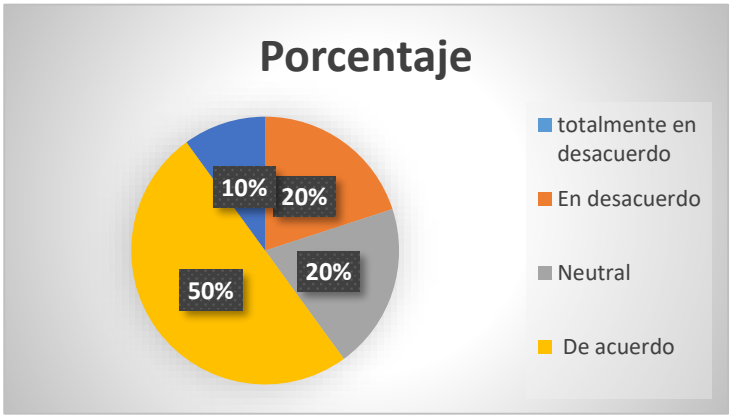
8. ¿Cree que el sistema podría ser utilizado en otros tipos de patologías de las articulaciones de las manos?



Gráfica 18

El 50% de los encuestados estuvo totalmente de acuerdo con que el sistema podría aplicarse a otras patologías articulares de las manos, mientras que el 50% estuvo de acuerdo, lo que refleja una fuerte confianza en la versatilidad del dispositivo para tratar diversas condiciones articulares.

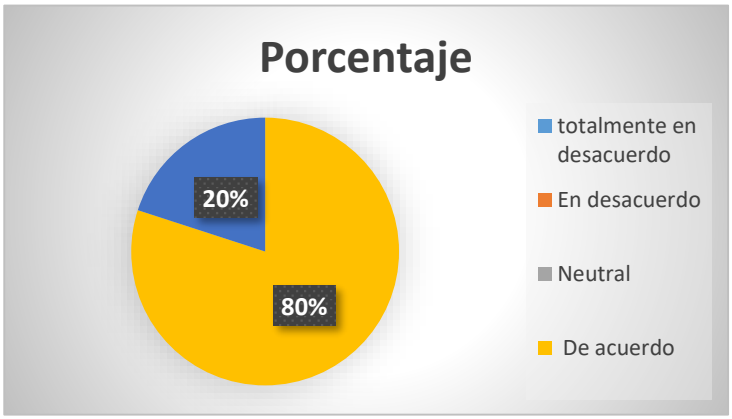
9. ¿Cree que el sistema podría ser utilizado por pacientes en sus hogares sin supervisión constante de un fisioterapeuta?



Gráfica 19

El 50% de los encuestados estuvo de acuerdo con que el sistema puede ser utilizado de manera autónoma en el hogar. Un 10% estuvo totalmente de acuerdo, mientras que un 20% estuvo en desacuerdo y el 20% restante se mostró neutral, sugiriendo opiniones mixtas sobre la viabilidad de su uso sin supervisión constante.

10. ¿Considera que el sistema es una herramienta innovadora en el campo de la rehabilitación física?



Gráfica 20

El 20% de los encuestados estuvo totalmente de acuerdo con que el sistema representa una innovación en la rehabilitación física, mientras que el 80% estuvo de acuerdo, lo que refleja una percepción muy positiva sobre su carácter novedoso y su potencial en el campo.

4.3.7 Diagnóstico

Los resultados indican que la mayoría de los encuestados consideran que la gamificación es muy beneficiosa para la rehabilitación de movimientos finos. Además, se destaca la importancia del monitoreo remoto y la posibilidad de que el videojuego ayude a reducir la necesidad de medicamentos para el dolor. Se identificaron recomendaciones clave, como incluir sensores que guíen al paciente y proporcionen retroalimentación visual y auditiva atractiva.

Los datos sugieren que existe una alta aceptación hacia el uso de videojuegos en rehabilitación, con una disposición considerable de los pacientes para utilizar el sistema en casa como complemento a la fisioterapia. También se destaca la relevancia de actividades que involucren coordinación y equilibrio, así como la necesidad de mejorar la tecnología para ampliar el rango articular y fortalecer la musculatura de los pacientes.

