



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA**

Intervención fisioterapéutica basada en realidad virtual en pacientes con artroplastia de rodilla

**Trabajo de Titulación para optar al título de Licenciatura en
Fisioterapia**

Autor:
Ramos Chapi, Erik Jhoel
Sani Moyota, Grace Natali

Tutor:
Mgs. Ernesto Fabián Vinueza Orozco

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, **Erik Jhoel Ramos Chapi**, con cédula de ciudadanía **0604954149** y **Grace Natali Sani Moyota**, con cédula de ciudadanía **0605532308**, autores del trabajo de investigación titulado: **Intervención fisioterapéutica basada en realidad virtual en pacientes con artroplastia de rodilla**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cessionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 24 de noviembre de 2025.



Erik Jhoel Ramos Chapi

C.I: 0604954149



Grace Natali Sani Moyota

C.I: 0605532308

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Mgs. Ernesto Fabián Vinueza Orozco** catedrático adscrito a la **Facultad de Ciencias de la Salud** por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **Intervención fisioterapéutica basada en realidad virtual en pacientes con artroplastia de rodilla**, bajo la autoría de **Erik Jhoel Ramos Chapi y Grace Natali Sani Moyota**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 24 días del mes de noviembre de 2025.

Mgs. Ernesto Fabián Vinueza Orozco

C.I: 0603550328

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Intervención fisioterapéutica basada en realidad virtual en pacientes con artroplastia de rodilla, presentado por **Erik Jhoel Ramos Chapi** con cédula de identidad número **0604954149**, y **Grace Natali Sani Moyota** con cédula de identidad número **0605532308**, bajo la tutoría de Mg. **Ernesto Fabián Vinueza Orozco**; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 02 de diciembre de 2025.

María Belén Pérez García, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Johannes Alejandro Hernández Amaguaya, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



David Marcelo Guevara Hernández, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **SANI MOYOTA GRACE NATALI** con CC: **0605532308**, y **RAMOS CHAPI ERIK JHOEL** con CC: **0604954149** estudiantes de la Carrera de **FISIOTERAPIA**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Intervención fisioterapéutica basada en realidad virtual en pacientes con artroplastia de rodilla.**", cumple con el 17 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 13 de Noviembre de 2025

Mgs. Ernesto Vinueza O
TUTOR

DEDICATORIA

Dedicó este trabajo con amor para mi madre Rosa Ramos, que ha sido mi pilar, fortaleza para cruzar este camino universitario, que me ayudado a mejorar como persona y como profesional, con ayuda de sus consejos, apoyo incondicional y motivación.

A mis hermanos, Cristina con su delicadez y amabilidad, me ha sabido brindar sabiduría, consejos de superación y Christopher que con su carácter y voluntad fuerte ha sabido darme fortaleza en momentos difíciles.

A mis abuelitos, Inés y Juan quienes han sabido formarme con muchos de sus valores a la antigua han sabido moldearme desde muy pequeño para convertirme en la persona que ahora soy y a mi familia en general quienes han sabido contribuir con experiencia y consejos a lo largo de toda mi vida.

Hay muchos sentimientos más por expresar de amor y cariño hacia mi familia no tengo las palabras suficientes para decirles un gracias por todo y que todos mis logros van dedicados a ustedes mil gracias, por tanto.

Erik Jhoel Ramos Chapi

Dedicó este trabajo de titulación a mis amados padres, quienes han sido el pilar más firme en mi formación, gracias por brindarme amor incondicional, por ser ejemplo de esfuerzo, humildad y perseverancia. Me enseñaron a no rendirme, a creer en mí y a luchar por lo que quiero con dedicación y fe. Todo lo que soy y lo que hago es gracias a ustedes.

A mi hermano Cristian, que partió al cielo, pero sigue presente en cada paso que doy. Su recuerdo ha sido mi inspiración más profunda, y esta meta es un homenaje a su recuerdo, sé que desde donde este, se siente orgulloso de mí, porque siempre quiso verme triunfar.

A mi hermano Jeison, quien ha caminado a mi lado cada momento, su compañía, apoyo constante y palabras de aliento han sido luz en los días difíciles. Gracias por ser mi amigo incondicional.

A mis queridos abuelitos Félix y Rosario que, aunque no están físicamente me acompañaron desde el cielo. Gracias por su amor tierno, por haberme cuidado desde pequeña y por enseñarme con su ejemplo a valorar cada detalle de la vida.

A mí misma, por no rendirme, por mantenerme firme y valiente. Por confiar en mis capacidades y por haber luchado hasta hacer realidad este sueño.

Todo lo que soy y todo lo que sueño se lo debo a ustedes. Cada logro, cada paso, cada meta alcanzada. Lleva impreso el amor, el apoyo y la presencia de quienes han estado conmigo en cuerpo y en espíritu. Gracias por ser mi razón, mi fuerza y mi motor. este triunfo no es solo mío, es de todos ustedes. Con amor...

Grace Natali Sani Moyota

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por darme fortaleza para superar obstáculos que fueron muy duros tanto académicamente como personales me dio el impulso de seguir adelante y no rendirme, superando uno a uno cada una de las dificultades que he cruzado en tramo de mi vida.

A mi madre quien es mi guía y fortaleza que estuvo para darme ánimos, tranquilidad, confianza y ánimos para no decaer jamás que su sacrificio no ha sido en vano, hoy todo ese sacrificio dando resultados es, será siempre mi mayor fortaleza y refugio. A mis hermanos quienes me apoyaron en todo mi trayecto son mi mayor orgullo de toda la vida gracias por todo los amo mucho.

Agradezco a todos los docentes de la institución, por su enseñanza el empeño que le ponen para formar profesionales. Sobre todo, a mi tutor de tesis Msc. Ernesto Vinueza por el respaldo, guía y conocimiento que nos brindo ha sido fundamental para poder cumplir este proceso.

A mi amiga y compañera de tesis Grace Sani por la confianza que ha puesto en mi para poder cumplir este gran objetivo juntos gracias por la amistad y apoyo incondicional, un agradecimiento inmenso a mi grupo de amigos que a pesar de no estar siempre presentes están apoyándome en todo momento.

Erik Jhoel Ramos Chapi

Al culminar esta etapa, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, por ser la base sólida sobre la que eh construido mis metas. Gracias por su amor incondicional, sus sacrificios silenciosos y su apoyo constante. A mis hermanos y abuelitos quienes con su cariño, consejos y presencia han sido un motor invaluable en mi vida.

Agradezco profundamente a los licenciados de la carrera de fisioterapia de la Universidad Nacional de Chimborazo, por compartir con generosidad sus conocimientos, por motivarme a dar lo mejor de mí y por guiarme con responsabilidad y vocación en cada etapa de mi formación profesional.

Mi más sincero agradecimiento al Mgs. Ernesto Vinueza, tutor de nuestra tesis, por su acompañamiento, guía, paciencia y dedicación. Su orientación oportuna y su compromiso han sido fundamentales para la culminación exitosa de proyecto de titulación.

Finalmente agradezco a mi compañero de tesis Erik Ramos, por su entrega, amistad, y compromiso a lo largo de este proceso. El compromiso mutuo y la colaboración fueron esenciales para lograr esta meta juntos con esfuerzo y perseverancia.

Finalmente me agradezco a mí misma por no rendirme, por confiar en mis capacidades y por haber enfrentado cada desafío con valentía y determinación este logro es el reflejo de esfuerzo, la constancia y el amor con el que eh recorridos este camino.

Grace Natali Sani Moyota

INDICE GENERAL:

DERECHO DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE MIEMBROS DE TRIBUNAL

CERTIFICADO DE ANTI PLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....14

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....16

2.1 Anatomía16

2.1.1 Estructura ósea16

2.1.2 Estructuras ligamentosas17

2.1.3 Meniscos.....19

2.2 Biomecánica.....19

2.3 Osteoartritis de rodilla.....21

2.3.1 Epidemiología21

2.3.2 Factores de riesgo.....22

2.3.3 Clínica22

2.3.4 Diagnóstico.....22

2.4 Artroplastia de rodilla23

2.5 Realidad virtual.....24

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....29

3.1 Diseño de la Investigación.....29

3.2 Tipo de Investigación.....29

3.3 Nivel de la Investigación29

3.4	Método de la Investigación	29
3.5	Según la cronología de la investigación.....	30
3.6	Población	30
3.7	Muestra	30
3.8	Criterios de inclusión	30
3.9	Criterios de exclusión	31
3.10	Técnicas de recolección de datos.....	31
3.11	Métodos de análisis y procesamiento de datos	32
3.12	Análisis de artículos científicos según la escala de PEDro.....	33
	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1	Resultados	38
4.2	Discusión	49
	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	52
5.1	Conclusión	52
5.2	Recomendación.....	52
	BIBLIOGRÁFIA	53
	ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ligamentos cruzados anterior y posterior.....	18
Tabla 2. Ligamentos colateral lateral y medial.....	18
Tabla 4. Músculos del movimiento de rodilla.....	20
Tabla 5. Clasificación de Kellgren y Lawrence (K&L) para la osteoartritis.....	22
Tabla 6. Valoración de la calidad metodológica de los estudios controlados aleatorizados mediante la Escala de PEDro.....	33
Tabla 7. Síntesis de los resultados de los ensayos clínicos aleatorizados seleccionados	38
Tabla 8. Calentamientos, juegos incluidos en este protocolo.....	61
Tabla 9. Protocolo de ejercicios para la reducción del equilibrio con Wii Board	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección.....	32
Figura 2. Articulación de la rodilla (femorotibial derecha).....	59
Figura 3. Vista anterior y posterior del fémur distal derecho.....	59
Figura 4. Vista anterior, posterior de la tibia y peroné pierna derecha.	60
Figura 5. Reemplazo total de rodilla.	60
Figura 6. Escala de PEDro Español.....	63

RESUMEN

Introducción. La artroplastia de rodilla es un procedimiento quirúrgico aplicado en casos de osteoartritis severa, la rehabilitación postoperatoria continúa siendo un desafío, en pacientes con resultados insatisfactorios. La realidad virtual es una herramienta innovadora en fisioterapia al permitir la interacción sensorial y motora en entornos virtuales que favorecen el aprendizaje motor y adherencia al tratamiento.

Objetivo. El presente trabajo tiene como finalidad detallar evidencia científica existente sobre el uso de la realidad virtual como tratamiento fisioterapéutico en pacientes con artroplastia de rodilla, identificando sus resultados reportados, con el fin de aportar una base sólida para futuras investigaciones e implementación de esta tecnología en entornos clínico y favorecer la recuperación funcional de la rodilla.

Metodología. Se empleó una investigación de tipo documental, bibliográfico, descriptivo, inductivo, retrospectivo. Se analizaron 21 artículos científicos aleatorizados seleccionados mediante criterios *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) y *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro).

Resultados. La realidad virtual mejora la funcionalidad física, equilibrio, fuerza muscular, manejo del dolor, rango de movimiento, además de incrementar la motivación. Esta intervención mostró ser efectiva como complemento a la fisioterapia convencional.

Conclusión. La fisioterapia basada en realidad virtual es una herramienta innovadora para optimizar la rehabilitación post artroplastia de rodilla, aunque se requieren más investigaciones para estandarizar protocolos y validar su efectividad a largo plazo.

Palabras claves: artroplastia de rodilla, exergames. osteoartritis de rodilla, realidad virtual, remplazo de rodilla.

ABSTRACT

Knee arthroplasty is a surgical procedure used in cases of severe osteoarthritis, and postoperative rehabilitation continues to be a challenge in patients with unsatisfactory results. Virtual reality is an innovative tool in physical therapy, enabling sensory and motor interaction in virtual environments that promote motor learning and treatment adherence.

The purpose of this study is to detail the existing scientific evidence on the use of virtual reality as a physical therapy treatment in patients with knee arthroplasty, identifying its reported results, to provide a solid basis for future research and implementation of this technology in clinical settings and to promote functional recovery of the knee.

Methodology is based on A documentary, bibliographic, descriptive, inductive, retrospective research study was conducted. Twenty-one randomized scientific articles were analyzed, selected using the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) and Physiotherapy Evidence Database (PEDro) criteria.

As a result, virtual reality improves physical function, balance, muscle strength, pain management, range of motion, and increases motivation. This intervention proved to be effective as a complement to conventional physical therapy.

To conclude, virtual reality-based physical therapy is an innovative tool for optimizing post-knee arthroplasty rehabilitation, although further research is needed to standardize protocols and validate its long-term effectiveness.

Keywords: Knee arthroplasty, exergames, knee osteoarthritis, virtual reality, knee replacement.



Reviewed by:

Mgs. Sofia Freire Carrillo

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604257881

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La artroplastia de rodilla (ART) es un procedimiento quirúrgico que se aplica a aquellos pacientes que presenten procesos degenerativos avanzados de rodilla y cuyo objetivo principal es el de remplazar el cartílago dañado y el hueso subyacente, creando una articulación artificial la cual funcionará como una rodilla normal, para aliviar el dolor constante y mejorar la funcionalidad y la motricidad de la articulación y de los músculos, ligamentos y tejidos blandos afectados por el proceso degenerativo de la rodilla, el cual repercute negativamente en la vida del paciente en actividades como estar de pie, caminar y subir escaleras (1).

En los últimos 20 años, la realidad virtual (RV) se ha incorporado en la práctica de la fisioterapia como una herramienta terapéutica que facilita la recuperación funcional. La RV se define como un conjunto de tecnologías que permiten crear un entorno mediante la simulación de los estímulos sensoriales y la captura de los movimientos de los usuarios, favoreciendo así la interacción entre el entorno y el usuario de forma tal que este se sienta inmerso en el entorno virtual o incluso parte de él (2).

Las tendencias epidemiológicas de patologías que puedan llevar a la ART pueden variar acorde a las características de la población, se da en ambos sexos con predominio femenino, en todas las edades, poco frecuente en menores de 40 años, pero a mayor edad se acentúa y a partir de los 75 es común, con una media de 50 años; afecta a las mujeres en una proporción de 3 a 1 con respecto a los hombres; la prevalencia mundial es de un 24%, el 11,4% en mujeres y 6,8% en hombres (3).

La ART es un procedimiento quirúrgico usual, y su tasa de incidencia aumentara en 50% en Europa para el año 2040. La ART es un tratamiento efectivo para la osteoartrosis avanzada de rodilla, permite aliviar el dolor y mejorar la función de la articulación. Algunos pacientes experimentan resultados deficientes después de la cirugía, lo que puede requerir una cirugía de revisión debido al fallo de la prótesis. El número de cirugías de revisión de ART aumenta en todo el mundo, con 22,403 procedimientos en los Estados Unidos, 17,677 en Alemania, 5,873 en el Reino Unido, y 15,232 en Australia, según los registros nacionales de artroplastia (4).

Se reporta que se efectúan alrededor de 70.000 artroplastias en personas <55 años, por año, en los EE.UU., y proyectaron, extrapolando datos de las últimas dos décadas, que este número llegarán al millón hacia el 2030 (5). En los Estados Unidos se realizan un millón de ART y de cadera/año. Con el envejecimiento de la población, aumento en el diagnóstico y tratamiento de

estadios avanzados de la osteoartritis, los procedimientos de recambio articular tienen proyectado convertirse en la cirugía electiva más común en los Estados Unidos en las próximas décadas, con proyección de aumento de 600% en 2030 (6).

En el Ecuador la incidencia es más alta en mujeres y se considera que el 80% de las personas mayores de 65 años evidencian artrosis de rodilla y ocupan el 10% al 25% de las visitas al médico en la atención primaria. La gonartrosis sintomática de rodilla asciende al 37 % en personas mayores de 70 años. A mayor edad se aprecia un crecimiento exponencial de necesidad de prótesis de rodilla (3).