4.4 Discusión de hallazgos

Se ha explorado el uso del sensor Leap Motion como herramienta innovadora en la rehabilitación de personas que padecen de artritis reumatoide, tomando como referencia los resultados de este estudio están alineados con investigaciones previas, como la de **López J. (2019)**, quien empleó el sensor Leap Motion en el desarrollo del software LeapAngles para medir la amplitud de movimiento de la mano. Este trabajo no solo valida la utilidad del Leap Motion en la evaluación precisa de los movimientos articulares, sino que también amplía su aplicación al integrarlo en un entorno de rehabilitación interactiva basado en videojuegos. En este contexto, el sistema propuesto combina la precisión técnica del sensor con la gamificación, proporcionando una solución innovadora para mejorar la calidad de vida de los pacientes con artritis reumatoide.

La literatura existente también respalda el uso de enfoques lúdicos y tecnológicos en la rehabilitación física. Por ejemplo, estudios como los de **Wüest et al. (2014)** destacan que los videojuegos terapéuticos pueden aumentar la motivación del paciente, reducir el estrés asociado a las terapias tradicionales y mejorar los resultados funcionales. Este estudio refuerza dichas conclusiones al aplicar la gamificación en un contexto específico de artritis reumatoide, aprovechando la simulación de conducción para trabajar la movilidad articular de manera progresiva y adaptativa.

En cuanto a los objetivos de la investigación, los resultados confirman que el sistema desarrollado responde a la necesidad de explorar los métodos innovadores para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis. Implementar un videojuego interactivo con el sensor Leap Motion en la plataforma Unreal Engine 5 cumplió con el objetivo de proporcionar un entorno virtual para la rehabilitación de manos y no como los métodos tradicionales de rehabilitación ya incorporados como la termoterapia, la hidroterapia y el ultrasonido pulsátil ofreciendo una solución complementaria que combina lo mejor de ambas aproximaciones.

Implicaciones para la Rehabilitación:

La integración del Leap Motion con un entorno de simulación de conducción no solo cumple con los objetivos específicos de desarrollar y validar un software de rehabilitación, sino que también abre nuevas posibilidades para tratamientos accesibles y personalizados. Este sistema no solo evita la exposición de los pacientes a riesgos asociados con la asistencia presencial, como contagios en centros de salud, sino que también promueve una rehabilitación desde el hogar, lo que minimiza los costos y mejora la experiencia del usuario.

Adicionalmente, la propuesta incorpora elementos lúdicos que fomentan la adherencia al tratamiento, especialmente en personas con discapacidad motora o pacientes con artritis avanzada. Este enfoque no solo permite la rehabilitación física, sino que también impacta positivamente en el bienestar emocional, ofreciendo un tratamiento integral que prioriza la calidad de vida del paciente.

4.4.1 Trabajo a futuro

A partir de este trabajo de tesis se identificaron varios problemas abordados como trabajo futuro.

- Durante el desarrollo del videojuego, se observó que el sensor Leap Motion ofrece un modelo simplificado de la mano humana, lo cual limita la precisión en la detección de movimientos articulares complejos. Como mejora futura, se propone integrar una biblioteca de visión artificial para optimizar el seguimiento y ampliar la gama de movimientos detectables, permitiendo una rehabilitación más precisa y personalizada.
- Considerar los diferentes ángulos que posee la cámara de LeapMotion con la finalidad de observar la mano desde diversos ángulos.
- Considerando que el dispositivo LeapMotion puede ser programado para obtener parámetros como distancia, velocidad de desplazamiento de las manos y los ángulos de movimiento de una articulación, esta información podría ser utilizada para un modelado automático.

4.4.2 Presupuesto y Diagrama de Gantt

Tabla 5 presupuesto

Concepto	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Sensor Leap Motion	1	$139.00	$139.00
Envío del sensor a Panamá	1	$3.97 por libra[1]	$3.97
Desplazamientos locales	2 viajes	$5.00 por viaje[2]	$10.00
Software Unreal Engine	1	$0.00[3]	$0.00
Total	-	-	**$152.97**

4.4.3 Diagrama de Gantt

CRONOGRAMA DE GANT

Proyecto: "Desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis".

Estudiante: Job A. Tuñon R.

Actividad	Inicio	Final	Programación Semanal y Mensual para Desarrollo del Proyecto															
			SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
			1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana
Selección de Tema para el Proyecto	10 de Septiembre	21 de septiembre																
Desarrollo del Capítulo I. El Problema	22 de Septiembre	30 de Septiembre																
Desarrollo del Capítulo II. Marco Teórico	1 de Octubre	11 de Octubre																
Desarrollo del Capítulo III. Marco Metodológico	14 de Octubre	1 de Noviembre																
Desarrollo del Capítulo IV. Análisis de Resultado	4 de Noviembre	15 de Noviembre																
Desarrollo del Capítulo V.	18 de Noviembre	29 de Noviembre																
Revisión de Español y entrega del Proyecto	2 de Diciembre	13 de Diciembre																

Prórroga

CRONOGRAMA DE GANT

Proyecto: "Desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis".