Según diversos autores la RV apoya ejercicios de fortalecimiento, coordinación, equilibrio, mientras al paciente se le da información visual, auditiva y sensorial como retroalimentación, permitiéndole una interacción con objetos en un espacio visual sin limitaciones, dando como beneficios: aumento motivacional, soporte para el aprendizaje motor, apoyo a la reorganización cortical, mientras se proporciona un tratamiento interactivo (7). A pesar de los beneficios observados la implementación de la RV en la fisioterapia post-ART aún enfrenta desafíos, como la necesidad de protocolos estandarizados y la evaluación de su eficiencia a largo plazo. Por ende, es importante continuar investigando y desarrollar estrategias que integren eficazmente la RV en los programas de rehabilitación para optimizar los resultados en estos pacientes.

¿Cuál es el impacto de la intervención fisioterapéutica basada en realidad virtual en contraste con la fisioterapia tradicional sobre el dolor y la funcionalidad física en pacientes con artroplastia de rodilla?

Considerando lo anteriormente mencionado se emplea como objetivo general detallar evidencia científica existente sobre el uso de la realidad virtual como tratamiento fisioterapéutico en pacientes con artroplastia de rodilla, identificando sus resultados reportados, con el fin de aportar una base sólida para futuras investigaciones e implementación de esta tecnología en entornos clínico y favorecer la recuperación funcional de la rodilla.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Anatomía

2.1.1 Estructura ósea

La articulación de la rodilla se caracteriza por ser una articulación sinovial desde el punto de vista mecánico es de tipo troclear y está formada por 3 estructuras óseas: fémur distal, tibia proximal y la rótula. Se divide en tres compartimentos: femorotibial que es bicondílea lateral, medial y femoropatelar que es una tróclea. Cuenta con una gran estabilidad proporcionada por las estructuras ligamentosas y meniscos. La articulación femorotibial medial es más estable debido a la convexidad femoral medial y la meseta tibial cóncava, gracias al menisco que se ancla en la meseta tibial, proporcionando así una excelente estabilidad a la rodilla (8).

2.1.1.1 Rotula o patela

La rótula es de forma triangular, plana y curvada, es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo humano, el cual provee protección a la rodilla. El extremo proximal de la rótula es la base y el extremo distal es conocido como ápex. La superficie posterior tiene una cara lateral y otra medial, las cuales se articulan con los cóndilos mediales y laterales del fémur, respectivamente. La faceta medial se subdivide en dos más: la lateral es más grande y más larga que la medial y es cóncava, tanto en dirección longitudinal como medio lateral. El aspecto inferior de la rótula articula con la parte superior de la tróclea femoral durante la extensión y el superior con la región posterior de la tróclea femoral en la flexión. La parte posterior de la superficie de la patela promueve el movimiento y brinda estabilidad con el cóndilo femoral (9).

La superficie articular de la patela es mucho más pequeña que la de la superficie femoral; la superficie de contacto varía considerablemente durante los movimientos, por lo cual es la articulación patelofemoral la menos congruente del cuerpo. La superficie anterior convexa permite el paso de vasos sanguíneos y está separada de la piel por la bursa prepatelar, también por las fibras del tendón del cuádriceps. La superficie posterior es oval, suave, atravesada por una cresta vertical que la divide en una faceta medial y en una lateral. La superficie distal es el sitio de unión del ligamento patelar (9).

2.1.1.2 Fémur

El fémur es un hueso largo que forma por sí solo el esqueleto del muslo. Se articula en la parte proximal con el hueso coxal y distal con la tibia. El extremo distal expandido del fémur está formado por el cóndilo medial y el cóndilo lateral. Éstos se articulan con los cóndilos medial y lateral de la tibia. Por encima de los cóndilos, se encuentran el epicóndilo medial y el epicóndilo lateral, en los que se insertan los ligamentos de la rodilla. En la superficie posterior, una zona deprimida entre los cóndilos se denomina fosa intercondílea. La carilla rotuliana se localiza entre los cóndilos, en la superficie anterior. Inmediatamente por encima del epicóndilo medial, se encuentra el tubérculo del aductor, una proyección rugosa que es un sitio de inserción del músculo aductor mayor (10).

2.1.1.3 Tibia

La tibia es un hueso largo y voluminoso, situado en la parte medial de la pierna. Se articula en la parte proximal con el fémur y en la distal con el astrágalo. Se orienta verticalmente y forma con el fémur un ángulo obtuso abierto lateralmente. La tibia no es rectilínea, sino que está contorneada en forma de S cursiva muy alargada, y presenta una ligera concavidad lateral en su parte superior y medial (12). La tibia y el peroné, están unidos por una membrana interósea (10). El extremo proximal de la tibia se expande en un cóndilo lateral y un cóndilo medial. Éstos se articulan con los cóndilos del fémur para formar las articulaciones tibio-femorales lateral y medial. La superficie inferior del cóndilo lateral se articula con la cabeza del peroné. Los cóndilos ligeramente cóncavos están separados por una proyección ascendente denominada eminencia intercondílea (10).

La tuberosidad tibial de la superficie anterior es un punto de inserción para el ligamento rotuliano. Se continúa hacia abajo mediante un relieve agudo que puede palparse por debajo de la piel, conocido como borde (cresta) anterior o espinilla (10).. De todos los huesos largos del cuerpo, la tibia es el que se fractura con mayor frecuencia y también es el sitio más frecuente de fractura expuesta (10).

2.1.2 Estructuras ligamentosas

Hay que distinguir entre ligamentos intraarticulares y extraarticulares. Los ligamentos intraarticulares consisten en el ligamento cruzado anterior (LCA) y ligamento cruzado posterior (LCP). Ambos tienen forma acintada y están cubiertas por una capa sinovial, por lo tanto, son

considerados como intraarticulares y extra sinoviales. Los ligamentos colaterales medial (LCM) y ligamento colateral lateral (LCL) son extraarticulares. (8).

2.1.2.1 Ligamentos cruzados

Los dos ligamentos cruzados están en la región intercondílea de la rodilla y conectan el fémur y la tibia. Se denominan «cruzados» porque se cruzan entre sí en el plano sagital entre sus inserciones tibial y femoral (13).

Tabla 1. Ligamentos cruzados anterior y posterior. *

LCA	<ul style="list-style-type: none">• Se inserta en la carilla anterior del área intercondílea de la tibia.• Asciende en sentido posterior para insertarse en la carilla de la porción posterior de la pared lateral de la fosa intercondílea del fémur.• Evita el desplazamiento anterior de la tibia con respecto al fémur.• Desempeña un papel en el control de la prevención de la hiperextensión de la rodilla.
LCP	<ul style="list-style-type: none">• Se inserta en la carilla posterior del área intercondílea de la tibia.• Asciende en sentido anterior para insertarse en la pared medial de la fosa intercondílea femoral.• Es más corto, más grueso y más fuerte que el LCA.• Limita el desplazamiento posterior de la tibia respecto al fémur, aunque en menor medida se encarga de la restricción a la rotación externa de la rodilla.

*Modificada de: Drake R, Vogl A, Mitchell A. Gray. Anatomía para estudiantes. 4^a ed. Barcelona: Elsevier; 2020 (13).

2.1.2.2 Ligamentos colaterales

Los ligamentos colaterales, uno a cada lado de la articulación, estabilizan el movimiento en bisagra de la rodilla (13).

Tabla 2. Ligamentos colateral lateral y medial. *

LCL	<ul style="list-style-type: none">• Tiene forma de cordón.• Se inserta a nivel superior en el epicóndilo femoral lateral, justo por encima del surco para el tendón del poplíteo.• A nivel inferior se inserta en la depresión de la superficie lateral de la cabeza del peroné.• Apertura en Varo
LCM	<ul style="list-style-type: none">• Ancho y plano.• Anclado a nivel superior al epicóndilo femoral medial, por debajo del tubérculo aductor.

-
- Desciende a nivel anterior insertándose en el borde medial y la superficie media de la tibia por encima y detrás de la inserción de los tendones de la pata de ganso.
 - Apertura en valgo.

*Modificada de: Drake R, Vogl A, Mitchell A. Gray. Anatomía para estudiantes. 4^a ed. Barcelona: Elsevier; 2020 (13).

2.1.3 Meniscos

Existen dos meniscos, son cartílagos fibrocartilaginosos intraarticulares en forma de C, en la articulación de la rodilla: el uno medial (menisco medial) y por otro lado el lateral (menisco lateral). Ambos están insertados por cada extremo a carillas situadas en la región intercondílea de la meseta tibial (13). Su función principal es amortiguar y distribuir las cargas, pero también permiten la congruencia articular debido a que ocupan $\frac{1}{2}$ y $\frac{2}{3}$ de la superficie articular (8).

- **Menisco medial:** Tiene forma de C semicircular y ocupa poco más de la mitad de la meseta tibial medial. Además de la función principal de ambos meniscos, el menisco medial también tiene una función estabilizadora en el movimiento de avance de la tibia en caso de deficiencia del LCA (8). Se inserta alrededor de su borde a la cápsula de la articulación y al ligamento colateral medial, mientras que el menisco lateral no está unido a la cápsula. Por tanto, el menisco lateral es más móvil que el medial. Los meniscos se interconectan a nivel anterior por un ligamento transverso de la rodilla (13).
- **Menisco lateral.** Tiene forma de O más cerrada, su superficie es más liza y flexible que la del menisco medial (8). También está conectado al tendón del músculo poplíteo, que pasa a nivel supero-lateral entre este menisco y la cápsula para insertarse en el fémur. Los meniscos mejoran la congruencia entre los cóndilos femorales y tibiales durante los movimientos articulares, donde la superficie de los cóndilos femorales que se articula con la meseta tibial varía desde pequeñas superficies curvadas en flexión a grandes superficies planas en extensión (13).

2.2 Biomecánica

El principal movimiento de la rodilla es la flexo-extensión. Debido al movimiento de deslizamiento, durante la flexión, el punto de contacto entre los cóndilos y la glenoides tibial retrocede, y avanza en la extensión. Los meniscos se mueven en relación con el movimiento de los cóndilos, de modo que durante la extensión van hacia delante, y hacia atrás en la flexión. El

movimiento de flexo-extensión va asociado a un movimiento de rotación axial automático. La tibia hace una rotación interna en la flexión de la rodilla y una rotación externa en la extensión. La rodilla en flexión permite a su vez pequeños movimientos de lateralidad (14). La rótula provee al cuádriceps de un brazo de palanca que facilita su deslizamiento y mejora la distribución de la presión del tendón del cuádriceps contra el fémur. El desplazamiento de la rótula sobre el fémur es una traslación vertical, de modo que a máxima flexión la coaptación aumenta y disminuye en extensión (14).

Tabla 3. Músculos del movimiento de rodilla. *

Flexión de rodilla		Amplitud de movimiento de 0 a 135°).
Músculo	Origen	Inserción
Bíceps femoral		
Cabeza larga	Isquion (tuberrosidad) Ligamento sacrotuberoso	Aponeurosis (posterior) Peroné (cabeza, cara externa) Ligamento lateral externo
Cabeza corta	Fémur (línea áspera y cóndilo externo) Tabique intermuscular externo	Tibia (cóndilo externo)
Semitendinoso	Tuberrosidad isquiática (cara inferointerna) Tendón mediante aponeurosis compartida con el bíceps femoral (largo)	Tibia (diáfisis proximal) Pata de ganso Fascia profunda de la pierna
Semimembranoso	Tuberrosidad isquiática Ligamento sacrotuberoso	Aponeurosis distal Tibia (cóndilo interno) Ligamento poplíteo oblicuo de la articulación de la rodilla
Extensión de rodilla		Amplitud de movimiento (10°-0°)
Músculo	Origen	Inserción
Recto femoral	Ilíaco (espina ilíaca anteroinferior) Acetábulo (surco superior) Cápsula de la articulación de la rodilla Aponeurosis (anterior)	Aponeurosis (posterior) Rótula (base mediante tendón del cuádriceps) Tuberrosidad tibial mediante el ligamento rotuliano
Vasto intermedio	Fémur (diáfisis, 2/3 superiores de las caras anterior y externa) Tabique intermuscular (externo)	Aponeurosis (la anterior forma el tendón profundo del cuádriceps) Rótula (base, cara externa) Tibia (cóndilo externo) Tuberrosidad tibial mediante el ligamento rotuliano
Vasto lateral	Fémur Línea áspera (labio externo) Trocánter mayor (inferior) Línea intertrocantérea (mediante aponeurosis) Tuberrosidad glútea (labio externo)	Aponeurosis (cara profunda, distal) Rótula (base y borde externo mediante el tendón del cuádriceps) Expansión externa a la cápsula de la articulación de la rodilla y cintilla iliotibial Tuberrosidad tibial mediante el ligamento rotuliano

	Tabique intermuscular externo	
Vasto medial largo	Fémur (línea áspera, labio interno; línea intertrocantérea) Origen del vasto interno oblicuo Tendón del aductor mayor Tabique intermuscular (interno)	Aponeurosis (profunda) Rótula (borde interno) Tuberosidad tibial mediante el ligamento rotuliano
Vasto medial oblicuo	Fémur: Línea áspera (distal); línea supracondílea Tendón del aductor mayor Tabique intermuscular	Aponeurosis a la cápsula de la articulación de la rodilla Rótula (cara interna) Tendón del cuádriceps (interno) Tuberosidad tibial mediante el ligamento Rotuliano

*Tomado de: Hislop H. Avers D, Brown M. DANIEL Y WORTHINGHAM Técnicas de balance muscular, Técnicas de exploración manual y pruebas funcionales. 9^a ed. Barcelona: Elsevier; 2019 (15).

2.3 Osteoartritis de rodilla

La osteoartritis de rodilla (OA) es una afección crónica que compromete la articulación de la rodilla y las estructuras circundantes. Es caracterizado por el deterioro paulatino de los cartílagos que recubren las superficies articulares. Es reconocida como una de las principales causas de discapacidad en todo el mundo. La OA afecta al 37% de las personas mayores de 60 años según una encuesta del “Programa nutricional y salud” siendo más común en mujeres. Se espera que la incidencia de OA de rodilla crezca en las próximas décadas debido al envejecimiento de la población y la epidemia de obesidad. La gravedad de los síntomas clínicos puede variar de una persona a otra. La OA de rodilla está directamente relacionada con el dolor, la disfunción del cuádriceps y la alteración de la propiocepción. No obstante, la fisioterapia ha demostrado ser eficaz para reducir el dolor y mejorar la función de los pacientes con artrosis de rodilla (8).

2.3.1 Epidemiología

La OA de rodilla se considera la artritis diagnosticada con más frecuencia y su prevalencia seguirá aumentando con el aumento de la esperanza de vida y el aumento de la obesidad. Los estudios muestran que alrededor del 13% de las mujeres y el 10% de los hombres mayores de 60 años tienen OA de rodilla sintomática. En personas mayores de 70 años, la prevalencia alcanza el 40%. Un dato a tener en cuenta es el hecho de que no todas las personas que muestran hallazgos radiográficos de OA de rodilla serán sintomáticas, es decir no hay correlación directa entre hallazgos radiográficos y síntomas (8). Un estudio mostró que solo el 15% de los pacientes con evidencia radiográfica de osteoartritis de rodilla tenían síntomas (16).

2.3.2 Factores de riesgo

Los principales factores de riesgo asociados a la artroplastia de rodilla incluyen la edad avanzada, especialmente en personas mayores de 60 años, ya que el desgaste articular aumenta con el envejecimiento. El sexo femenino también representa un factor determinante, debido a la mayor incidencia de osteoartritis en mujeres. Asimismo, la obesidad ($IMC \geq 30\text{kg/m}^2$) incrementa la carga sobre la articulación, acelerando el daño del cartílago. Finalmente, las lesiones articulares previas como la ruptura de LCA o fracturas de tobillo aumentando el riesgo y la necesidad de una futura intervención quirúrgica (16).