Estudiante: Job Arturo Tuñon Rodriguez

Actividad	Inicio	Final	Programación Semanal y Mensual para Desarrollo del Proyecto															
			Enero				Febrero				Marzo				Abril			
			1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana
Desarrollo del Capítulo IV. Análisis de Resultado	15 de enero	21 de enero																
INTRODUCCIÓN	22 de enero	30 de enero																
METODOS DE ANÁLISIS	1 de febrero	11 de febrero																
ANALISIS DE RESULTADOS	14 de febrero	1 de marzo																
DISCUSIÓN DE HALLAZGOS	4 de marzo	15 de marzo																
LIMITACIONES DEL ESTUDIO	18 de marzo	29 de marzo																
CONCLUSIONES PARCIALES	2 de abril	13 de abril																

4.5 Limitaciones del estudio

En este proyecto se identificaron las siguientes limitaciones que podrían influir en la interpretación de los resultados.

La dependencia del hardware: La funcionalidad del sistema depende completamente de la precisión del Leap Motion. Si el dispositivo no detecta las manos correctamente, el control del videojuego se ve afectado.

Visibilidad de ambas manos: La lógica booleana requiere que ambas manos sean visibles en todo momento, lo que es limitada.

Reconocimiento de gestos: No se incluye un análisis avanzado de gestos, como movimientos más complejos o señales con un solo dedo, si no que involucra la mano completa para enriquecer la interacción.

Complejidad de la implementación: La lógica booleana es utilizada para distinguir entre la mano izquierda o la mano derecha para no comprometer el sistema a la hora de la prueba.

Acceso limitado a especialistas: Una de las principales dificultades fue la obtención de respuestas por parte de los especialistas necesarios para validar la encuesta diseñada. Esto implicó un considerable tiempo de búsqueda y coordinación, lo que retrasó el avance en esta etapa del proyecto.

Desafíos técnicos en la programación: La integración y programación del sensor presentó complicaciones significativas, principalmente debido a la necesidad de configurar correctamente los complementos (plugins) para garantizar su compatibilidad con el entorno de desarrollo. Este proceso demandó un esfuerzo adicional para solucionar problemas de integración y asegurar el funcionamiento óptimo del sistema.

CONCLUSIÓN

1. En este estudio se destacó la utilidad del sensor Leap Motion en la rehabilitación de pacientes con artritis reumatoide, validando su aplicación en videojuegos terapéuticos para mejorar la movilidad de las manos. La simulación de conducción en Unreal Engine 5 se presentó como una solución innovadora y accesible, que complementa las terapias tradicionales, permite la rehabilitación desde el hogar y combina recuperación física con bienestar emocional.
2. El desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos en Unreal Engine, utilizando el sensor Leap Motion, representa una alternativa innovadora y efectiva para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis reumatoide. Este enfoque no solo trata las limitaciones de los métodos tradicionales de rehabilitación, como los altos costos de atención, la falta de accesibilidad para pacientes que residen en zonas distantes de una ciudad y la desmotivación del paciente, sino que también ofrece una solución segura y accesible que puede realizarse desde el hogar. Al integrar la tecnología de realidad virtual y videojuegos terapéuticos, se logra una experiencia de rehabilitación más interactiva y motivadora, lo que mejora la afinidad al tratamiento y promueve la neuroplasticidad y la recuperación motora.
3. El proyecto se presenta como una herramienta revolucionaria para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis reumatoide, combinando la precisión tecnológica con la interactividad de los videojuegos. Este proyecto resalta la importancia de las manos como una parte fundamental del cuerpo humano, esencial para realizar actividades cotidianas, ofreciéndoles una alternativa para la rehabilitación accesible y eficaz, para quienes padecen esta enfermedad crónica.

RECOMENDACIONES

1. **Integración de nuevas tecnologías emergentes en la rehabilitación:** Se recomienda a las instituciones de salud, centros de rehabilitación y profesionales en fisioterapia considerar la implementación de tecnologías como el Leap Motion y Unreal Engine 5 en sus programas terapéuticos. Estas herramientas pueden mejorar la accesibilidad y efectividad de los tratamientos, especialmente para pacientes con artritis reumatoide que enfrentan barreras económicas o geográficas.