2.3.3 Clínica

La clínica se caracteriza por la presencia de dolor articular que empeora con la actividad y mejora con el reposo, el paciente puede presentar rigidez (especialmente después de períodos de inactividad, como al despertar por la mañana por menos de a 30 minutos. También se observa una limitación funcional la cual dificultad realizar actividades diarias debido al dolor y a la rigidez. Otro signo característico son las crepitaciones (sensación de crujido o chasquido al mover la articulación afectada) y la deformidad articular en estadios avanzados, puede haber cambios en la forma de la articulación debido a la formación de osteofitos (16).

2.3.4 Diagnóstico

Las proyecciones radiológicas recomendadas son bipedestación anteroposterior (AP), bipedestación en extensión lateral y horizontal de la rótula. Sin embargo, la mejor vista para evaluar correctamente la carga de la rodilla es una proyección postero-anterior (PA) mientras está de pie en un ángulo de 45°. El examen de rayos X de la rodilla puede confirmar cambios relacionados con la osteoartritis, como son los osteofitos, la esclerosis subcondral, los quistes, el desgaste óseo y el estrechamiento asimétrico del espacio articular, el cual tiende a empeorar. En función de la gravedad de la patología y el curso que sigue, podemos clasificar los daños a nivel de la rodilla en cuatro grados (8).

Tabla 4. Clasificación de Kellgren y Lawrence (K&L) para la osteoartritis. *

Grados	Características
1	Estrechamiento del espacio articular y posibles osteofitos.
2	Osteofitos definidos y posible estrechamiento del espacio articular.

-
- | | |
|---|---|
| 3 | Osteofitos moderados y múltiples, estrechamiento definitivo del espacio articular, esclerosis y posible deformidad de los extremos óseos. |
| 4 | Osteofitos grandes, estrechamiento del espacio articular, severa esclerosis y deformidad definida en los extremos óseos. |
-

***Tomado de:** Cueva K. Diagnóstico y clasificación de osteoartritis de rodilla mediante dos técnicas radiográficas distintas: reproducibilidad y nivel de concordancia para el diagnóstico y clasificación radiológica. Rev. Soc. Perú Med Interna. 2019;32(4):129-134 (17).

2.4 Artroplastia de rodilla

Es la opción de tratamiento quirúrgico para los pacientes que han fracasado con el tratamiento conservador y aquellos con OA de rodilla múltiples compartimentos. Se considera una intervención valiosa para pacientes que tienen dolor diario e intenso respaldada además de evidencia radiográfica de osteoartritis de rodilla (8). Complicaciones potenciales de las artroplastias comprenden: la infección, la trombosis, la laxitud o la luxación de los componentes protésicos y la lesión nerviosa (10). Básicamente, los programas de rehabilitación en pacientes con artrosis quirúrgica incluyen ejercicios de rango de movimiento, ejercicios de fortalecimiento muscular, mejoras en la función de la articulación operada (incluida la propiocepción) y procedimientos de fisioterapia para aliviar la hinchazón, la inflamación y el dolor, y mejorar los procesos de curación.

La artroplastia de rodilla, son en realidad, una superficialización del cartílago y, al igual que en la artroplastia de cadera, pueden ser parciales o totales.

- **Artroplastia total de la rodilla,** se reseca el cartílago dañado del extremo distal del fémur, el extremo proximal de la tibia y la superficie posterior de la rótula (si esta última no está demasiado dañada, puede quedar). Se moldea el fémur para que se adapte a un componente tibial de plástico que se fija en el sitio correspondiente con cemento. Si la superficie posterior de la rótula está gravemente lesionada, se reemplaza por un implante rotuliano de plástico (10).
- **Artroplastia parcial de la rodilla,** también conocido como artroplastia unicompartmental de la rodilla, sólo un lado de la articulación se reemplaza. Una vez extirpado el cartílago dañado del extremo distal del fémur, se moldea este hueso y se fija un componente femoral metálico con cemento en este sitio. Luego se reseca el cartílago

afectado del extremo proximal de la tibia, junto con el menisco. Se moldea la tibia y se adapta a un componente tibial de plástico que se fija en su sitio con cemento. Si la superficie posterior de la rótula está dañada en forma significativa, se reemplaza por un componente rotuliano de plástico. Los investigadores evalúan continuamente el modo de aumentar la resistencia del cemento y trabajan sobre nuevas maneras de estimular el crecimiento del hueso alrededor del área del implante (10).

2.5 Realidad virtual

En los últimos años, la rehabilitación basada en realidad virtual (RV) ha surgido como un enfoque novedoso que integra biorretroalimentación e información visual para evaluar y corregir el rendimiento del paciente en tiempo real durante los ejercicios. La terapia de RV involucra a los pacientes a través de entornos interactivos, mejorando su experiencia de ejercicio con retroalimentación visual, auditiva y táctil.

El término RV hace alusión a una realidad paradójicamente irreal, ya que se trata de la representación de una realidad generada íntegramente por ordenador. La RV es una simulación de un entorno real o imaginario creada por un sistema de computación, en el cual el usuario puede tener la impresión de estar y la capacidad de interactuar con los objetos en dicho entorno (18). Así pues, los elementos básicos que constituyen un sistema de RV son la simulación, la interacción y la inmersión.

La simulación es posible gracias a la creación digital de un mundo artificial, denominado entorno o ambiente virtual, el cual tiene una representación geométrica tridimensional (altura, anchura y profundidad) que permite establecer una relación de semejanza con el mundo físico en el espacio y el tiempo (18). El usuario interacciona con el mundo virtual a través de diferentes dispositivos cuando el sistema capta la voluntad de la persona a través de sus gestos, movimientos naturales y recibe la respuesta en tiempo real a través de sus sentidos (19). La respuesta o feedback sensorial da lugar a la sensación de presencia o inmersión, es decir, el usuario percibe únicamente los estímulos del mundo virtual, de manera que pierde todo contacto con la realidad (18). El grado de inmersión dependerá del contacto que éste posea con el entorno real (19).

Los sistemas de RV pueden utilizar equipos sofisticados, en función del sistema sensorial al que van dirigidos se distingue entre dispositivos de visualización (cascos y gafas estereoscópicas, pantallas de proyección), de audio (altavoces), hápticos o de percepción táctil y cinestésica

manual (guantes de vibración, termoeléctricos y exoesqueletos manuales ligeros de resistencia) y cinestésicos (sensores iniciales). Cuantos más sistemas sensoriales sean estimulados por el sistema de RV, mayor será el grado de inmersión (18). Las aplicaciones que utilizan la realidad virtual también son varias, incluyendo el reentrenamiento de la marcha y el equilibrio, la función ejecutiva, la multitarea y el manejo del dolor (20).

Tipos

- **Inmersiva o en primera persona:** el usuario se siente totalmente integrado en el mundo virtual. Este tipo de RV requiere dispositivos periféricos de sensores y efectores como cascos, gafas de RV y guantes (18).
- **Semi inmersiva de proyección:** es la utilizada en las mesas estereoscópicas y en las CAVE (Computer Automatic Virtual Envfronment), donde el entorno virtual es generado mediante un sistema de triple proyección de imágenes en pantallas que forman una cabina de RV. En el ámbito de la rehabilitación, estos sistemas han sido tradicionalmente utilizados en la terapia psicológica para el tratamiento de las fobias y de la ansiedad (18).
- **Semi inmersiva de segunda persona:** el usuario se visualiza dentro del mundo virtual a través de una pantalla, sin perder el contacto con el mundo real. Estos modelos de RV semi inmersiva se generan por un sistema de captura de imagen o por una representación digital del cuerpo, o de una parte de él, denominada avatar o identidad virtual, la cual reproduce los movimientos de la persona en el entorno virtual (19). La visualización del entorno virtual se efectúa a modo de espejo, es decir, devuelve una imagen (18).
- **No inmersiva:** También denominada RV de ventanas o de escritorio, en ella la persona visualiza el mundo virtual 3D en un monitor e interactúa con el sistema a través de un mando, un ratón o un joystick 3D. Con el fin de mejorar capacidades cognitivas como el procesamiento visuoespacial (búsqueda visual y orientación), la memoria (reconocimiento de la información visual y verbal) y el lenguaje (18).

La mayoría de las consolas de videojuegos aplicadas en el campo de la rehabilitación se basan en sistemas de RV semi inmersiva de segunda persona. Este sistema ha sido utilizado en la rehabilitación de personas mayores con dificultades motoras. Un plan de tratamiento con RV en pacientes con artroplastia de rodilla, en el contexto de la fisioterapia, se enfocará en utilizar entornos visuales para mejorar la movilidad, fuerza, equilibrio y coordinación, así como para

gestionar el dolor y la kinesiofobia (19). La RV puede simular situaciones de la vida real como caminar por senderos virtuales, realizar rutinas de bailes o superar obstáculos, lo que permite al paciente practicar y mejorar sus habilidades motrices de forma segura y motivadora (20).

En primer lugar, el feedback sensorial que se genera al ejecutar una tarea motora es uno de los componentes esenciales del aprendizaje motor. De entre los múltiples sistemas sensoriales, la información preferente como guía para la realización de todos los actos motores y actividades de la vida diaria es la visual. La ejecución de programas motores en ambientes virtuales no sólo depende del feedback visual, sino también del vestibular y propioceptivo. Para una adecuada interacción con el sistema de RV, la persona debe tomar referencias de la orientación y movimiento de su cuerpo respecto a la posición y movimientos de los elementos del entorno (18).

La realización y repetición de manera voluntaria y bajo control cortical de programas motores específicos en entornos virtuales conlleva la puesta en marcha de procesos cognitivos como la atención. En este sentido, se indica que los sistemas de RV semi inmersiva parecen activar bilateralmente la corteza cerebral prefrontal, la cual parece estar implicada en la asignación de recursos atencionales para el control del movimiento y de manera concreta en tareas relacionadas con el control postura y el mantenimiento del equilibrio (19).

La visualización del acto motor en el entorno virtual también parece influir en el proceso de aprendizaje motor, puesto que las redes neuronales situadas en la corteza motoras primaria y en las áreas motoras secundarias (corteza premotora, motora suplementaria y corteza parietal), activas durante la ejecución del movimiento, también se activan durante la observación del acto motor. De este modo, el aprendizaje o reaprendizaje de una tarea motriz mediante su realización y repetición activa se ve reforzado por la observación de éstas (18).

Por otra parte, los sistemas de RV como complemento terapéutico permiten incrementar la duración de la intervención, así como que el terapeuta regule su intensidad y dificultad, lo cual favorece la adherencia y la motivación respecto a la terapia. Además, los sistemas de RV y videojuegos ofrecen un feedback extrínseco o de resultado, mediante el cual la persona puede conocer su progreso en la realización de las tareas virtuales, incrementar el nivel de exigencia y, por ende, la motivación (20).

El incremento en la motivación está relacionado con la capacidad que tienen los videojuegos para activar las vías dopaminérgicas mesolímbicas y su repercusión en el sistema de recompensa

del cerebro (16). Dicho feedback de resultados posibilita la monitorización del rendimiento en las diferentes tareas propuestas por el terapeuta, lo que facilita el seguimiento de la terapia y la implementación de los ajustes necesarios en el programa pautados, personalizados (19).

En los exergames de rehabilitación física, el ejercicio terapéutico se aprovecha mediante videojuegos controlados mediante los movimientos o reacciones corporales del jugador. Los exergames pueden adaptarse a los ejercicios terapéuticos de un grupo específico de pacientes.

Teniendo en cuenta la progresión del proceso de rehabilitación (21).

La rehabilitación optimiza los resultados funcionales, potenciando los beneficios clínicos y sociales de la cirugía. La rehabilitación basada en RV es un enfoque favorable para mejorar la recuperación en diversas afecciones. Esta rehabilitación ha sido ampliamente investigada en revisiones sistemáticas y ensayos clínicos aleatorizados sobre la ART. En el envejecimiento poblacional y aumento de incidencia de osteoartritis, la aplicación de tecnología de RV ha cobrado importancia en la rehabilitación postquirúrgica de pacientes con ART. La revisión de Song (22) evidenció que la RV no solo beneficia la recuperación funcional y el control del dolor, sino también mejora el estado psicológico y la calidad de vida de los pacientes. La intervención se realiza con distintos dispositivos como gafas de RV, palancas y sensores, con frecuencia de 3 a 5 veces sesiones por semana de 20 a 30 minutos.

Por otro lado, Peng (23) realizaron un metaanálisis que incluyó ensayos aleatorizados en el que se demostró que la rehabilitación con RV mejora el dolor, medido con la Escala Visual Analógica (EVA). La funcionalidad medida con el índice de osteoartritis de las universidades de Western Ontario y McMaster (WOMAC), especialmente durante el primer mes postoperatorio. Aunque no se encontraron mejoras en las pruebas de equilibrio como en Timed Up and Go (TUG), los autores sugieren que la RV es una alternativa eficaz frente a la rehabilitación convencional.

La ART es una intervención quirúrgica ampliamente utilizada en pacientes con artrosis severa, cuya rehabilitación requiere programas fisioterapéuticos para recuperar la funcionalidad y reducir el dolor. Según Blasco (24) en este contexto la RV ha ganado interés como herramienta complementaria a la fisioterapia tradicional. La RV ofrece entornos seguros, interactivos y motivadores que permiten al paciente participar activamente en su recuperación. Diversos estudios han evaluado el uso de dispositivos como la Nintendo Wii y plataformas como biofeedback para mejorar el equilibrio y la movilidad funcional. Si bien los resultados no

muestran una superioridad clara de la RV sobre la terapia convencional en cuanto a dolor o funcionalidad, se ha observado un efecto positivo cuando se orienta en especial al entrenamiento del equilibrio. Además, su carácter lúdico favorece la adherencia al tratamiento, aspecto clave en la rehabilitación prolongada.

Sopeña (25) en otra revisión sistemática y metaanálisis también hallaron evidencia favorable respecto a la eficacia de la RV para aliviar el dolor postoperatorio en pacientes con ART. Los estudios incluidos mostraron una disminución del dolor y mejoras en la escala de funcionalidad y calidad de vida WOMAC. Sin embargo, se destacó una baja calidad metodológica en algunos estudios y la necesidad de fortalecer la evidencia.

Finalmente, la revisión de Peng (23) respalda el uso de entornos inmersos interactivos como alternativa viable en la fisioterapia postoperatoria los programas de RV mostraron ser efectivos para mejorar la motivación del paciente y reducir la percepción del dolor, además de fomentar el cumplimiento de las rutinas de ejercicio. No obstante, se enfatiza que aún existe limitaciones en cuanto a la estandarización de los protocolos y la duración óptima de las intervenciones. En conclusión, la rehabilitación basada en RV surge como una herramienta efectiva, complementaria y confiable en el proceso de recuperación post-ART. Aunque existen retos en cuenta a la estandarización de protocolos, la evidencia actual recomienda su implementación clínica como herramienta innovadora que optimiza los resultados físicos y psicológicos del paciente.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño de la Investigación

El diseño metodológico de la investigación se sustentó en un enfoque de tipo documental, caracterizado por la recolección, análisis e interpretación de información proveniente de fuentes bibliográficas y documentales como libros, artículos de diferentes bases de datos, sobre realidad virtual y artroplastia de rodilla a partir de estudios previos de manera organizada y sistematizada.

3.2 Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue bibliográfico basada en la recopilación, análisis y síntesis de información proveniente de fuentes científicas fiables y publicadas en revistas de alto impacto. Se analizó la influencia de la intervención mediante realidad virtual en los procesos de rehabilitación fisioterapéutica en pacientes sometidos a artroplastia de rodilla, considerando su impacto sobre los parámetros funcionales, basándose en ensayos clínicos aleatorizado, revisiones sistemáticas. Esta metodología permitió construir una investigación estable y actualizada del tema.