2. **Desarrollar versiones personalizadas del sistema según el nivel de movilidad del paciente**: Se sugiere que futuras investigaciones y desarrollos adapten el videojuego a diferentes grados de afectación motora en las manos, asegurando que la rehabilitación sea progresiva, segura y adecuada al estado físico de cada paciente.

3. **Capacitar a profesionales de la salud en el uso de estas tecnologías**: Es fundamental ofrecer formación especializada a fisioterapeutas y personal clínico sobre el uso y mantenimiento del sistema de simulación con Leap Motion y Unreal Engine 5, garantizando una implementación adecuada y un acompañamiento terapéutico efectivo.

BIBLIOGRAFÍA**:**

- **García Martos**, Álvaro (2024). España, Enfermedades Reumáticas, Reumatólogo del Hospital Universitario de Tajo, Madrid, https://inforeuma.com/enfermedades-reumaticas/artritis-reumatoide/

- **ClikiSalud** (2020) México, Fundación Carlos Slim, Erosión Ósea, https://www.clikisalud.net/erosion-osea-por-artritis-reumatoide-lo-que-debes-saber/

- **Chang-Miller**, April (2023). USA. Mayo Clinic, Artritis Reumatoide https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/rheumatoid-arthritis/symptoms-causes/syc-20353648.

- **Javier Pastor**, (2013) México, Xataka, Leap Motion https://www.xataka.com/otros/leap-motion-ya-esta-disponiblehttps://www.xataka.com/otros/leap-motion-ya-esta-disponible.

- **López Trejos**, José Ricardo (2019) México, Leap motion para medir la amplitud del movimiento de una articulación en la mano https://repositorioinstitucional. uabc.mx/entities/publication/cf828852-7e52-4813-8e7a-f20705cd2708.

- **Palastanga** N., **Field,** D., **Soames,** R. (2007). Anatomía y Movimiento Humano. Estructura y Funcionamiento, Editorial Paidotribo, ISBN: 9788480195003.

- **Dunkin**, Mary Anne (2022*).* USA. Arthritis Foundation https://espanol.arthritis.org/health-wellness/treatment/treatment-plan/disease-management/treatments-for-rheumatoid-arthritis.

- **Ministerio de Salud-MINSA** (2021) Panamá. Informe Epidemiológico No.3, https://www.minsa.gob.pa/sites/default/files/publicacion-general/informe_ epidemiologico_no.3_-_trabajadores_de_la_salud_22-3-2021_ra_0.pdf

- **Tesis y Másters** (2015) Argentina, Muestra Estadística, *https://tesisymasters.com.ar/muestra-estadistica/*

- **López Trejos** R. (2029) México, Leap Motion para medir la amplitud del movimiento de una articulación en la mano, Universidad Inca Garcilaso De La Vega, Facultad de Tecnología Médica. https://repositorioinstitucional.uabc.mx/entities/publication/cf828852-7e52-4813-8e7a-f20705cd2708

- **Paz** H. **& Trazy** S. (2017) Perú, Tratamiento Fisioterapéutico en Artritis Reumatoide. https://core.ac.uk/outputs/230584831/?source=oai
- **Murillo, W. (2008)**. La investigación científica. Consultado el 18 de abril de 2008 de http//www.monografias.com/ trabajos15/invest-científica/invest científica.shtm
- **KERLINGER Fred (1988).** Investigación del Comportamiento. México D.F.: Edi torial McGraw Hill
- **Ortega, C. (2014**). Question pro. Obtenido de https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-no-probabilistico/
- **Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos, Baptista Lucio, María del Pilar (2014).** Metodología de la investigación (6° ed.). México: McGraw Hill Interamericana Editores S.A. de C.V
- **Rehametrics. (2024, 21 noviembre)**. *Ejercicios de rehabilitación virtual*. https://rehametrics.com/rehabilitacion-virtual/
- **Wüest, S., Borghese, N. A., Pirovano, M., Mainetti, R., Van de Langenberg, R., & De Bruin, E. D. (2014)**. Usability and Effects of an Exergame-Based Balance Training Program. Games For Health Journal, 3(2), 106-114. https://doi.org/10.1089/g4h.2013.0093
- **Aspace Jaén**. (2023, 28 marzo). Proyecto Leap Motion - Aspace Jaén. https://aspacejaen.org/proyecto-leap-motion/
- **Top-ranked Hospital in the Nation**. (s. f.). MayoClinic. https://www.mayoclinic.org/
- **Apuntes de anatomía** | Enfermería. (s. f.). Enfermería. https://enfermeria.top/apuntes/anatomia
- **Eidos, C. (2021, 25 enero).** Erosión ósea por artritis reumatoide, lo que debes saber - ClikiSalud.net | Fundación Carlos Slim. ClikiSalud.net |

Fundación Carlos Slim. https://www.clikisalud.net/erosion-osea-por-artritis-reumatoide-lo-que-debes-saber

- **Pastor, J. (2013, 23 julio).** Leap Motion ya está disponible. Xataka. https://www.xataka.com/otros/leap-motion-ya-esta-disponible
- **Dipert, B. (2013, 28 junio).** Leap Motion exposed: a stereo sensor array, along with three infrared Light-Emitting diodes. Edge AI And Vision Alliance. https://www.edge-ai-vision.com/2013/06/leap-motion-exposed-a-stereo-sensor-array-along-with-three-infrared-light-emitting-diodes/
- **Ultraleap-hand-tracking.** (2021). Xrtoday. https://www.xrtoday.com/wp-content/uploads/2021/02/ultraleap-hand-tracking-news-xr-today.jpg
- **LeapMotion.(2018)**.Tiendadeelectronica.https://tiendadeelectronica.mx/wpcontent/uploads/2018/07/1_iHKAKDjrDB09OURDR9k5gw-600x514.png
- **Sarmiento-Monroy, J. C. (2015, 25 abril).** Tratamiento de artritis reumatoide 2015.[Diapositivas].SlideShare.https://es.slideshare.net/slideshow/tratamiento-de-artritis-reumatoide-2015/47408175#7
- **tratamientodeartritisreumatoide.(2015).**Slidesharecdn.https://image.slidesharecdn.com/tratamientodeartritisreumatoide2015-150425122906-conversion-gate01/75/Tratamiento-de-Artritis-Reumatoide-2015-7-2048.jpg
- **Blueprint.(2021)**.EpicGames.https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/types-of-blueprints-in-unreal-engine#blueprintinterface
- **Lightbox, C. (2023, 24 octubre)**. Las diferencias entre Unity y Unreal, los mejores motores de render. Lightbox Academy. https://lboxacademy.es/blog/diferencias-entre-unity-y-unreal/

5. ANEXOS

Carta de revisión del Profesor de Español

Panamá, 26 de mayo de 2025

Señores:

UNIVERSIDAD LATINA DE PANAMA

E. S. D.

Estimados Señores:

La(El) suscrita(o) notifica haber revisado por solicitud del estudiante Job Arturo Tuñon Rodríguez con cédula de identidad personal número 2-742-24, el proyecto final de graduación titulado "Desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos en Unreal Engine para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis" y a su vez doy fe que el documento cumple satisfactoriamente con todos los requisitos formales de ortografía y de redacción exigidos por el idioma español.

Atentamente,



Danixa González

Profesora de Español

5.1 Formulario de Aceptación

a. Nombre del estudiante: _Job Arturo Tuñon Rodríguez_
Fecha: 11/10/2024

b. Número de Identificación Personal: 2-742-24

c. Carrera de Estudio: _Ingeniería Biomédica e Instrumentación_

d. Cuatrimestre matriculado (año y cuatrimestre): _2024-3_

e. Título de la Tesis: Desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos en Unreal Engine para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis

f. Problema a Investigar: Las personas que padecen artritis reumatoide enfrentan diversos obstáculos en la rehabilitación de sus manos, tales como los elevados costos de los tratamientos, los traslados, la escasa disponibilidad de centros especializados, y la creciente necesidad de minimizar el riesgo de contagio en entornos hospitalarios. Estos factores impactan de manera negativa en la efectividad de sus terapias y resultados.

¿Cómo puede la implementación de un videojuego simulado ofrecer una alternativa segura y efectiva para la rehabilitación de manos en personas con artritis, evitando exponer al paciente a los riesgos de un entorno hospitalario?

Este videojuego simulado y desarrollado en la plataforma Unreal Engine, ofrece una forma de abordar el proceso de rehabilitación.