3.3 Nivel de la Investigación

El nivel de la investigación correspondió al tipo descriptivo, ya que se orientó a caracterizar de manera detallada las variables involucradas en el estudio, se realizó a través del análisis de estudios previos, evidencia documental, mediante la búsqueda en las diferentes bases de datos científicas y revistas de alto impacto sobre el tema establecido, consistió en la descripción del comportamiento de cada una de las variables y la relación que presentan. Este tipo de enfoque permitirá generar una base informativa clara para otros investigadores o profesionales que deseen implementar esta intervención en su práctica clínica.

3.4 Método de la Investigación

Se empleó el método de investigación inductivo, dado que este parte del análisis de ya que inicio del análisis de casos particulares o evidencias específicas para generar conclusiones de carácter amplio, facilitando la construcción de conocimientos a partir de diversos estudios de casos, experiencias clínicas que documentan el efecto de la intervención fisioterapéutica basada en la realidad virtual en pacientes con artroplastia de rodilla representando una alternativa para mejorar el proceso de rehabilitación.

3.5 Segundo la cronología de la investigación

La investigación utilizó una cronología de carácter retrospectivo, que comenzó del análisis de documentos clínicos e investigaciones anteriores que detallan la aplicación de la realidad virtual en procesos de rehabilitación de pacientes con artroplastia de rodilla. Se revisaron datos en estudios entre los años 2012-2025, con el fin de identificar resultados y aspectos metodológicos utilizados en la intervención fisioterapéutica.

3.6 Población

La población de interés para la investigación estuvo conformada de 1972 artículos científicos seleccionados cuidadosamente por su relevancia temática y metodológica. Todos los estudios analizados abordan intervenciones fisioterapéuticas que incorporan tecnologías de realidad virtual aplicadas a pacientes que han sido sometidos a artroplastia de rodilla. Estos artículos fueron consultados a través de bases de datos académicas reconocidas como Medline a través de PubMed, Web of Science, PEDro.

3.7 Muestra

A partir de la población inicial 1972 de artículos científicos, se seleccionó una muestra final de 21 artículos válidos que cumplieron rigurosamente los criterios establecidos para la investigación. Estos criterios incluyeron la aplicación específica de la realidad virtual en programas de fisioterapia dirigidos a pacientes con artroplastia de rodilla, la calidad metodológica de los estudios y la disponibilidad del texto completo en inglés o español, entre otros criterios.

3.8 Criterios de inclusión

- Artículos publicados dentro del periodo 2025 – 2012.
- Publicaciones científicas con acceso a texto completo.
- Información científica que contengan las variables del estudio.
- Ensayos clínicos aleatorizados en idiomas tanto en español como en inglés.
- Artículos indexados en bases de datos como Medline a través de PubMed, PEDro, Web of Science.

3.9 Criterios de exclusión

- Artículos científicos incompletos.
- Artículos que en la escala de PEDro tengan una puntuación menor a 6.
- Artículos duplicados en bases de datos.
- Artículos que analicen intervenciones médicas o quirúrgicas sin enfoque fisioterapéutico.

3.10 Técnicas de recolección de datos

Las estrategias de búsqueda siguieron las directrices de la declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) y se basaron en los siguientes términos descriptivos y palabras clave definidos por los autores e indexados en el Medical Subject Headings (MESH): “virtual reality or exergame” and “knee arthroplasty or knee replacement”. Se utilizó el operador booleano “AND” para localizar registros que contengan todos los términos deseados y el operador booleano “OR” para ampliar los resultados de la búsqueda haciéndola más específica y selectiva. La búsqueda se realizó en inglés utilizando la misma metodología. La combinación de estas palabras claves fueron investigadas en las siguientes bases de datos de revistas académicas: Web of Science, PEDro Medline a través de PubMed.

La recopilación incluyó un total de 1972 artículos preliminares publicados entre los años 2025-2012. Posteriormente se procedió al análisis crítico de los estudios encontrados, aplicando criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos para garantizar la calidad, pertinencia de la información. Como resultado de este proceso riguroso, se seleccionó una muestra final de 21 artículos válidos, los cuales fueron evaluados según la escala *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro) la cual evalúa la calidad metodológica de estudios de fisioterapia, especialmente ensayos controlados aleatorizados (ECA's).

3.11 Métodos de análisis y procesamiento de datos

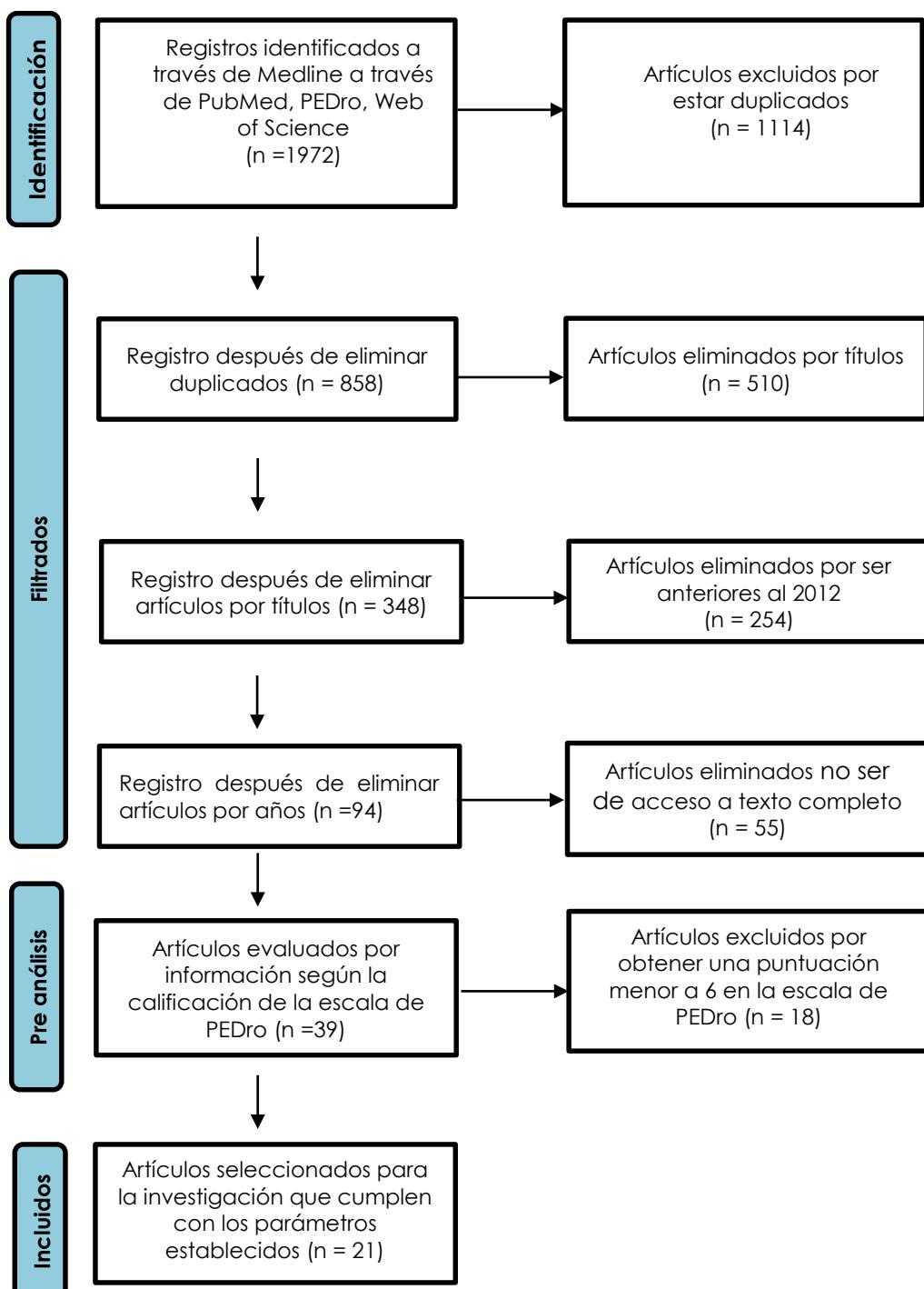


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección. *

* **Tomado de:** Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Moher D. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. Systematic reviews. 2021; 10 (26).

3.12 Análisis de artículos científicos según la escala de PEDro

Tabla 5. Valoración de la calidad metodológica de los estudios controlados aleatorizados mediante la Escala de PEDro. *

Nº	AUTOR/AÑO	TÍTULO ORIGINAL	TÍTULO TRADUCIDO	BASE CIENTÍFICA	CALIFICACIÓN ESCALA PEDro
1	Hashemi 2025 (27)	The effect of adding virtual reality-based rehabilitation to conventional physiotherapy on pain, functional ability and static balance control in patients with total knee arthroplasty	El efecto de añadir rehabilitación basada en realidad virtual a la fisioterapia convencional sobre el dolor, la capacidad funcional y el control del equilibrio estático en pacientes con artroplastia total de rodilla	Medline	6/10
2	Guede 2025 (28)	Effects of Active Video Games Combined with Conventional Physical Therapy on Perceived Functionality in Older Adults with Knee or Hip Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial	Efectos de los videojuegos activos combinados con fisioterapia convencional sobre la funcionalidad percibida en adultos mayores con osteoartritis de rodilla o cadera: un ensayo controlado aleatorizado	Web of Science	6/10
3	Nishitha 2024 (29)	Effectiveness of Virtual Reality-based Rehabilitation and High-intensity Exercise Program for Total Knee Arthroplasty Patients: A Randomised Controlled Trial	Eficacia de un programa de rehabilitación basado en realidad virtual y ejercicio de alta intensidad para pacientes con artroplastia total de rodilla: un ensayo controlado aleatorizado	Web of Science	7/10

4	Lo H 2024 (30)	Examining the feasibility, acceptability, and preliminary efficacy of an immersive virtual reality-assisted lower limb strength training for knee osteoarthritis: mixed methods pilot randomized controlled trial	Examen de la viabilidad, aceptabilidad y eficacia preliminar de un entrenamiento de fuerza de miembros inferiores asistido por realidad virtual inmersiva para la osteoartritis de rodilla: ensayo piloto controlado aleatorizado de métodos mixtos	PEDro	7/10
5	Shin 2024 (31)	A study on the effectiveness of VR rehabilitation training content for older individuals with total knee replacement	Estudio sobre la eficacia del contenido de formación en rehabilitación mediante realidad virtual para personas mayores con reemplazo total de rodilla	PEDro	7/10
6	Janhunen 2023 (32)	Effects of a home-based, exergaming intervention on physical function and pain after total knee replacement in older adults: a randomised controlled trial	Efectos de una intervención de ejercicio en el hogar sobre la función física y el dolor después de un reemplazo total de rodilla en adultos mayores: un ensayo controlado aleatorio	PEDro	7/10
7	Yu 2023 (33)	Comparison of Physical Activity Training Using Augmented Reality and Conventional Therapy on Physical Performance following a Total Knee Replacement: A Randomized Controlled Trial	Comparación del entrenamiento de actividad física mediante realidad aumentada y terapia convencional en el rendimiento físico después de un reemplazo total de rodilla: un ensayo controlado aleatorizado	Web of Science	6/10
8	Hadamus 2022	Effectiveness of Early Rehabi	Efectividad de la rehabilitación temprana con exergaming en	Medline	6/10

	(34)	Evaluation with Exergaming in Virtual Reality on Gait in Patients after Total Knee Replacement	realidad virtual sobre la marcha en pacientes tras reemplazo total de rodilla		
9	Pournajaf 2022 (35)	Effect of balance training using virtual reality-based serious games in individuals with total knee replacement: A randomized controlled trial	Efecto del entrenamiento del equilibrio mediante juegos serios basados en realidad virtual en personas con reemplazo total de rodilla: un ensayo controlado aleatorio	Medline	7/10
10	Hadamus 2021 (36)	Assessment of the Effectiveness of Rehabilitation after Total Knee Replacement Surgery Using Sample Entropy and Classical Measures of Body Balance	Evaluación de la eficacia de la rehabilitación tras la cirugía de reemplazo total de rodilla mediante entropía de muestra y medidas clásicas de equilibrio corporal	Web of Science	7/10
11	Bettger 2020 (37)	Effects of Virtual Exercise Rehabilitation In-Home Therapy Compared with Traditional Care After Total Knee Arthroplasty VERITAS, a Randomized Controlled Trial	Efectos de la terapia de rehabilitación con ejercicios virtuales en el hogar en comparación con la atención tradicional después de una artroplastia total de rodilla: VERITAS, un ensayo controlado aleatorizado	Medline	6/10
12	Gianola 2020 (38)	Effects of early virtual reality-based rehabilitation in patients with total knee arthroplasty: A randomized controlled trial	Efectos de la rehabilitación temprana basada en realidad virtual en pacientes con artroplastia total de rodilla: un ensayo controlado aleatorizado	Medline	7/10

13	Lin 2020 (39)	Active video games for knee osteoarthritis improve mobility but not WOMAC score: A randomized controlled trial	Los videojuegos activos para la osteoartritis de rodilla mejoran la movilidad, pero no la puntuación WOMAC: un ensayo controlado aleatorio	Medline	6/10
14	Yoon 2020 (40)	Effects of full immersion virtual reality training on balance and knee function in total knee replacement patients: a randomized controlled study	Efectos del entrenamiento de realidad virtual de inmersión completa sobre el equilibrio y la función de la rodilla en pacientes con reemplazo total de rodilla: un estudio controlado aleatorizado	Web of Science	6/10
15	Cheung 2018 (41)	Immediate and short-term effects of gait retraining on the knee joint moments and symptoms in patients with early tibiofemoral joint osteoarthritis: a randomized controlled trial	Efectos inmediatos y a corto plazo del reentrenamiento de la marcha sobre los momentos y síntomas de la articulación de la rodilla en pacientes con osteoartritis temprana de la articulación tibiofemoral: un ensayo controlado aleatorizado	Medline	6/10
16	Jin 2018 (42)	Virtual reality intervention in postoperative rehabilitation after total knee arthroplasty: a prospective and randomized controlled clinical trial	Intervención de realidad virtual en la rehabilitación postoperatoria tras artroplastia total de rodilla: un ensayo clínico controlado prospectivo y aleatorizado	Medline	6/10
17	Roig 2018 (43)	Balance Training With a Dynamometric Platform Following Total Knee Replacement: A Randomized Controlled Trial	Entrenamiento del equilibrio con una plataforma dinamométrica tras un reemplazo total de rodilla: un ensayo controlado aleatorio	Medline	6/10

18	Kyo 2018 (44)	Enhanced Reality Showing Long-Lasting Analgesia after Total Knee Arthroplasty: Prospective, Randomized Clinical Trial	Realidad aumentada que muestra analgesia duradera tras artroplastia total de rodilla: ensayo clínico prospectivo y aleatorizado	Medline	7/10
19	Ficklscherer 2016 (45)	Testing the feasibility and safety of the Nintendo Wii gaming console in orthopedic rehabilitation: a pilot randomized controlled study	Prueba de la viabilidad y seguridad de la consola de juegos Nintendo Wii en la rehabilitación ortopédica: un estudio piloto aleatorizado y controlado	Medline	6/10
20	Su 2016 (46)	Developing and evaluating effectiveness of 3D game-based rehabilitation system for Total Knee Replacement Rehabilitation patients	Desarrollo y evaluación de la eficacia de un sistema de rehabilitación basado en juegos 3D para pacientes de rehabilitación Eficiencia de reemplazo total de rodilla	Web of Science	7/10
21	Fung 2012 (47)	Use of Nintendo Wii Fit™ in the rehabilitation of outpatients following total knee replacement: a preliminary randomised controlled trial	Uso de Nintendo Wii Fit™ en la rehabilitación de pacientes ambulatorios después de Reemplazo total de rodilla: un ensayo controlado aleatorio preliminar	Medline	6/10

Interpretación: La siguiente tabla muestra la valoración metodológica de los 21 artículos seleccionados mediante la escala de PEDro, empleada para determinar la calidad de los ensayos clínicos aleatorizados analizados en la investigación. Los estudios provienen de bases de datos científicas como Medline a través de su buscador Pubmed, Web of Science y PEDro. Inicialmente se recolectaron 1972 artículos, aplicando los criterios de inclusión y exclusión, fueron seleccionados 21, con una puntuación igual o superior a 6 puntos sobre 10 en la escala de PEDro, en la distribución Medline colaboró con 8 artículos, Web of Science con 7 y PEDro con 6, con calificaciones que se encuentran entre 6 y 8 puntos.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Se incluyeron 21 ensayos clínicos aleatorizados al proceso de investigación que cumplieron los criterios de selección de estudios. Se detalla los resultados obtenidos en la revisión bibliografía sobre intervención fisioterapéutica basada en realidad virtual en pacientes con artroplastia de rodilla.

Tabla 6. Síntesis de los resultados de los ensayos clínicos aleatorizados seleccionados. *

Nº	AUTOR	PARTICIPANTES	INTERVENCIÓN	VARIABLES	RESULTADOS
1	Hashemi 2025 (27)	52 pacientes que se sometieron a una artroplastia total de rodilla (ATR) (11 hombres, 41 mujeres) asignados aleatoriamente: Grupo control (GC): (n=24) 5 hombres, 19 mujeres. Grupo de intervención (GI): (n=28) 6 hombres, 22 mujeres.	GC: 10 sesiones de fisioterapia tradicional, 5 veces por semana durante 2 semanas con duración de 60 minutos. Adaptado al protocolo estándar de rehabilitación para ATR. GI: Se incorporó ejercicios terapéuticos basados en realidad virtual de las 5-10 sección. Los pacientes realizaron los ejercicios de RV frente a un monitor que mostraba su avatar en tiempo real. Ambas intervenciones comenzaron entre 2 y 7 días después del alta hospitalaria.	Índice de capacidad funcional: índice de osteoartritis de las Universidades de Western Ontario y McMaster (WOMAC). Dolor: Escala de calificación numérica (ECN). Equilibrio estático.	Las puntuaciones de dolor en WOMAC mostraron mayores reducciones en ambos grupos ($p<0,001$). La capacidad funcional, demostró mejoras en el GI de la puntuación disminuyó 28,31 puntos en comparación, el GC mostró reducciones de 9,63 puntos después del tratamiento. Los parámetros de equilibrio estático en el GI mostraron reducciones mayores en posición de pie ($p<0,001$). No hubo cambios en los parámetros de equilibrio estático con los ojos cerrados. El GI mostró mejoras superiores en comparación con el GC, lo que destaca la eficacia de integrar la terapia basada en RV con la fisioterapia convencional.
2	Guede 2025 (28)	60 participantes, asignados aleatoriamente a GE=(n=30)	Protocolo de duración de 10 semanas, con 30 sesiones no consecutivas por semana (un total de 30 sesiones).	Índice de capacidad funcional	El GE mostró mejoras progresivas en todas las puntuaciones WOMAC. El GE demostró mayores mejoras en el dolor WOMAC y la escala GroC ($p<0,05$), manteniendo la mayor

		GC=(n=30)	GC: Su protocolo que consta de: agentes físicos (10 min), calentamiento (5 min), bloques de ejercicios (50 min), fortalecimiento muscular. GE: Este grupo realizó las mismas fases que el GC, pero se incluían una serie de ejercicios actividades físicas lúdicas. Con 16 juegos de ejercicios.	rodilla: WOMAC. Escala de calificación Global del cambio percibido por el paciente (GRoC).	parte de las mejoras en el seguimiento, mientras que el GC mostró regresión. En el GE, el 70 % mejoró la discapacidad funcional, en comparación con el 50 % en el GC. La integración de los videojuegos activos con la fisioterapia convencional mejora aún más la percepción de la discapacidad funcional en adultos mayores con osteoartritis de rodilla.
3	Nishitha 2024 (29)	Incluyó a 36 participantes sometidos a ATR, de los cuales 21 eran mujeres y 15 hombres. Los participantes se dividieron aleatoriamente en dos grupos: GI: (n=18). GC: (n=18).	GI: Intervención basada en realidad virtual (RV) inmersiva y no inmersiva programa de 12 semanas con 3 sesiones por semana. La dificultad del juego aumentó progresivamente. Se realiza cuatro días a la semana, 40 minutos al día con descansos de 7 minutos cada uno. Los juegos se cargan desde el software del motor de juego. GC: Se utilizó en un plan de ejercicios de alta intensidad.	Escala numérica de numeración del dolor (NPRS). Índice de capacidad funcional: (WOMAC) ROM: Goniometría. Prueba cronometrada de levantarse y marcharse (TUG).	El ROM mostró un mejor rendimiento en la rehabilitación basada en RV que en el GC, que apoyó indistintamente el resultado del dolor ($p \geq 0,0001$). El equilibrio, la marcha y las actividades funcionales mejoraron en el GI en comparación con el GC y en la rehabilitación basada en RV, la independencia funcional del paciente se logró en 9 semanas en comparación con los ejercicios de alta intensidad (HI). Los hallazgos del estudio ofrecen una prueba contundente de que la rehabilitación física asistida por RV es un método de rehabilitación más eficaz para las personas con ATR que los regímenes de ejercicio de HI.
4	Lo HHM 2024 (30)	30 participantes con osteoartritis de rodilla, de los cuales el 76 % (n=23) eran mujeres.	VRiknee: recibieron directrices para realizar ejercicios de extremidad inferior durante 12 semanas utilizando una plataforma de RV inmersiva.	Escala numérica de calificación del dolor (NRS). Índice WOMAC.	La adherencia media al ejercicio para VRiknee (77%) fue mayor que la del GC (62%). A las 12 semanas, no se detectaron diferencias entre los grupos. Sin embargo, detectamos una tendencia a favor del uso de VRiknee versus GC para reducir el NRS (Cohen $d = -0,084$, PAG= .64) y

		Grupo VRiknee: (n=15). GC: (n=15).	GC: recibieron instrucciones para realizar el mismo conjunto de ejercicios, según las instrucciones de los folletos educativos impresos. A ambos grupos se les recomendó realizar el ejercicio 5 días a la semana, con una duración prevista de 30 minutos al día durante 12 semanas.		la subescala de dolor WOMAC (<i>Cohen d</i> = -0,089, <i>PAG</i> = .62) y mejorar la subescala de rigidez WOMAC (<i>Cohend</i> =-0,190, <i>PAG</i> =.29). Los hallazgos sugieren que VRiknee podría ofrecer beneficios en el manejo de los síntomas de la osteoartritis de rodilla y en la adherencia al ejercicio.
5	Shin 2024 (31)	Se llevó a cabo en 16 pacientes mayores con enfermedad articular degenerativa que se habían sometido a una artroplastia total de rodilla. GE: (n=8). GC: (n=8).	Los participantes recibieron terapia de movimiento pasivo continuo (MPC) durante 30 minutos diarios (primera semana) GE: el grupo recibió 20 minutos de entrenamiento con juegos de RV totalmente inmersivos inmediatamente después de 30 minutos de fisioterapia general. Las sesiones RV se dividieron en dos sesiones de 10 min, con un descanso de 5 minutos. GC: solo recibió fisioterapia durante 50 minutos. Todas las intervenciones se realizaron 5 veces por semana durante 4 semanas.	Sistema médico Biomed. Marcha temporal y espacial: Analizador de marcha.	El GE mejoró la velocidad de marcha, el número de pasos y la longitud de la zancada ($p<0,001$) que el GC. El GC recibió tratamiento tradicional centrado en el dolor y la amplitud de movimiento, lo que provocó disminución muscular, lo que concluyó en la reducción de la longitud del paso y la velocidad de la marcha. El estudio sugiere que la combinación de fisioterapia tradicional y entrenamiento con juegos de RV inmersiva pueden contribuir a los parámetros de la marcha en pacientes sometidos a ATR.
6	Janhunen 2023 (32)	52 personas de entre 60 y 75 años sometidas a una artroplastia de rodilla (ATR)	GI: ejercicio en casa sin supervisión basado en videojuegos, incluyó 11 juegos. La progresión del exergame postoperatorio se garantizó	Función y dolor: Oxford Knee Score (OKS) Prueba TUG. Escala EVA.	La mejoría en la movilidad medida mediante TUG fue mayor en el GI a los 2 ($p = 0,019$) y 4 meses ($p = 0,040$) que, en el GC. No se observaron diferencias entre los grupos en la OKS. El 100 % de los pacientes del GI y el 74

			fueron asignadas aleatoriamente. GI: grupo de exergaming (n=25). GC: grupo de ejercicio estándar (n=27).	modificando semanalmente el número de juegos (de 4 a 5), la duración (de 90 s a 360 s), el número de repeticiones (de 5 a 12), el número de series (de 1 a 3) y la intensidad (de lenta a rápida). GC: ejercicio en casa sin supervisión. incluyó entre 11 y 12 ejercicios. La progresión del tiempo de ejercicio (de 2 a 5 veces al día), el número de repeticiones (de 3 a 15) y el número de series (de 1 a 3).	Prueba de marcha de 10 m. Fuerza muscular del miembro inferior. ROM: Goniometría.	% del GC estaban satisfechos. A los 4 meses la intensidad del dolor, el rendimiento de las extremidades inferiores y la marcha en el GI, mostraron una ligera variación positiva. El único cambio negativo se observó en el ROM de flexión de rodilla en el GC. El entrenamiento en casa con exergames personalizados fue más efectivo para la movilidad y la satisfacción temprana, y tan efectivo como el ejercicio estándar para el dolor y otras funciones físicas.
7	Yu 2023 (33)	24 pacientes post-artroplastia de rodilla que se asignaron de manera aleatoria: Grupo de entrenamiento basado en realidad aumentada (RA): (n=12). Grupo de entrenamiento basado con un terapeuta (TBT): (n=12).	RA: programa de ejercicios de 30 minutos. 3 sesiones por semana, 1 ^{ra} semana, se trabajó en decúbito supino, todos los ejercicios se realizaron 10 veces, 2 series, 1 a 3 minutos de descanso. La 2 ^{da} semana trabajo en sedestación y/o prona. Durante la 3 ^{ra} y 4 ^{ta} semana, se trabajó en bipedestación. TBT: 30 minutos el programa consistió en rango de movimiento pasivo y 15 minutos movimiento continuo en cada sesión, más la misma rutina anterior, sin realidad aumentada.	ROM de rodilla: analizador de movimiento. Medidor muscular manual distal. Escala visual analógica (EVA).	El ROM mostró diferencias en ambos grupos entre la prueba preoperatoria y la prueba postoperatoria con una disminución del rango de movimiento de flexión de la rodilla tras la cirugía, mostrando una mejoría tras la aplicación de ejercicios en ambos grupos (<i>pag</i> <0,05). Fuerza muscular tanto la flexión como la extensión de la rodilla mostraron resultados similares durante la comparación de ambos grupos (<i>pag</i> <0,05). Dolor ambos grupos mostraron resultados similares durante la comparación de estos (<i>pag</i> >0,05). En este estudio se respalda el uso terapéutico de RA para la rehabilitación de ART y sugiere la aplicación de un protocolo de entrenamiento personalizado para obtener mejores resultados.	

8	Hadamus 2022 (34)	59 pacientes entre 7 y 14 días después de una cirugía de reemplazo total de rodilla. Grupo realidad virtual (GRV): (n=38) 26 mujeres, 12 hombres. GC: (n=21) 14 mujeres, 7 hombres.	Todos los pacientes que cumplieron los requisitos para el estudio comenzaron un protocolo estándar de rehabilitación estacionaria de 4 semanas. GRV: El grupo de estudio también recibió 12 sesiones (3 sesiones semanales) de juegos Virtual no inmersiva cada sesión tuvo una duración de 30 minutos e incluyó tres juegos diferentes. GC: ejercicios de movimiento pasivo continuo, entrenamiento del equilibrio y la marcha, aplicación del vendaje para el edema y terapia manual.	Marcha: cinta de correr instrumentada. Se recopilaron dos grupos de parámetros durante la medición: 16 parámetros que describen la fuerza y la presión plantar del pie y 20 parámetros espaciotemporales.	El valor de la fuerza en el antepié disminuyó un 26,67 % GVR y un 29,41 % GC. Para la fuerza máxima en el antepié los valores de simetría mejoraron un 25 % para el GVR y un 21,05 % para el GC. La velocidad de la marcha fue otro parámetro con cambios, que aumentó un 31,25 % GVR y un 44 % GC. La RV permite a los pacientes aumentar la motivación. Los ejercicios adicionales con RV no mejoran la presión ni los parámetros espaciotemporales de la marcha en comparación con la rehabilitación estándar sola. Sin embargo, la mejora de la marcha, especialmente su simetría, durante las primeras seis semanas después de la cirugía.
9	Pournajaf 2022 (35)	Se incluyeron 62 pacientes con ART entre 45 y 80 años de edad. Finalmente, 56 participantes GE: (n=29) GC: (n=27) Recibieron el tratamiento de rehabilitación Seis participantes abandonaron el estudio (2 en el GE; 4 en el GC).	Ambos grupos recibieron 15 sesiones de entrenamiento de equilibrio (5 sesiones/semana; 45 min) además de la rehabilitación convencional. GE: plan de juegos de equilibrio no inmersivos basados en RV con biorretroalimentación. GC: entrenamiento del equilibrio con la terapia tradicional, ejercicios para mejorar la marcha, control postural y ejercicios propioceptivos.	Prueba Timed Up and Go (TUG), Prueba de caminata de 10 metros. Escala EVA. Fuerza muscular: escala del consejo de investigación médica (MRC).	Tanto el GE como el GC mejoraron en el equilibrio dinámico y movilidad funcional, medidas mediante el TUG los resultados clínicos secundarios (velocidad de marcha, dolor, fuerza muscular) mejoraron en ambos grupos. El entrenamiento mediante ejercicios de equilibrio con RV no inmersivos es eficaz, pero no superior a la terapia convencional. El GE presentó una marcha más fisiológica al final del tratamiento que el GC. Este enfoque, combinado con el tratamiento convencional, podría intensificar el programa de rehabilitación lo que podría mejorar el efecto del tratamiento.

10	Hadamus 2021 (36)	El estudio incluyó a 42 pacientes entre 7 y 14 días después de una artroplastia total de rodilla (ATR). GRV: (n=21) (14 mujeres, 7 hombres). GC: (n=21) (14 mujeres, 7 hombres).	Rehabilitación de cuatro semanas, que incluía 5 sesiones semanales de aproximadamente 4 horas de duración cada una. GRV: El grupo de estudio recibió además 12 sesiones (tres sesiones por semana) de juegos de RV. GC: incluyó ejercicios para aumentar la amplitud de movimiento de la rodilla, fortalecer musculatura, ejercicios de movimiento pasivo continuo, ejercicios de marcha y equilibrio, terapia manual y agentes físicos.	Retroalimentación visual en los parámetros de estabilidad postural.	El análisis del impacto de la retroalimentación visual en los parámetros de control postural reveló diferencias mucho mayores, tanto antes como después de la rehabilitación. Además, el GRV registró valores más altos para el balanceo medio-lateral ($p=0,006$) y longitud de trayectoria ($p=0,001$), mientras que el GC demostró ($p=0,001$) valores más alto de longitud de trayectoria en la medición con los ojos cerrados, cuatro semanas después de la ATR parecen ser demasiado pronto para que una evaluación de la estabilidad postural para que produzca resultados coherentes. Este período fue demasiado corto para obtener una mejora del equilibrio, o bien, dichas mejoras pueden hacerse visibles con el tiempo. Los datos de entropía de la muestra indican que la complejidad de los mecanismos de equilibrio del cuerpo no mejoró.
11	Bettger 2020 (37)	De los 1458 adultos evaluados, 746 no fueron elegibles, 406 se negaron a participar y 306 (edad media: 65 años; 62,5 % mujeres) fueron aleatorizados. Grupo PT virtual (GPTV): (n=153)	GPTV: programa de fisioterapia virtual que incluía un entrenador avatar simulado digitalmente, biometría tridimensional en el hogar y telerrehabilitación con supervisión remota de un fisioterapeuta. Los pacientes del grupo de intervención tenían instalado en su casa el sistema de PT virtual, se reunieron virtualmente con su fisioterapeuta de telesalud, demostraron la	Extensión, flexión y velocidad de la marcha. Prueba de rendimiento funcional físico: (caminata de 10 m). Escala de Resultados de Lesiones	Los pacientes que recibieron fisioterapia virtual tuvieron menores costos a las 12 semanas. Los pacientes del GPTV encontraron las actividades relacionadas con el deporte y la recreación menos difíciles en promedio que los del GAH ($75,6\pm19,2$ en comparación con $61,5\pm28,3$; $p = 0,006$). El 88,3 % de los pacientes del GPTV y el 65,4 % del GAH informaron haber completado todos los ejercicios prescritos ($p<0,001$). En el GAH presentaron una mayor disminución del dolor desde el inicio ($22,5\pm2,5$) que los GPTV ($21,5\pm$

			Grupo de atención habitual (GAH): (n=153).	capacidad de usar el sistema y recibieron los ejercicios recomendados. GAH: atención de fisioterapia tradicional en el hogar o en una clínica ambulatoria.	rodilla osteoartritis (KOOS).	y	2,5) ($p = 0,010$). Las incidencias de caídas, fueron similares en ambos grupos. Se determinó que la fisioterapia virtual fue tan efectiva como la fisioterapia tradicional para abordar la función y la discapacidad, y tan segura como la fisioterapia tradicional en términos de dolor y hospitalización.
12	Gianola 2020 (38)	85 sujetos cumplieron los criterios de inclusión y fueron aleatorizados, de 3 a 4 días después de la ATR, adultos de entre 45 y 80 años. GE:(n=44). GC:(n=41).	Los participantes de ambos grupos recibieron sesiones de 60 minutos al día hasta el alta (aproximadamente 10 días después de la cirugía). GE: rehabilitación con RV. GC: rehabilitación tradicional. Además, ambos grupos realizaron ejercicios de movimiento pasivo de rodilla con un sistema de movimiento pasivo continuo de rodilla Kinetec (Rimec, Chions, Italia) y ejercicios funcionales (subir escaleras y caminar a nivel) diariamente durante 60 minutos durante al menos 5 días.	Dolor: EVA. Índice de capacidad funcional: WOMAC. Calidad de vida: EQ-5D. Independencia funcional: MIF. Fuerza: dinamómetro. ROM: goniometría. Propiocepción: plataforma estabilométrica.			La discapacidad de la rodilla, mostró un patrón similar en ambos grupos ($P=0.62$), aunque los únicos elementos relacionados con la rigidez articular fueron diferentes en el GC ($P=0.04$). No se encontraron diferencias en todos los demás resultados entre los dos grupos evaluados mediante el EQ-5D ($P=0.15$), escala MIF ($P=0.07$), fuerza isométrica del cuádriceps y de los isquiotibiales ($P=0.95$) y ROM activo de la rodilla ($P=0.58$). Sin embargo, la puntuación de la tarea de propiocepción fue mayor para el GE ($P=0.002$). La rehabilitación basada en RV mejora la propiocepción global de los pacientes que recibieron ATR.
13	Lin 2020 (39)	80 participantes con osteoartritis de rodilla se dividieron en dos grupos. El grupo utilizó videojuegos activos GI: (n=40). GC: (n=40).	Ambos grupos recibieron compresas calientes en ambas rodillas durante 20 minutos, y (TENS) durante 20 minutos. GI: 20 minutos de videojuegos activos. la dificultad del juego aumentaba con cada sesión de	Índice capacidad funcional WOMAC. Equilibrio estático dinámico. Rendimiento	y		Ambos grupos mostraron efectos temporales en la subcategoría de dolor para el WOMAC ($P=0.047$). No se encontró un efecto de interacción grupo-tiempo entre los grupos para el dolor ($P=0,066$), rigidez ($P=0,284$), o función física ($P=0,179$). Los efectos de interacción grupo-tiempo favorecieron al GI en límites de estabilidad ($P=0,020$), rendimiento funcional

			terapia. Cada sesión tenía una duración de 10 minutos. GC: ejercicio terapéutico, comenzando por el calentamiento con estiramientos; ejercicios de estabilización, el equilibrio y la postura; entrenamiento con desplazamiento, un total de 20 minutos. Ejercicios de fuerza con un máximo de 10 repeticiones y de 5 a 10 repeticiones por sesión, para 3 a 5 series.	físico funcional: (caminar 10m). Inventario de fatiga multidimensional (MFI). Cuestionario de grado de dolor crónico.	físico incluido el tiempo de caminata de 10 m ($P=0,002$) y tiempo de subida de escaleras ($P=0,005$). Los videojuegos activos son comparables al ejercicio terapéutico tradicional en cuanto al dolor. Pero sus efectos son superiores a los del ejercicio tradicional en términos de equilibrio, rendimiento físico funcional y salud física, podrían convertirse en una terapia complementaria alternativa para pacientes con OA.
14	Yoon 2020 (40)	En este estudio participaron 30 personas (todas mujeres); con una edad media de 72 años. Fueron divididos aleatoriamente en dos grupos. GE: (n=15). GC: (n=15).	Ambos grupos recibieron movimientos pasivo continuo. GC: en la 2 ^{da} semana se realizó ciclismo con ayuda de las tobilleras de arena también ejercicios de flexión - extensión de rodilla, dentro del rango permitido. GE: entrenamiento con RV de inmersión total. Equilibrio de los participantes mediante movimientos de simulación de caídas 20 minutos.	Índice capacidad funcional WOMAC. Time and Go (TUG). Equilibrio estático y dinámico.	En la prueba de WOMAC ambos grupos mejoraron, pero el grupo de RV tuvo una reducción en la puntuación total. Tanto el GE como el GC mostraron mejoras en el equilibrio estático y el GE mostró una mayor mejora en el equilibrio dinámico que el GC. Estos resultados demuestran que los programas de ejercicios de RV son fiables en la rehabilitación tras un ATR.
15	Cheung 2018 (41)	22 pacientes con osteoartritis de rodilla. Grupo de reentrenamiento de la marcha (GRM): (n=11)	GRM: recibieron un programa de 6 sesiones a lo largo de 6 semanas. Durante el entrenamiento, se les pidió que caminaran en una cinta ergométrica instrumentada, en tiempo real se mostró en el monitor mediante Visual3D	Dolor de rodilla, rigidez articular: Índice WOMAC. Momento de aducción de rodilla (KAM).	La puntuación WOMAC después del entrenamiento y la puntuación en el seguimiento de los 6 meses mejoraron en el GRM ($p>0,001$). El reentrenamiento de la marcha con retroalimentación visual redujo el KAM durante la marcha y mejoró los síntomas de osteoartritis de rodilla en comparación el

			Grupo de ejercicios de caminata (GEC): (n=11)	retroalimentación visual. El tiempo de entrenamiento se incrementó gradualmente de 15 a 30 minutos a lo largo de las seis sesiones. GEC: caminata en cinta ergométrica instrumentada sin retroalimentación visual.	Momento de flexión de rodilla (KFM).	ejercicio de caminata sin reentrenamiento. Sin embargo, no se observaron diferencias entre grupos en el KFM y un programa de entrenamiento de la marcha con KAM no pareció modificar el KFM.
16	Jin 2018 (42)	66 pacientes sometidos a una artroplastia total de rodilla unilateral (ATR). GE: (n=33). GC: (n=33).	GE: los pacientes realizaron una flexión de rodilla que equivaldría a remar en un bote en un entorno virtual inmersivo durante períodos de 30 minutos, 3 veces al día. GC: flexión de rodilla pasivamente hasta alcanzar la tolerancia del dolor. Manteniendo la posición durante 20s y luego relajar durante 40s se realizó 3 series de 30 repeticiones diarias.	Índice de osteoartritis WOMAC. ROM. Escala visual analógica (EVA). Función rodilla en pacientes con artrosis (HSS).	Los índices WOMAC en el GE tuvo menores valores que GC a los 1, 3 y 6 meses post ATR ($p< 0,05$). Las puntuaciones HSS fueron más altas en el GE ($p<0,05$). No hubo una diferencia en la escala EVA ($p> 0,05$), al continuar con el tratamiento fueron más bajas en ambos grupos ($p< 0,05$). ROM fue mayor en el GE que en el GC a los 3, 7 y 14 días post ATR ($p<0,05$). La RV en la rehabilitación post ATR es prometedora. Aumentando la motivación, redujo el dolor posoperatorio y optimiza la recuperación funcional.	
17	Roig 2018 (43)	37 pacientes post artroplastia total de rodilla divididos aleatoriamente en dos grupos. GE: (n=19). GC: (n=24).	GC: programa de entrenamiento con ejercicios funcionales, fortalecimiento, isométricos, isotónicos, equilibrio y propiocepción 60 minutos. GE: se realizó el mismo entrenamiento, pero se añadió ejercicios con una plataforma dinamométrica basados en retos de estabilidad, desplazamiento del peso y desplazamientos hasta los	Escala de Equilibrio de Berg. Funcionalidad: Timed Up and Go. Equilibrio estático: Prueba de Alcance Funcional y	Ambos grupos presentan mejoras tras 4 semanas de intervención, el GE obtuvo avances mayores en el equilibrio funcional, medido por la Escala de Equilibrio de Berg ($p=0,03$) y en la prueba de Alcance Funcional ($p=0,04$). Este estudio respalda el uso de dispositivos tecnológicos como complemento efectivo en la rehabilitación postoperatoria, al facilitar una recuperación más completa, por lo tanto, el integrar nuevas tecnologías en los programas de fisioterapia podría representar una estrategia	

			límites de estabilidad. El tiempo de entrenamiento adicional fue 20 minutos.	Prueba Romberg.	de importante para optimizar los resultados funcionales en pacientes con ATR.
18	Koo 2018 (44)	42 pacientes divididos en 2 grupos aleatoriamente. Grupo de intervención a término completo (FTI); (n=22). Grupo de intervención a mediano plazo (HTI); (n=20).	Tanto el grupo FTI y el HFI recibieron fisioterapia similar con radiación infrarroja y ejercicios pasivos continuos de rango de movimiento durante 20 minutos por 2 semanas. FTI: la intervención se proporcionó poco después de la fisioterapia durante 5 días laborables durante 2 semanas). HFI: la intervención se proporcionó durante 1 semana.	Escala EVA. ROM activo de la rodilla para flexión y extensión. Índice de osteoartritis WOMAC. Marcha, prueba de caminata de 6 minutos y prueba de posición cronometrada.	El grupo FTI mostró mejora en la escala EVA en reposo y en movimiento durante 5 semanas ($pag=0,000$). Sin embargo, el grupo HFI solo mostró mejoras entre la primera y la segunda semana en reposo ($pag=0,010$). En el grupo FTI se evidenció mejora en el ROM activo de flexión ($pag=0,037$) y extensión ($pag=0,009$) de rodilla a lo largo de cinco semanas. En cambio, el grupo HTI mostró únicamente mejoría en la extensión activa entre la primera y segunda semana. Estos resultados refuerzan la importancia de considerar la duración y continuidad de la intervención con RV o aumentada en programas de rehabilitación postquirúrgica, y sienta una base sólida para futuras investigaciones en pacientes con ATR.
19	Ficklsche rer 2016 (45)	30 voluntarios divididos en dos grupos aleatorizados. Grupo de Nintendo Wii (GI): (n=17) (11 mujeres y 6 hombres). Grupo Control (GC): (n=13) (5 mujeres y 8 hombres).	GI: su programa de rehabilitación consta de fisioterapia convencional postoperatoria, ejercicios complementarios, entrenamiento con ejercicios de flexión/extensión de rodilla a través de una consola de Nintendo Wii, el tiempo de duración de este fue de 10 minutos o hasta la fatiga del paciente. GC: fisioterapia convencional.	International Knee Documentation Committee Score (IKDC). Estabilidad: escala de rodilla Tegner-Lysholm.	La puntuación IKDC, GI puntuación de 37,48 preoperatoria, bajo a 31,16 al alta hospitalaria, mostrando mejoría a las 4 semanas. El GC inicio con 28,79, no vario luego del alta, mejoró a 39,09 tras 4 semanas. Finalmente, la escala de Tegner-Lysholm, GI mostró progresión al alta y a las 4 semanas. El GC inicio 35,41 postoperatorio a 40,62 al alta y al mes paso a 51,25. El entrenamiento con la Wii tuvo gran aceptación en los pacientes, con posibilidad de que un entrenamiento adicional con la consola

					durante un período más prolongado pueda generar resultados aún mejores.
20	Su 2016 (46)	27 participantes se dividieron en dos grupos: GE: (n=16) GC: (n=11).	GE: los pacientes montaron la bicicleta estática seguirá las indicaciones del avatar. La velocidad de la bicicleta virtual en el juego dependía de la rapidez de pedaleo los pacientes, balanceaban sus cuerpos para que su avatar girara y así alcanzar los objetos de apoyo o evitar las barreras. Esta sección se realizaba 1 vez al día. GC: Se utilizó terapia convencional basada en ejercicios, movilidad activa y fortalecimiento.	Rango de movimiento (ROM). Evaluación motivacional de Salud: Cuestionario ARCS.	El GE mostro mejoría en el ángulo de flexión de rodilla promedio de 109,38° al final de la semana. Y mostro mayor motivación según el cuestionario ARCS. El estudio analizado demuestra que la incorporación de sistemas interactivos basados en juegos 3D, tras una ATR tiene impacto positivo en la motivación y rendimiento de los pacientes, destacando el valor de integrar esta herramienta innovadora de fisioterapia.
21	Fung 2012 (47)	50 pacientes fueron divididos en dos grupos aleatoriamente. GE: (n=27). GC: (n=23).	Recibieron 60 min de terapia tradicional con movimientos activos y pasivos, fortalecimiento de miembro inferior y ejercicios de equilibrio. GE: 15 minutos de videojuegos Wii Fit™ centrados en el control postural, desplazamientos de peso y equilibrio. Comenzaron con juegos de respiración profunda, desplazamiento lateral, equilibrio multidireccional, Control postural estático y dinámico. GC: 15 minutos de ejercicio físico.	ROM. Escala del dolor (MPRS). Prueba de caminata de 2 minutos (2MWT). Escala funcional (LEFS). Escala de confianza del equilibrio específico de las actividades (ABCS).	No se presentaron diferencias en medidas objetivas como la flexión activa de la rodilla ($PAG=0,951$), extensión activa de la rodilla ($PAG=0,492$) y la distancia recorrida en la prueba 2MWT ($PAG=0,855$) entre los grupos, no hubo diferencias en los cambios en el dolor según la escala NPRS ($PAG=0,115$), ABCS ($PAG=0,523$) y LEFS ($PAG=0,079$) entre los grupos. El uso del Wii Fit es una herramienta complementaria útil en fisioterapia demostrando un potencial para mejorar el equilibrio y la función de las extremidades inferiores en pacientes durante la fase de rehabilitación post ATR.

4.2 Discusión

La presente investigación tuvo como propósito recopilar evidencia científica sobre el uso de la realidad virtual (RV) como tratamiento fisioterapéutico en pacientes con artroplastia de rodilla (ART), identificando los resultados reportados con el fin de aportar una base sólida para futuras investigaciones e implementar esta tecnología en entornos clínicos que favorezcan la recuperación funcional de la rodilla. El análisis de 21 ensayos clínicos aleatorizados evidenció que esta herramienta terapéutica ofrece ventajas para la recuperación funcional, propioceptiva, modulación del dolor, aumento del rango de movimiento (ROM), así como en la mejora de la marcha. A continuación, se presenta una síntesis crítica de los hallazgos obtenidos.

La RV contribuye a una recuperación funcional superior en comparación con la terapia convencional basada en ejercicios. El estudio de Hashemi (27) mostró una disminución en la puntuación WOMAC de 28,31 puntos en el grupo de intervención frente a 9,63 en el grupo control ($p<0,001$). De forma similar, Gude (28) concluyó que la RV implementada mediante exergaming alcanzó mejoras en la capacidad funcional de adultos mayores, con una proporción del 70%.

Esto respalda la hipótesis de que la RV no solo aporta estímulos motivacionales, sino que también optimiza la neuroplasticidad adaptativa al involucrar al paciente en un ambiente inmersivo, simulando actividades específicas para la recuperación motriz tras una ART, porque la RV proporciona un entorno rico en estímulos sensoriales y motores, lo que va a favorecer la activación de múltiples áreas cerebrales. Esto promueve mecanismos como la repetición intensiva de movimientos funcionales, crucial para la reorganización cortical, la retroalimentación multisensorial que fortalece las conexiones sinápticas, simulación de tareas del mundo real permitiendo reaprendizaje.

La RV reduce de forma eficaz el dolor postoperatorio en comparación con la terapia convencional. Shin (31) concluyó que la RV mejora la tolerancia a la carga y la distribución de fuerzas en la extremidad operada durante la marcha, con diferencias en la intensidad del dolor ($p<0,001$). Por su parte, Yoon (40) señaló que la RV mostró mejoras en la velocidad y simetría de la deambulación, con diferencias en la distribución de cargas frente a los ejercicios tradicionales. Sin embargo, Gianola (38) argumenta que, aunque la RV demostró ventajas en la

propiocepción, no alcanzó diferencias concluyentes en el control del dolor. Esta discrepancia evidencia la necesidad de estandarizar los criterios de dosificación e intensidad de la RV en las distintas etapas postoperatorias.

En cuanto a la propiocepción y el equilibrio, Shin (31), Yoon (40) y Hadamus (34) refuerzan que la RV representa una estrategia eficaz para la rehabilitación proprioceptiva post-ART. Hadamus (34) indicó que esta intervención logró mejorar la simetría de la marcha, la distribución de cargas y la velocidad de desplazamiento durante las primeras 6 semanas postoperatorio. La capacidad de crear entornos adaptados para la estimulación multisensorial respalda la idea en que la RV facilita la reorganización adaptativa de la corteza sensoriomotora, contribuyendo al reaprendizaje de patrones de movimientos alterados por la intervención quirúrgica. No obstante, persisten retos para evaluar a largo plazo, especialmente en poblaciones con comorbilidad musculoesqueléticas y neurodegenerativas.

El ROM y la fuerza muscular post-ART mostraron resultados consistentes en la mayoría de los estudios analizados. Jin (42) concluyeron que la flexión de rodilla alcanzó diferencias en el grupo de RV frente al grupo control a los 3, 7 y 14 días postquirúrgicos ($p<0,05$). De igual forma, Yu (33) estableció que la RV logró resultados superiores para el ROM en comparación con la terapia convencional a las cuatro semanas postoperatorias ($p<0,05$). Asimismo, Su (46) determinó que la RV alcanzó una flexión promedio de 109,38° al final de la semana de intervención, con significancia estadística frente al protocolo estándar ($p<0,05$). Estos hallazgos respaldan que la terapia basada en RV contribuye tanto al aumento del ROM como a la adaptación de patrones motores en la rehabilitación post-ART.

Un elemento transversal en esta revisión es la ventaja de la RV para fomentar la motivación y la adherencia al protocolo de rehabilitación. Su (46) confirmó que la inclusión de entornos visuales incrementó la motivación y participación de los usuarios frente a la terapia convencional ($p<0,05$). De manera similar, Fung (47) encontró que la RV generó una mayor satisfacción, al valorar aspectos como la experiencia del usuario y la disposición para continuar con la rehabilitación a largo plazo. Esta ventaja podría representar un valor añadido para garantizar que la fisioterapia sea más efectiva y reducir los problemas derivadas del incumplimiento de los protocolos post-ART.

Entre las fortalezas se destaca la metodología utilizada en los estudios, lo que garantiza un alto nivel de eficacia y disminuye sesgos en la comparación de intervenciones. Se observa que la mayoría implementa criterios de selección claros, escalas de evaluación, WOMAC, TUG, NPRS, junto con un seguimiento a corto y mediano plazo para valorar la evolución de la función, dolor, calidad de vida, equilibrio. Así mismo muchos de ellos integraron dispositivos tecnológicos actuales y adaptaron la dificultad de los ejercicios para garantizar progresión terapéutica y la motivación de los participantes, lo que refuerza la relevancia de la RV como estrategia complementaria para mejorar la rehabilitación postquirúrgica.

Aunque la evidencia respalda la RV como una herramienta adecuada para la rehabilitación post-ART, se debe considerar limitaciones clave para garantizar su adaptación segura y estable en la práctica clínica. Por un lado, la variedad en los dispositivos tecnológicos, los criterios de selección de participantes y la duración de los protocolos plantean desafíos para estandarizar las intervenciones y asegurar la utilidad de los resultados.

Por otro lado, si bien la RV demostró ventajas en aspectos críticos de la rehabilitación postoperatoria (funcionalidad, propiocepción, ROM, motivación), no alcanzó diferencias relevantes en todas las variables analizadas, especialmente en el dolor durante las etapas tempranas (5). La presente revisión se ve limitada por la baja calidad de la evidencia disponible en la literatura. Este campo está en rápida evolución y se necesitan más estudios para determinar el impacto de la rehabilitación basada en RV en pacientes sometidos a ART. Esto subraya la necesidad de continuar investigando para establecer criterios claros de frecuencia, intensidad y duración de la terapia basada en RV en las diferentes fases de la rehabilitación.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La realidad virtual representa una herramienta terapéutica prometedora en el ámbito de la fisioterapia postoperatoria para pacientes sometidos a artroplastia de rodilla. La evidencia recopilada a partir de 21 ensayos clínicos aleatorizados indica que la realidad virtual ha demostrado ser una intervención complementaria eficaz, que aporta beneficios en la mejora de funcionalidad, propiocepción, reducción del dolor, aumento del rango de movimiento, equilibrio, calidad de marcha, especialmente durante las fases iniciales y medias del proceso de rehabilitación, en conjunto estos beneficio permiten que una persona adulta recupere su independencia funcional, retome su participación en actividades sociales, laborales, recreativas, mejorando su calidad de vida tras una cirugía de artroplastia de rodilla. Estos efectos se atribuyen a la capacidad de la realidad virtual para crear entornos inmersivos que promueven la neuroplasticidad, el reaprendizaje motor y una mayor adherencia al tratamiento. Además, se destaca su capacidad para fomentar la motivación del paciente y facilitar el seguimiento terapéutico.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda la implementación de esta herramienta teniendo en cuenta factores como la capacitación del personal fisioterapéutico, la accesibilidad de los dispositivos y la personalización de los entornos visuales según las necesidades del paciente, para crear un tratamiento individualizado, finalmente, es importante que se reconozca el valor de la innovación tecnológica en fisioterapia en Ecuador, integrando la realidad virtual como una estrategia costo-beneficio para optimizar los resultados funcionales en pacientes sometidos a artroplastia de rodilla.

BIBLIOGRÁFIA

1. Peralta C, Merizalde J, Valencia HIC, García J, Cortez H, Dávila M et al. Descripción de los pacientes con artroplastia total de rodilla en un hospital de Guayaquil-Ecuador. 2011-2013. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica (AVFT) [Internet]. 2018;37(4).378-384. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo oa?id=55963209012>
2. Robles García V. Realidad virtual como herramienta en fisioterapia, ficción o realidad? Fisioter (Madr, Ed, Impresa) [Internet]. 2018;40(1):1–3. Disponible en: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/20365/Rbles_Virtual.pdf
3. Gómez J, Rodríguez G, Vera A, Troya D, Cedeño O, Franco A, Vera J, Osorio A, Urrúa H. Artroplastia total bilateral de rodilla simultánea, hospital general Instituto ecuatoriano de seguridad social Ibarra, ecuador. 2006–2014: estudio descriptivo. Revista Inclusiones: Revista de Humanidades y Ciencias Sociales [Internet]. 2018;5(13):103-119. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7922954>
4. Godoy Monzón D, Pascual Espinosa J, Jiménez Baquero J, Fernández E, García Mansilla A. Resultados preliminares de la artroplastia de revisión de rodilla con implante modular de fijación híbrida. Rev. Asoc. Argent. Ortop. Traumatol [Internet]. 2023;37(1):19-24. Disponible en: <https://doi.org/10.35366/112809>
5. Garabano G, Loprete F, Del Sel H. Reemplazo total de rodilla en pacientes menores de 55 años con gonartrosis Seguimiento de 2 a 13 años. Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología [Internet]. 2017;82(2):94-101. Disponible en: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1852-74342017000200004&script=sci_arttext
6. Chico Carpizo F, Domínguez Gasca L, Orozco Villaseñor S. Valoración funcional en artroplastia total de rodilla comparando la preservación del ligamento cruzado posterior versus posteroestabilización. Acta ortopédica mexicana [Internet]. 2021;35(1):69-74. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2306-41022021000100069&script=sci_arttext
7. Jun S, Lee J, Byoung L. Los efectos del entrenamiento de sentarse y levantarse combinado con retroalimentación visual en tiempo real sobre la fuerza, el equilibrio, la capacidad de marcha y la calidad de vida en pacientes con accidente cerebrovascular: un

- ensayo controlado aleatorizado. Int J Environ Res Salud Pública [Internet]. 2021;18(22):1-15. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34831986/>
8. Fernández G. Fisioterapia y artrosis de rodilla. NPunto [Internet]. 2023;6(64):107-131. Disponible en: <https://www.npunto.es/content/src/pdf-articulo/64c77d1ba9d5cart5.pdf>
 9. Panesso M, Trillos M, Guzmán I. Biomecánica clínica de la rodilla [Internet]. 1^{era} ed. Colombia: Universidad del Rosario. Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano; 2008. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/86435349.pdf>
 10. Tortora GJ, Derrickson B. Principios de Anatomía y Fisiología. 13^a ed. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana; 2006.
 11. Netter F. Netter Atlas de Anatomía Humana. 7^a ed. Filadelfia: Saunders Elsevier; 2019.
 12. Rouvière H, Prieto R, Bofill M, Delmas A. Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional. 11^a ed. Barcelona: Editorial Elsevier Masson; 2006.
 13. Drake R, Vogl A, Mitchell A. Gray. Anatomía para estudiantes. 4^a ed. Barcelona: Elsevier; 2020.
 14. Serafina A, Hernández M, Ortega E, Del Valle M. Fundamentos de fisioterapia. Madrid-España: EDITORIAL SÍNTESIS, S. A; 2000.
 15. Hislop H, Avers D, Brown M. DANIEL Y WORTHINGHAM Técnicas de balance muscular, Técnicas de exploración manual y pruebas funcionales. 9^a ed. Barcelona: Elsevier; 2014.
 16. Katz J, Arant K, Loeser R. Diagnosis and treatment of hip and knee osteoarthritis: A review. JAMA [Internet]. 2021;325(6):568–578. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2020.22171>
 17. Cueva K. Diagnóstico y clasificación de osteoartritis de rodilla mediante dos técnicas radiográficas distintas: reproducibilidad y nivel de concordancia para el diagnóstico y clasificación radiológica. Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna. 2019;32(4):129-134. Disponible en: <https://doi.org/10.36393/SPMI.V32I4.491>
 18. Cano de la Cuerda R. Nuevas tecnologías en neurorrehabilitación. España: Editorial Médica Panamericana; 2018.
 19. Castillo J. La realidad virtual y la realidad aumentada en el proceso de marketing [Trabajo de Grado] Bilbao: Universidad del País Vasco; 2017. Disponible en: <https://ojs.ehu.eus/index.php/rdae/article/view/19141>

20. Levin M. ¿Puede la realidad virtual ofrecer entornos enriquecidos para la rehabilitación? Revisión experta de neuroterapéuticos [Internet]. 2011;11(2):153–155. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1586/ern.10.201>
21. Gür O, Başar S. The effect of virtual reality on pain, kinesiophobia and function in total knee arthroplasty patients: A randomized controlled trial. Knee [Internet]. 2023; 45:187–197. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37931366/>
22. Song S, Liu Z, Zhang Q. Application of virtual reality technology in postoperative rehabilitation following total knee arthroplasty: A scoping review. Int J Orthop Trauma Nurs [Internet]. 2024;54(1):101-124. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijotn.2024.101124>
23. Peng L, Zeng Y, Wu Y, Si H, Shen B. Virtual reality-based rehabilitation in patients following total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Chinese Medical Journal [Internet]. 2021;135(2):153–63. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/CM9.0000000000001847>
24. Blasco J, Igual-Camacho C, Blasco M, Antón-Antón V, Ortiz-Llueca L, Roig-Casasús S. The efficacy of virtual reality tools for total knee replacement rehabilitation: A systematic review. Physiother Theory Pract [Internet]. 2021;37(6):682–92. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/09593985.2019.1641865>
25. Sopeña J, Beltran H, Terradas M, Avendaño J, García N. Effectiveness of virtual reality on postoperative pain, disability and range of movement after knee replacement: A systematic review and meta-analysis. Life [Internet]. 2024;14(3):1-17. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/life14030289>
26. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Moher D. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. Systematic reviews. 2021; 10.
27. Hashem G, Taheriazam A, Rezaeian T, Mokhtarinia H, Zenooz A, Shokohyan S, et al. The effect of adding virtual reality-based rehabilitation to conventional physiotherapy on pain, functional ability and static balance control in patients with total knee arthroplasty. Research Square [Internet]. 2025:1-21. Disponible en: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5806312/v1>

28. Guede F, Mendoza C, Fuentes J, Alvarez C, Agurto B, Muñoz J, Soto A, Carvajal C. Effects of Active Video Games Combined with Conventional Physical Therapy on Perceived Functionality in Older Adults with Knee or Hip Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Applied Sciences* [Internet]. 2024;15(1):15-93. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app15010093>
29. Nishitha K, Anitha A, Thaheera D. Effectiveness of Virtual Reality-based Rehabilitation and High-intensity Exercise Program for Total Knee Arthroplasty Patients: A Randomised Controlled Trial. *Journal of Clinical & Diagnostic Research* [Internet]. 2024;18(11):1-8. Disponible en: 10.7860/JCDR/2024/71122.20263
30. Lo H, Ng M, Fong P, Lai H, Wang B, Wong S, et al. Examining the feasibility, acceptability, and preliminary efficacy of an immersive virtual reality-assisted lower limb strength training for knee osteoarthritis: Mixed methods pilot randomized controlled trial. *JMIR Serious Games* [Internet]. 2024;12(1):1-15. Disponible en: <https://games.jmir.org/2024/1/e52563/PDF>
31. Shin D, Hong S. A study on the effectiveness of VR rehabilitation training content for older individuals with total knee replacement. *Healthcare* [Internet]. 2024;12(15):2-9. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/healthcare12151500>
32. Janhunen M, Katajapuu N, Paloneva J, Pamilo K, Oksanen A, Keemu H, Karvonen M, Luimula M, Korpelainen R, Jämsä T, Kautiainen H. Effects of a home-based, exergaming intervention on physical function and pain after total knee replacement in older adults: a randomised controlled trial. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* [Internet]. 2023;9(1).1-12. Disponible en: <https://bmjopensem.bmj.com/content/9/1/e001416>
33. Yu J, Nekar D, Kang H, Lee J, Oh S. Comparison of physical activity training using augmented reality and conventional therapy on physical performance following a total knee replacement: A randomized controlled trial. *Appl Sci* [Internet]. 2023;13(2):894. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/app13020894>
34. Hadamus A, Błażkiewicz M, Wydra KT, Kowalska AJ, Łukowicz M, Białoszewski D, et al. Effectiveness of early rehabilitation with exergaming in virtual reality on gait in patients after total knee replacement. *J Clin Med* [Internet]. 2022;11(17):4950. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm11174950>

35. Pournajaf S, Goffredo M, Pellicciari L, Piscitelli D, Criscuolo S, Le Pera D, et al. Effect of balance training using virtual reality-based serious games in individuals with total knee replacement: A randomized controlled trial. *Ann Phys Rehabil Med* [Internet]. 2022;65(6):101609. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2021.101609>
36. Hadamus A, Białoszewski D, Błażkiewicz M, Kowalska AJ, Urbaniak E, Wydra KT, et al. Assessment of the effectiveness of rehabilitation after total knee replacement surgery using sample entropy and classical measures of body balance. *Entropy* [Internet]. 2021;23(2):164. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/e23020164>
37. Bettger J, Green CL, Holmes DN, Chokshi A, Mather RC 3rd, Hoch BT, et al. Effects of virtual exercise rehabilitation in-home therapy compared with traditional care after total knee arthroplasty: VERITAS, a randomized controlled trial: VERITAS, a randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am* [Internet]. 2020;102(2):101–109. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.19.00695>
38. Gianola S, Stucovitz E, Castellini G, Mascali M, Vanni F, Tramacere I, et al. Effects of early virtual reality-based rehabilitation in patients with total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *Medicine* [Internet]. 2020;99(7):19136. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/md.00000000000019136>
39. Lin Y, Lee W, Hsieh R. Active video games for knee osteoarthritis improve mobility but not WOMAC score: A randomized controlled trial. *Ann Phys Rehabil Med* [Internet]. 2020;63(6):458–465. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.11.008>
40. Yoon S, Son H. Effects of full immersion virtual reality training on balance and knee function in total knee replacement patients: A randomized controlled study. *J Mech Med Biol* [Internet]. 2020;20(09):2040007. Disponible en: <https://doi.org/10.1142/S0219519420400072>
41. Cheung R, Ho K, Au I, An W, Zhang J, Chan Z, et al. Immediate and short-term effects of gait retraining on the knee joint moments and symptoms in patients with early tibiofemoral joint osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Osteoarthritis Cartilage* [Internet]. 2018;26(11):1479–86. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joca.2018.07.011>
42. Jin C, Feng Y, Ni Y, Shan Z. Virtual reality intervention in postoperative rehabilitation after total knee arthroplasty : a prospective and randomized controlled clinical trial. *Int*

- J Clin Exp Med [Internet]. 2018;11(6):6119-6124. Disponible en: <https://e-century.us/files/ijcem/11/6/ijcem0067965.pdf>
43. Roig S, Blasco JM, López-Bueno L, Blasco-Igual MC. Balance training with a dynamometric platform following total knee replacement: A randomized controlled trial. J Geriatr Phys Ther [Internet]. 2018;41(4):204–209. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1519/JPT.0000000000000121>
44. Koo K, Park D, Youm Y, Cho S, Hwang C. Enhanced reality showing long-lasting analgesia after total knee arthroplasty: Prospective, randomized clinical trial. Sci Rep [Internet]. 2018;8(1):2343. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-20260-0>
45. Ficklscherer A, Stapf J, Meissner KM, Niethammer T, Lahner M, Wagenhäuser M, et al. Testing the feasibility and safety of the Nintendo Wii gaming console in orthopedic rehabilitation: a pilot randomized controlled study. Arch Med Sci [Internet]. 2016;12(6):1273–1278. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5114/aoms.2016.59722>
46. Su C. Developing and evaluating effectiveness of 3D game-based rehabilitation system for Total Knee Replacement Rehabilitation patients. Multimed Tools Appl [Internet]. 2016;75(16):10037–10057. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-015-2820-1>
47. Fung V, Ho A, Shaffer J, Chung E, Gomez M. Use of Nintendo Wii FitTM in the rehabilitation of outpatients following total knee replacement: a preliminary randomised controlled trial. Physiotherapy [Internet]. 2012;98(3):183–188. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2012.04.001>

ANEXOS

Anexo 1.

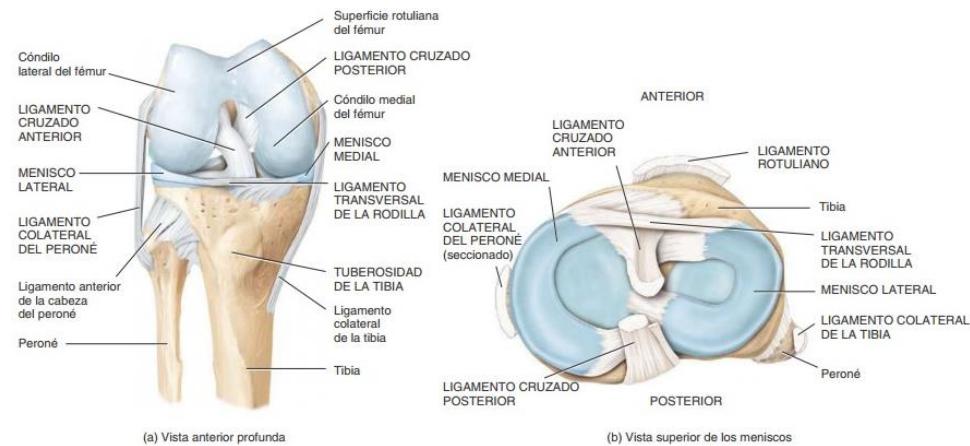


Figura 2. Articulación de la rodilla (femorotibial derecha). *

* **Tomado de:** Tortora GJ, Derrickson B. Principios de Anatomía y Fisiología. 13a ed. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana; 2006 (10).

Anexo 2.

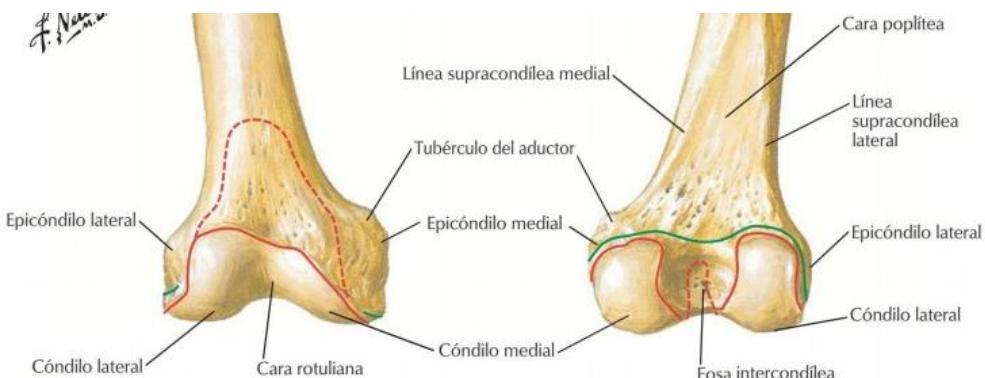


Figura 3. Vista anterior y posterior del fémur distal derecho. *

* **Tomado de:** Netter F. Netter Atlas de Anatomía Humana. 7^a ed. Filadelfia: Saunders Elsevier; 2019 (11).

Anexo 3.

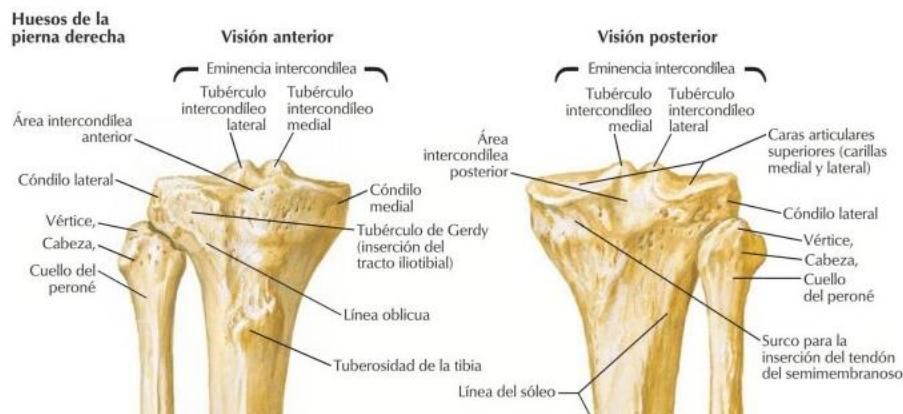


Figura 4. Vista anterior, posterior de la tibia y peroné pierna derecha. *

* Tomado de: Netter F. Netter Atlas de Anatomía Humana. 7^a ed. Filadelfia: Saunders Elsevier; 2019 (11).

Anexo 4.

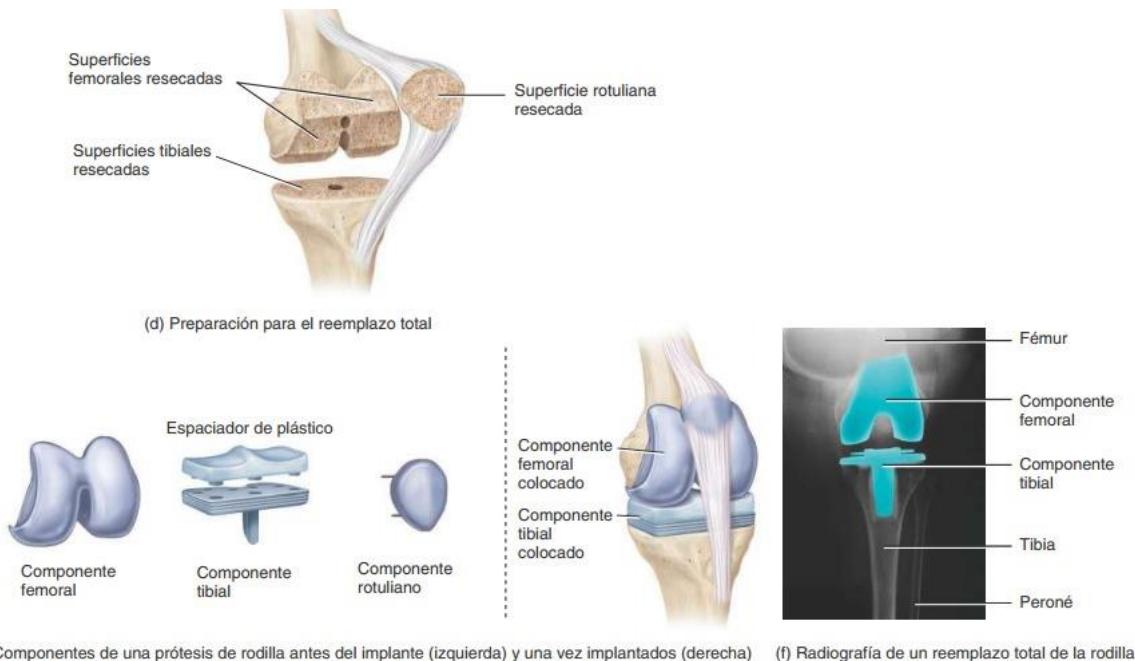


Figura 5. Reemplazo total de rodilla. *

*Tomado de: Tortora GJ, Derrickson B. Principios de Anatomía y Fisiología. 13^a ed. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana; 2006 (10).

Anexo 5.

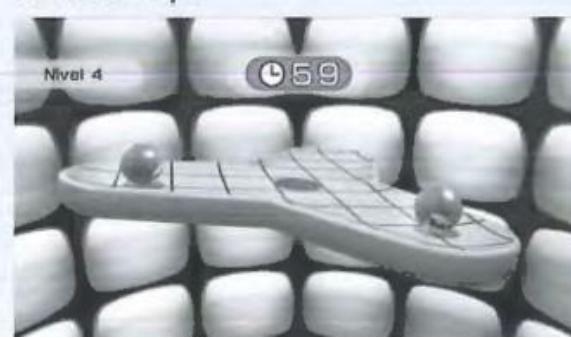
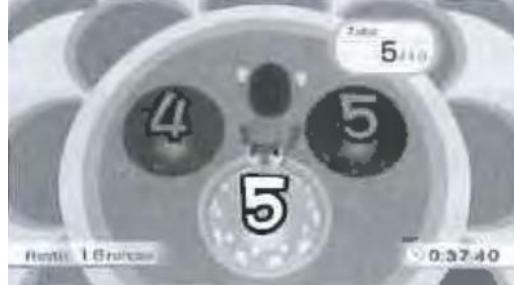
Tabla 7. Calentamientos, juegos incluidos en este protocolo. *

Calentamiento A	Calentamiento B
Wii Fit Plus: ejercicios plus PASEO EN BICICLETA Posición: de pie	Wii Fit Plus: ejercicios plus KUNG-FU RÍTMICO Posición: de pie
	
Calentamiento C	Calentamiento D
Wii Fit Plus: aerobic HULA HOOP Posición: de pie	Wii Fit Plus: aerobic FOOTING Posición: de pie
	

*Modificado de: Cano de la Cuerda R. Nuevas tecnologías en neurorrehabilitación. España: Editorial Médica Panamericana; 2018 (18).

Anexo 6.

Tabla 8. Protocolo de ejercicios para la reducción del equilibrio con Wii Board. *

Juego 1	Juego 2
<p>Wii Fit Plus: equilibrio PLATAFORMAS (principiante) Posición: de pie</p> 	<p>Wii Fit Plus: ejercicios plus RÍO ABAJO PLUS (principiante) Posición: de pie</p> 
<p>Wii Fit Plus: equilibrio ESLALON DE ESQUÍ (principiante) Posición: de pie</p> 	<p>Wii Fit Plus: ejercicios plus CONSIGUE UN 10 (principiante) 5 posición: de pie</p> 
<p>Tiempo: 30 minutos :5 min calentamiento + 11 min 30 s J1 + 2 min pausa+ 11 min 30s J2.</p>	

*Modificado de: Cano de la Cuerda R. Nuevas tecnologías en neurorrehabilitación. España: Editorial Médica Panamericana; 2018 (18).

Anexo 7. Escala PEDro

Escala PEDro-Español

1. Los criterios de elección fueron especificados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
3. La asignación fue oculta	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar"	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:

La escala PEDro está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht (*Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41.*

El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de las bases de datos PEDro a identificar con rapidez cuales de los ensayos clínicos aleatorios (ej. RCTs o CCTs) pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa ("generalizabilidad" o "aplicabilidad" del ensayo) ha sido retenido de forma que la lista Delphi esté completa, pero este criterio no se utilizará para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro reportada en el sitio web de PEDro.

La escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la "validez" de las conclusiones de un estudio. En especial, avisamos a los usuarios de la escala PEDro que los estudios que muestran efectos de tratamiento significativos y que puntúan alto en la escala PEDro, no necesariamente proporcionan evidencia de que el tratamiento es clínicamente útil. Otras consideraciones adicionales deben hacerse para decidir si el efecto del tratamiento fue lo suficientemente elevado como para ser considerado clínicamente relevante, si sus efectos positivos superan a los negativos y si el tratamiento es costo-efectivo. La escala no debería utilizarse para comparar la "calidad" de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, básicamente porque no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia.

Última modificación el 21 de junio de 1999. Traducción al español el 30 de diciembre de 2012

Figura 6. Escala de PEDro Español. *

*Tomado de: Escala *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro). 2016. Disponible en: <https://pedro.org.au/spanish/resources/pedro-scale/>