Gracias a la avanzada capacidad gráfica, permita una mayor precisión en los ejercicios y mejorar los resultados terapéuticos.

g. Justificación: La implementación de videojuegos en la rehabilitación de manos en personas con artritis reumatoide responde a una necesidad urgente de soluciones innovadoras que reduzcan el riesgo de contagio en pacientes que requieren asistencia médica prolongada El confinamiento durante la pandemia de COVID-19 destacó la importancia de contar con sistemas que permitan continuar la atención médica a distancia, asegurando que los pacientes mantengan su seguridad y bienestar sin comprometer su proceso de recuperación. Además, esta tecnología puede aumentar el acceso a la rehabilitación para pacientes en áreas rurales o con limitaciones de movilidad.

h. Objetivos.

i. Objetivos Generales: Desarrollar un sistema de simulación de videojuegos para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis reumatoide, utilizando el sensor de manos Leap Motion para el seguimiento de movimientos, y empleando la plataforma Unreal Engine 5 para el desarrollo del entorno virtual. El sistema busca evitar la asistencia presencial a centros de salud, minimizando los riesgos de contagio y optimizando el proceso de recuperación y los tiempos de traslados.

ii. Objetivos Específicos:

- Conocer los métodos de rehabilitación utilizados para tratar las artritis reumatoides en las manos.

- Desarrollar un software de rehabilitación basado en un simulador Unreal Engine 5 para tratar la artritis en las articulaciones de las manos.
- Validar el funcionamiento del software midiendo la percepción de un fisioterapista.

- **i. Aportes**

Mejora de la Motricidad Fina

- **Aporte:** Los videojuegos pueden diseñarse para incluir ejercicios que mejoren la destreza y coordinación de los dedos, lo que es crucial para pacientes con artritis.
- **Ejemplo:** Juegos que requieren que los usuarios realicen movimientos precisos, como agarrar o soltar objetos virtuales.

Accesibilidad y Comodidad

- **Aporte:** Un sistema de simulación puede ser utilizado en casa, lo que proporciona a los pacientes la comodidad de realizar ejercicios en un entorno familiar.
- **Ejemplo:** Desarrollar una aplicación que funcione en computadoras o consolas de videojuegos que los pacientes ya posean.

Reducción del Dolor y la Rigidez

- **Aporte:** Los ejercicios realizados a través de videojuegos pueden ayudar a reducir la rigidez y el dolor en las manos, mejorando la calidad de vida de los pacientes.

- **Ejemplo:** Diseñar juegos que promuevan movimientos suaves y controlados, evitando la sobrecarga en las articulaciones.

Investigación y Desarrollo

- **Aporte:** El proyecto puede contribuir a la investigación en el campo de la rehabilitación de manos con personas que padecen de artritis reumatoide, proporcionando datos sobre la efectividad de los videojuegos en el tratamiento de la artritis

j. Nombres y firmas del director recomendado:

Nombre completo: _Erick David Zapata Ceballos Firma: Erick Zapata **celular: 6517-7771**

k. Nombre y firma del Profesor de asignatura Proyecto

Final Nombre completo: Alfredo Lescher
Firma: **celular:** 61263467

Luis C. Estrada P.

APROBADO

5.2 Formulario de Entrega de Proyecto Final de Graduación

SEDE CENTRAL

FORMULARIO DE ENTREGA DE PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN

Nota: Llenar este formulario a máquina de escribir. Entregar este formulario junto con el Proyecto Final de Graduación y los Paz y Salvo

Por este medio, notifico que el Proyecto
Titulado **"Desarrollar un sistema de simulación de videojuegos en Unreal Engine para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis"**

Correspondiente al estudiante **Job Arturo Tuñon Rodríguez**
De la carrera **Ingeniería Biomédica e Instrumentación**
Doy fe que he revisado y autorizado la entrega del Proyecto Final de Graduación (Documento Final), a Secretaría Académica, por reunir los requisitos y acatamientos exigidos por la Universidad Latina de Panamá y sugiere se le asigne la fecha para su defensa oral (sustentación).

Autorización del Director del Proyecto Final de Graduación:

Nombre del Profesor Director: Erick David Zapata Ceballos
Firma de Autorización: Erick Zapata
Teléfono: 6517-7771

Autorización del Profesor responsable del Curso Proyecto Final de Graduación:

Nombre del Profesor Alfredo Lescher
Firma de Autorización
Teléfono 61263467

En caso de revisión de un Profesor de Español

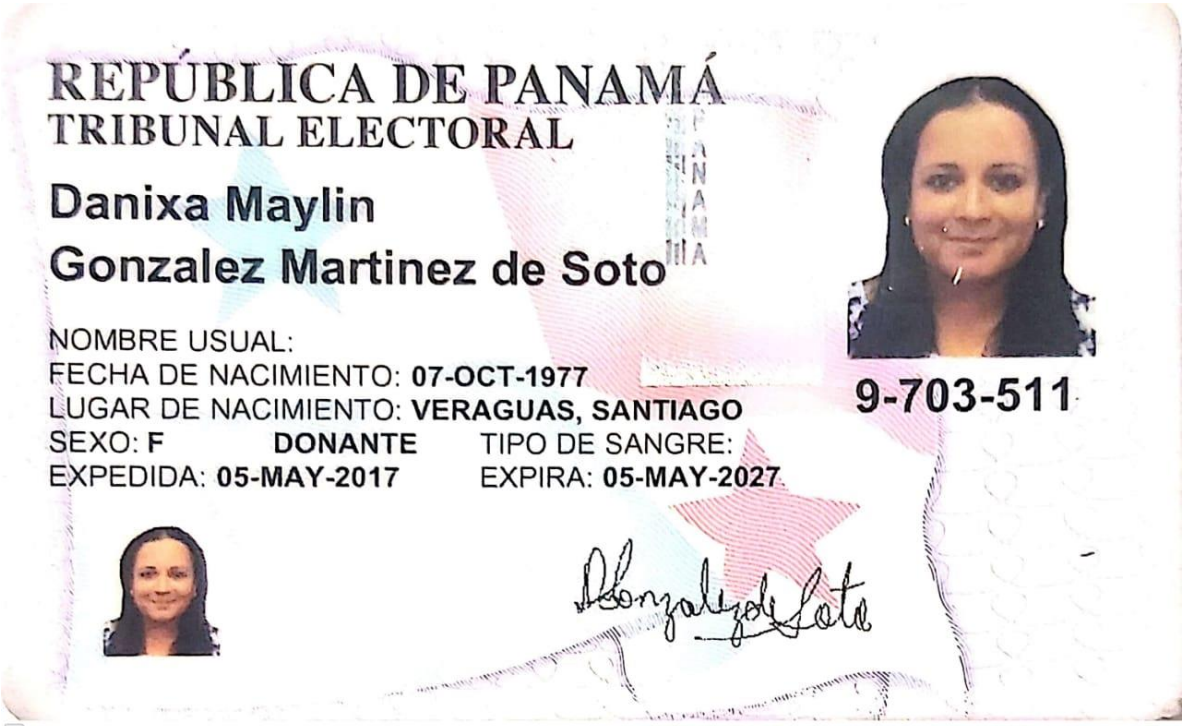
Notifico que doy fe de que el documento cumple satisfactoriamente con todos los requisitos formales de ortografía y de redacción exigidos por el idioma español.

Nombre del Profesor de Español: Danixa González

Autorización

Firma del Estudiante _____ Fecha de Entrega 26/05/2025

Recibido por_____ Fecha_____


REPÚBLICA DE PANAMÁ
TRIBUNAL ELECTORAL

Danixa Maylin
Gonzalez Martinez de Soto

NOMBRE USUAL:
FECHA DE NACIMIENTO: **07-OCT-1977**
LUGAR DE NACIMIENTO: **VERAGUAS, SANTIAGO**
SEXO: **F** **DONANTE** TIPO DE SANGRE:
EXPEDIDA: **05-MAY-2017** EXPIRA: **05-MAY-2027**

9-703-511

CS Escaneado con CamScanner

UNIVERSIDAD DE PANAMA

LA FACULTAD DE

Humanidades

EN VIRTUD DE LA POTESTAD QUE LE CONFIEREN LA LEY Y EL ESTATUTO UNIVERSITARIO,
HACE CONSTAR QUE

Danixa Maylin González Martínez

HA TERMINADO LOS ESTUDIOS Y CUMPLIDO CON LOS REQUISITOS
QUE LE HACEN ACREEDOR AL TITULO DE

Licenciada en Humanidades
con Especialización en Español

Y EN CONSECUENCIA SE LE CONCEDE TAL GRADO CON TODOS LOS DERECHOS,
HONORES Y PRIVILEGIOS RESPECTIVOS, EN TESTIMONIO DE LO CUAL SE LE EXPIDE
ESTE DIPLOMA EN LA CIUDAD DE PANAMÁ, A LOS seis
DÍAS DEL MES DE octubre DEL AÑO DOS MIL seis.

Diploma 141072

Identificación Personal
9-703-511

Secretaria General

Decano

Rector

Certificación

A quien corresponda:

Certifico que el trabajo de grado titulado **“Desarrollo de un sistema de simulación de videojuegos en Unreal Engine para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis”**, elaborado por el estudiante Job Arturo Tuñón Rodríguez, con cédula de identidad personal N.º 2-742-24, como requisito para optar al título de **Ingeniería Biomédica e Instrumentación**, otorgado por la Universidad Latina de Panamá, cumple con la normativa relacionada con el idioma español, ya que las ideas plasmadas en el documento han sido expresadas de manera clara, concisa y coherente. Asimismo, la sintaxis es cohesionada, y la puntuación y ortografía corresponden a las reglas idiomáticas del español.

Atentamente,



Danixa González
Profesora de Español
C.I.P 9-703-511

5.3 Modelo de la encuesta

Instrucciones: Por favor, indique su nivel de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones, marcando con una " ✓" la opción que mejor represente su opinión.

1. ¿Qué tan beneficioso puede ser el uso de gamificación (videojuegos o elementos de juego) para la rehabilitación de movimientos finos en pacientes con artritis reumatoide?

    - - Muy en desacuerdo
    - - En desacuerdo
    - - Neutral
    - - De acuerdo
    - - Muy de acuerdo

2. Considera usted que los ejercicios de flexión y extensión de las manos son fundamentales para la rehabilitación de pacientes con artritis reumatoide.

    - - Muy en desacuerdo
    - - En desacuerdo
    - - Neutral
    - - De acuerdo
    - - Muy de acuerdo

3. Un sistema de videojuegos que simule actividades cotidianas (como conducir un automóvil) podría ser útil para la rehabilitación de manos en pacientes con artritis.

    - - Muy de acuerdo
    - - De acuerdo
    - - Neutral
    - - En desacuerdo
    - - Muy en desacuerdo

4. ¿Cree que los pacientes estarían dispuestos a usar un sistema de videojuego en casa para complementar las sesiones de fisioterapia?

    - - Muy dispuestos
    - - Dispuestos
    - - Neutral
    - - Poco dispuestos
    - - Nada dispuestos

5. ¿Cuán efectivo cree que podría ser un videojuego simulado para mantener la motivación del paciente durante la terapia?

    - - Muy efectivo
    - - Efectivo
    - - Neutral
    - - Poco efectivo
    - - No efectivo

6. Considera usted que un videojuego de rehabilitación debería incluir ejercicios que mejoren la fuerza muscular y el rango articular de las manos.

    - - Muy en desacuerdo
    - - En desacuerdo
    - - Neutral
    - - De acuerdo
    - - Muy de acuerdo

7. ¿Considera usted que el uso de videojuegos como complemento a las terapias tradicionales podría aumentar la accesibilidad a los tratamientos, al reducir la necesidad de trasladarse a un centro hospitalario para recibir rehabilitación?
    - - Muy dispuestos
    - - Dispuestos
    - - Neutral
    - - Poco dispuestos
    - - Nada dispuestos

8. ¿Ha utilizado previamente simulaciones o realidad virtual en contextos de rehabilitación?
    - Sí
    - No
9. ¿Piensa que un videojuego de rehabilitación podría disminuir la necesidad de medicamentos para el dolor en algunos pacientes?
    - Sí
    - No
10. ¿Considera que la implementación de un sensor de detección de manos sería beneficiosa para la rehabilitación de pacientes con artritis reumatoide?
    - - Muy en desacuerdo
    - - En desacuerdo
    - - Neutral
    - - De acuerdo
    - - Muy de acuerdo

Encuesta de Evaluación

Instrucciones: Por favor, indique su nivel de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones, marcando con una " ✓" la opción que mejor represente su opinión.

1. ¿Considera que el sistema es fácil de usar?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

2. ¿Considera que el sistema puede ser útil para la rehabilitación de pacientes con artritis reumatoide?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

3. ¿Considera que el sistema es efectivo para mejorar la movilidad y coordinación de las manos en pacientes con artritis?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

4. ¿Cree que el sistema podría reducir la necesidad de medicamentos para el dolor en pacientes con artritis reumatoide?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

5. ¿Considera que el sistema se adapta al movimiento de flexión y extensión de las manos?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

6. ¿Considera que el sensor Leap Motion responde de manera rápida y sin retrasos durante la interacción con el entorno virtual?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

7. ¿Cree que el sistema podría mejorar la calidad de vida de los pacientes con artritis reumatoide a largo plazo?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

8. ¿Cree que el sistema podría ser utilizado en otros tipos de patologías de las articulaciones de las manos?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

9. ¿Cree que el sistema podría ser utilizado por pacientes en sus hogares sin supervisión constante de un fisioterapeuta?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

10. ¿Considera que el sistema es una herramienta innovadora en el campo de la rehabilitación física?

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo