Universidad Nacional de Mar del Plata - Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social

Repositorio Kimelü **http://kimelu.mdp.edu.ar/**

Licenciatura en Terapia Ocupacional | Tesis de Terapia Ocupacional

2026-08

Aplicación de imaginería motora, terapia de espejo y realidad virtual no inmersiva en la rehabilitación post quirúrgica de fractura radio distal

Arcidiacono, Martina

http://kimelu.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/1164

Downloaded from DSpace Repository, DSpace Institution's institutional repository



“Aplicación de imaginería motora, terapia de espejo y realidad virtual no inmersiva en la rehabilitación post quirúrgica de personas con fractura radio distal”

Tesis de Grado para optar al título de Licenciadas en Terapia Ocupacional

Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social
Universidad Nacional de Mar del Plata



Arcidiacono, Martina. | **Camparo**, Valentina. | **Pereyra Cortez**, Erika Maylen.

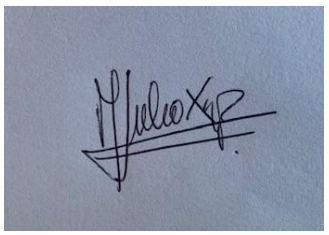
2026
Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Directora
Valle, Ana

Lic. Terapia Ocupacional
MPO 929

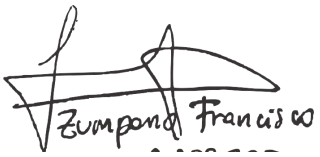
Co-Directora
Thomassen, Carolina Ivonne

Lic. Terapia Ocupacional
MPO 333



Asesoramiento metodológico
Mg. Xifra, Julia.

Lic. Terapia ocupacional y docente de la
Cátedra del Taller de Trabajo Final de
la Lic. de Terapia Ocupacional de la
Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social.
Universidad Nacional de Mar del Plata.



Asesoramiento estadístico
Zumpano, Francisco.

Doctor en Ciencias Biológicas.

Autoras

Arcidiacono, Martina.

D.N.I 42 116 630

Camparo, Valentina

D.N.I 42 366 275

Pereyra Cortez, E. Maylen

D.N.I 41 447 978

Índice

Portada

Agradecimientos…… 6

Resúmen……..7

Introducción……..……...……....7

Tema…….8

Problema……..8

Objetivo general…… 9

Objetivos Específicos ……9

Estado actual de la cuestión……...9

Marco teórico

Capítulo 1: Muñeca…….…….15

1.1 Anatomía y Biomecánica de la muñeca……..15

1.1.1 La articulación radiocubital distal……..…….. …..16

1.1.2 La articulación radiocarpiana…….…….16

1.1.3 La articulación mediocarpiana……18

1.1.4 Ejes y amplitud de movimiento……..19

1.1.5 Musculatura de la muñeca……..20

1.1.6 Vascularización de la muñeca…….23

1.1.7 Inervación de la muñeca…….24

1.1.8 Propiocepción de la muñeca……..25

Capítulo 2: Fractura radio distal……... 28

2.1 Generalidades……...…. 28

2.2 Clasificación...……28

2.3 Tratamiento quirúrgico y ortopédico de la fractura radio distal…….29

2.4 Tratamiento ortopédico……...30

2.5 Tratamiento quirúrgico……..…….30

Capítulo 3: Tratamiento de rehabilitación física en Terapia Ocupacional……... 33

3.1 Perspectiva desde Terapia ocupacional…….. 33

3.1.1 El juego como recurso terapéutico……. 34

3.2 Terapia ocupacional en MMSS y Mano……. 35

3.3 Plan de tratamiento de Terapia ocupacional en la Clínica de Fracturas y Ortopedia de la Ciudad de Mar del Plata para personas con fractura radio distal operadas……... ……36

Capítulo 4: Recursos Terapéuticos…… 43

4.1 Imaginería motora…….. 43

4.2 Terapia de espejo…….46

4.2.1 Neuronas espejo……..47

4.2.2 Metodo Perfetti……48

4.3 Realidad virtual no inmersiva…….….48

4.3.1 Incorporación en rehabilitación física……..……49

4.3.2 Nintendo Wii…….……...50

Capítulo 5: Marcos y Modelos de referencias……..….. 52

5.1 Marco de trabajo para la práctica de Terapia Ocupacional…….…. 52

5.2 Marco biomecánico ……..……52

5.3 Modelo de actividad humana y Tecnología asistida (HAAT)..... 53

Métodos, Técnicas y Plan de análisis……..……. 55

Enfoque y diseño del estudio …….…… 55

Variables del estudio ……... 56

Intervención …… 58

Población ……. 70

Muestra……. 70

Método de selección de la Muestra…….. 70

Criterios de selección de la Muestra……. 70

Instrumento de recolección de datos……. 71

Procedimiento de recolección de datos…….……..……... 73

Aspectos éticos……74

Análisis de datos ……..……...74

Resultados ……..……..……..……76

Conclusiones y reflexiones finales ……..…… 84

Limitaciones del estudio……..……..…… 85

Bibliografía……. 86

Anexo 1…….....94

Consentimiento informado

Anexo 2……..…….95

Registro de Evaluación inicial y final.

Anexo 3…….……..96

Cuestionario Quick DASH

Anexo 4…….…..98

Escala Visual Analógica

Agradecimientos

Agradecemos a nuestra Directora Anita por brindarnos su total entrega y acompañamiento en esta etapa tan crucial para nuestra formación como Terapistas. A nuestra Co-Directora Carito, por su eterna dulzura y acompañamiento. A la Clínica de Fracturas y ortopedia por el espacio para realizar la investigación con total libertad, y a todas las excelentes profesionales que forman parte del servicio de Terapia Ocupacional: Andre, Gabi, Sofi, Lara, Diana y Yesi, que nos recibieron con calidez y como colegas. A Julia por ser tan cálida, y un pilar fundamental a la hora de llevar adelante este proyecto y a Fran por su claridad y paciencia en el tramo final.

Agradecimientos de Martina

Agradezco el acompañamiento de mi mamá, a lo largo de estos años. Por los abrazos y las palabras justas en el momento que más lo necesitaba. A mi hermano Nahuel,por la ayuda incondicional. A Fito por sus comidas caseras luego de cada final aprobado.A mis compañeras y compañeros de trabajo por el aguante. A las amigas que la facultad me dejó a lo largo de estos años, por su apoyo. A mi mejor amiga y hermana de toda la vida Melisa,por brindarme su escucha activa ante dudas, y ser un apoyo fundamental. Y a mis compañeras de tesis que sin ellas este cierre de etapa no hubiera sido el mismo, estoy totalmente agradecida por este año de aprendizaje transitado. Profundamente, gracias.

Agradecimientos de Valentina

Durante estos años de carrera, hubo personas que han sido pilares fundamentales para que pudiera llevar adelante mis estudios. Mamá y Papá, sacrificaron mucho para apoyarme. Mi hermana Mary, escuchándome antes de cada final. Mi Nonno Carlos y Luis, Mi nonna Tina y Adela, siempre “prendiendo una velita” antes de los exámenes, esperándome con un mate, una comida rica o yendo a buscarme a la facultad. A mis tíos, tías y primos, atentos a cada necesidad para que yo pudiera cumplir mi objetivo. Este logro, también es de todos ustedes que supieron ser mi sostén. A mi pareja, Matias, que me contuvo en cada paso, y a su familia, siempre amorosa. A cada docente que dejó una huella importante en mi como futura profesional, y aquellas compañeras de cursadas y finales. A Marti y May, por hacer de este camino un recuerdo inolvidable en mi vida.

Agradecimientos de Maylen

Gracias a Dios por guiarme y darme fuerzas en este camino. A mis padres, Alejandra y Gustavo, por su apoyo incondicional, los mates en las tardes de estudio, llevarme a la facu y por impulsarme siempre. A mis hermanos Karen y Ezequiel, a mi cuñado Eze y a mis sobrinos Giovanni y Cielo, por sus palabras de aliento y por darme fuerzas. A mi novio Facundo, por escucharme, ayudarme a repasar y calmar mis nervios. A Perla, por prestarme su casa para estudiar y su apoyo. Gracias a mis amigas de la facultad y a mis amigas de siempre por acompañarme. Por último, a Valen y Marti, con quienes finalizamos este gran recorrido juntas.

Resúmen

La presente investigación se propone explorar los aportes de una intervención terapéutica gradual, secuencial y complementaria basada en imaginería motora, terapia de espejo y realidad virtual, en el nivel del dolor, la amplitud articular y el grado de funcionalidad, en el proceso de rehabilitación funcional del miembro superior afectado en personas con diagnóstico de fractura de radio distal intervenidas quirúrgicamente en el marco de tratamiento de Terapia Ocupacional. Se utilizó como instrumentos de evaluación la Escala Visual Analógica (EVA), la Goniometría, y la versión abreviada del Cuestionario de Discapacidad de Hombro, Codo y Mano (Quick Dash). Se planteó un enfoque cuantitativo, con un diseño pre-experimental descriptivo-correlacional, con un tipo de muestra no probabilística por conveniencia, conformada por 15 participantes donde la intervención contó con 20 sesiones**.** Hubo diferencias estadísticamente significativas entre la preprueba y posprueba en la amplitud articular y el grado de funcionalidad. En cuanto al nivel de dolor, no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Si bien se trata de un estudio de alcance preliminar y con limitaciones metodológicas propias de su diseño, los hallazgos obtenidos contribuyen a ampliar las posibilidades de intervención en el campo de la Terapia Ocupacional, incorporando recursos innovadores como complemento de la rehabilitación convencional. Asimismo, esta experiencia refuerza la importancia de sostener una mirada ocupacional centrada no solo en la recuperación física, sino también en la participación significativa de las personas en aquellas actividades y ocupaciones que otorgan sentido a su vida cotidiana, promoviendo nuevas líneas de investigación y prácticas profesionales creativas y contextualizadas.

Introducción

En el ámbito de la rehabilitación física, las fracturas de muñeca representan una de las lesiones más frecuentes, especialmente en población adulta y adulta mayor. Estas fracturas, muchas veces tratadas quirúrgicamente mediante reducción abierta y fijación interna, conllevan un proceso de recuperación que puede verse comprometido por dolor, rigidez articular, debilidad muscular y limitaciones en las actividades de la vida diaria. Ante estos desafíos, la implementación de estrategias terapéuticas complementarias a la terapia convencional se vuelve esencial para optimizar los resultados funcionales. Dentro de este contexto, la imaginería motora, la terapia de espejo y, más recientemente, la realidad virtual han emergido como herramientas prometedoras para potenciar la neuroplasticidad y facilitar el re-aprendizaje motor. Estas intervenciones, si bien han sido estudiadas por separado, creemos que ofrecen un potencial terapéutico mayor cuando se combinan de manera integrada y gradual.

Lo que motivó al desarrollo de una intervención basada en imaginería motora, terapia de espejo y realidad virtual no inmersiva surgió de la necesidad de ofrecer alternativas que aborden no solo los aspectos físicos, sino también neurosensoriales y cognitivos del proceso rehabilitador. La inmovilización postquirúrgica, sumada a la interrupción del esquema corporal y la disfunción sensoriomotriz que con frecuencia se presenta en estas lesiones, justifica la exploración de abordajes que estimulen de manera activa la reorganización cortical y la integración funcional del miembro afectado, incluso antes del inicio del movimiento activo.

La imaginería motora permite la activación de áreas motoras del cerebro mediante la visualización mental del movimiento, sin necesidad de realizarlo físicamente. La terapia de espejo, por su parte, utiliza la retroalimentación visual para generar una ilusión de movimiento funcional del miembro afectado, estimulando la corteza motora contralateral. Finalmente, la realidad virtual no inmersiva representa una herramienta motivadora que facilita la participación activa del paciente y potencia el aprendizaje motor mediante entornos interactivos. La combinación de estas tres técnicas ofrece un enfoque multimodal con potencial para mejorar la recuperación motora, reducir el dolor y aumentar la adherencia al tratamiento.

Esta tesis se propone explorar los efectos de una intervención terapéutica gradual, secuencial y complementaria, basada en la imaginería motora, terapia de espejo y realidad virtual en personas con fractura de radio distal postquirúrgica. Desde una perspectiva situada en el campo de la Terapia Ocupacional, se busca aportar al desarrollo de estrategias de intervención innovadoras que amplíen las modalidades tradicionales de rehabilitación funcional en contextos clínicos. Asimismo se pretende generar antecedentes sobre la implementación y posible replicabilidad de esta propuesta terapéutica en personas con este diagnóstico, contribuyendo al fortalecimiento de prácticas fundamentales y a futuras líneas de investigación en el área.

Tema

Aplicación de imaginería motora, terapia de espejo y realidad virtual no inmersiva en la rehabilitación post quirúrgica de fractura radio distal.

Problema

¿Cuál es la efectividad de la imaginería motora, la terapia de espejo y la realidad virtual no inmersiva como intervención terapéutica gradual, secuencial, y complementaria, en relación a la amplitud articular, el nivel de dolor y la funcionalidad, en personas con diagnóstico de fractura de radio distal intervenidas quirúrgicamente que concurren al servicio de Terapia Ocupacional de la

Clínica de Fracturas y Ortopedia, de la ciudad de Mar del Plata, durante el período comprendido entre noviembre de 2025 y abril de 2026?

Objetivo general

Explorar la efectividad de la imaginería motora, la terapia de espejo y la realidad virtual no inmersiva en la reducción del dolor, el aumento de la amplitud articular y la mejora en la funcionalidad, como intervención terapéutica gradual, secuencial, y complementaria, en el proceso de rehabilitación funcional del miembro superior afectado en personas con diagnóstico de fractura de radio distal intervenidas quirúrgicamente en el marco de tratamiento de Terapia Ocupacional en la Clínica de Fracturas y Ortopedia, de la ciudad de Mar del Plata durante el período comprendido entre noviembre de 2025 y abril de 2026.

Objetivos específicos

- Describir el nivel de dolor, amplitud articular y funcionalidad en personas con fractura de radio distal post operatoria, antes de la intervención.
- Describir el nivel de dolor, amplitud articular y funcionalidad en las personas con fractura de radio distal post operatoria, luego de la intervención.
- Comparar el nivel de dolor, amplitud articular y funcionalidad en personas con fractura de radio distal post operatorias, antes y después de la implementación de la intervención terapéutica gradual.
- Analizar la viabilidad de implementación de estos abordajes en el contexto clínico de la Terapia Ocupacional, considerando sus beneficios y limitaciones en personas con diagnóstico de fractura radio distal post operatoria.

Estado Actual de la Cuestión

Con el objetivo de poder identificar estudios relacionados con la temática de esta investigación, se realizó una exhaustiva búsqueda bibliográfica sobre artículos de investigación, a fin de establecer el estado actual de la cuestión.

Dicha búsqueda bibliográfica, se realizó en las siguientes bibliotecas/ base de datos:

- Revista Terapia Ocupacional Chile.
- Revista Terapia Ocupacional Galicia (TOG).
- Bases de datos como PubMed y Scielo.
- Cochrane Central Register of Controlled Trials.

- Google Académico.

Además, se realizó la recopilación de bibliografía pertinente a esta investigación a través de informantes claves:

- Secretaría Científica de la Clínica de Fracturas y Ortopedia de la ciudad de Mar del Plata.

En el ámbito nacional, específicamente en la Universidad Nacional de Mar del Plata, en la Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social, se han encontrado Tesis de Grado de Terapia Ocupacional relevantes.

De la búsqueda realizada, se han seleccionado aquellas investigaciones consideradas pertinentes respecto a las variables estudiadas, las cuales tomaremos como precedentes. Se organizaron en distintos ejes temáticos, siguiendo un orden cronológico para facilitar su comprensión y su mejor desarrollo investigativo.

Eje de Imaginería motora

En 2016, Ferran Cuenca Martínez publicó el artículo titulado *"Imaginería motora y tratamiento del dolor"*, en el cual sugiere que este tipo de técnica, ya sea mediante la observación de acciones y/o la imaginación de movimientos sin dolor, produce cambios positivos a nivel cerebral, favoreciendo una disminución del dolor y de los factores asociados al mismo.

En el año 2017, Dilek B., et al., publicaron un artículo científico titulado "Eficacia de la imaginería motora graduada para mejorar la función de la mano en pacientes con fractura del radio distal: Un ensayo controlado aleatorizado", cuyo objetivo fue analizar la eficacia de la imaginería motora graduada sobre la función manual en pacientes con fractura de radio distal. Los resultados mostraron mejoras significativas con respecto a la intensidad del dolor, amplitud articular de la muñeca (flexión, extensión, desviación radial y desviación cubital), amplitud de movimiento del antebrazo (supinación y pronación) y estado funcional, en comparación con el grupo control que sólo recibió rehabilitación tradicional. Los autores concluyen que la Imaginería Motora graduada proporciona efectos beneficiosos para controlar el dolor, mejorar la fuerza de agarre, y aumentar las funciones de las extremidades superiores en este tipo de pacientes.

En el año 2018, la Revista de Neurología a través del artículo de Fernández-Gómez E, Sánchez-Cabeza A. "*Imaginería motora: revisión sistemática de su efectividad en la rehabilitación de la extremidad superior tras un ictus*" ha realizado una revisión sistemática, seleccionando los ensayos clínicos llevados a cabo con pacientes con ictus en los que se emplea esta técnica como

intervención rehabilitadora, arrojando como resultado que la imaginería motora, combinada con terapia convencional (fisioterapia o terapia ocupacional), parece tener efectos positivos en la rehabilitación motora de la extremidad superior tras un ictus.

En el año 2020, Silva S., Borges LRDM., Santiago L., Lucena L., Lindquist AR., Ribeiro T., realizaron una revisión sistemática con el interrogante de *"¿Es la imaginería motora (IM) una técnica efectiva para mejorar la marcha (capacidad de andar) tras sufrir un ictus?"*. Los resultados que arrojaron fueron una evidencia de certeza muy baja de los efectos beneficiosos a corto plazo de la IM sobre la velocidad de marcha en las personas que han sufrido un accidente cerebrovascular, en comparación con otras terapias. La evidencia era insuficiente para estimar el efecto de la IM en la dependencia de la asistencia personal y la resistencia al caminar. En comparación con otras terapias, la evidencia indica que la IM no mejora la función motora y la movilidad funcional después de sufrir un accidente cerebrovascular (evidencia de certeza muy baja). La evidencia tampoco fue suficiente para estimar el efecto de la IM sobre la marcha, la función motora y la movilidad funcional después de un accidente cerebrovascular en comparación con el placebo o la no intervención.

En el año 2025, Uğur Cavlak, profesor del Departamento de Fisioterapia y Rehabilitación de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Biruni (Estambul, Turquía), señala que la imaginería motora puede incorporarse a los programas de rehabilitación en personas con ictus. En su investigación, concluye que esta técnica constituye un complemento prometedor a la terapia convencional, ya que activa las redes motoras cerebrales mediante la simulación mental del movimiento, favoreciendo la neuroplasticidad y la recuperación funcional. Asimismo, la evidencia proveniente de la investigación clínica, incluidas revisiones sistemáticas y ensayos controlados aleatorizados, respalda el uso de la imaginería motora para mejorar la función de las extremidades superiores en personas con ictus en fases subaguda o crónica. En este sentido, el autor sugiere que los fisioterapeutas conozcan e implementen este abordaje debido a los múltiples beneficios que aporta en los procesos de rehabilitación.

Eje de Terapia de Espejo

En el artículo de investigación "*Análisis bibliométrico: la terapia de espejo como estrategia de intervención desde la terapia ocupacional en el ámbito clínico",* de Castro-Alzate ES, Aguía-Rojas K, y otros, publicado en el año 2016, se llegó a la conclusión de que la terapia de espejo es una modalidad de intervención recientemente utilizada por diferentes profesiones de rehabilitación. A partir de 2004 se observa un incremento en la generación de evidencia científica de alto impacto sobre el tema, debido a su efectividad en la enfermedad cerebrovascular (ECV), la

amputación de miembros, los síndromes dolorosos crónicos y la rehabilitación posquirúrgica. Concluye que el uso de la terapia de espejo en terapia ocupacional es una modalidad de intervención que facilita procesos de rehabilitación funcional, promueve la independencia en la ejecución de actividades de la vida diaria y facilita procesos de participación social y adaptación al entorno.

En relación con su aplicación como técnica en neurorehabilitación, Reboredo Silva y Soto-González (2016) realizaron una revisión sistemática de estudios clínicos sobre su uso en pacientes con ictus, centrada en la mejora de la función motora de la extremidad superior y la reducción del dolor. A través del análisis de ensayos publicados hasta 2013, los autores encontraron evidencia preliminar que sugiere beneficios de la terapia de espejo en la recuperación motora post-ictus, aunque destacaron la heterogeneidad metodológica y las limitaciones de los estudios disponibles, lo que dificulta conclusiones definitivas y señala la necesidad de mayor investigación en esta área.

Una tesis doctoral realizada en el año 2017 por Del Pozo Blanco, evaluó los efectos de la terapia del espejo sobre el dolor y la función en pacientes con síndrome del túnel carpiano bilateral. El estudio se desarrolló mediante un ensayo clínico aleatorizado con grupo placebo, en el que participaron 18 pacientes derivados del Servicio de Traumatología del Hospital de Manises (Valencia, España). A lo largo de una intervención de ocho semanas, los participantes realizaron ejercicios con retroalimentación visual mediante el uso de un espejo, mientras que el grupo placebo efectuó las mismas tareas con el espejo girado. Para la evaluación de los resultados se emplearon cuestionarios específicos de dolor, función y catastrofismo asociado al dolor. Los resultados evidenciaron una reducción significativa del dolor en el grupo que recibió la terapia del espejo en comparación con el grupo placebo, sin observarse mejoras relevantes en la función.

En el ámbito de la rehabilitación kinésica del dolor complejo post-traumático, Aravena Barrales e Ignacio Molina Belmar (2017) evaluaron la efectividad de la terapia de espejo comparada con el tratamiento convencional en pacientes con Síndrome de Dolor Regional Complejo (SDRC) Tipo I posterior a fractura distal de radio. Este estudio, diseñado como un ensayo clínico aleatorizado con 50 pacientes, demostró un enfoque riguroso para medir reducción del dolor, aumento de la movilidad y mejoras funcionales mediante escalas validadas y comparó directamente ambas intervenciones en un contexto clínico real. Los autores plantean que la terapia de espejo podría ofrecer beneficios significativos al modular la percepción del dolor y facilitar la recuperación funcional de la extremidad afectada, lo que posiciona esta intervención como una alternativa prometedora frente a los tratamientos tradicionales en pacientes con SDRC post-fractura.

En el año 2024, Pino Tenemaza, M. publicó su tesis de grado “Terapia de espejo como rehabilitación en pacientes con secuela de parálisis braquial obstétrica (PBO)” una revisión bibliográfica de la cual obtuvo como resultado que los pacientes mostraron mejoras en la fuerza muscular, rango de movimiento y disminución del dolor. Sin embargo, la efectividad varía según la gravedad de la lesión y la adherencia al tratamiento. Concluyó mencionando que la terapia de espejo es una intervención viable y beneficiosa para la rehabilitación de pacientes con parálisis braquial obstétrica, ofreciendo mejoras en la función motora y calidad de vida.

Eje de Realidad Virtual No inmersiva

Moreno et al. (2013) desarrollaron un framework[1] para la rehabilitación física de miembros superiores en niños de entre 6 y 12 años basado en el uso de entornos virtuales no inmersivos y dispositivos de bajo costo, específicamente el sensor Kinect™. Su objetivo fue apoyar la fisioterapia convencional mediante ejercicios interactivos orientados a movimientos funcionales del brazo. El sistema integra videojuegos diseñados para inducir patrones de movimiento específicos, permitiendo al terapeuta configurar sesiones, monitorear el desempeño del paciente y obtener métricas objetivas del movimiento. Los resultados preliminares del estudio sugieren que la propuesta es viable, accesible y potencialmente beneficiosa como complemento terapéutico, destacando además su capacidad para aumentar la motivación del paciente y facilitar el seguimiento del proceso de rehabilitación.

En el año 2015, Carlos A. A. Fidalgo, publicó su trabajo de grado “*Realidad virtual aplicada a la rehabilitación física”* en el cual diseñó un videojuego de realidad virtual orientado a la rehabilitación de lesiones de manguito rotador. El sistema utiliza gafas de realidad virtual (Oculus Rift) para mejorar la inmersión del usuario y hacer más ameno el proceso terapéutico, junto con una cámara que captura el esqueleto del paciente para realizar un seguimiento de sus movimientos y postura. Concluye en que el uso del sistema propuesto contribuye a mejorar la movilidad y la rotación de la zona afectada, siempre que se utilice conforme a lo diseñado. No obstante, no fue posible cuantificar con precisión el grado de mejora alcanzado, debido a factores individuales como las características del paciente y la severidad del cuadro clínico.

En el año 2018, Vidrios-Serrano, C.A, Maldonado-Fregoso, B R, Bonilla-Gutiérrez, I, Mendoza-Gutiérrez , M. O, González-Galván, E, J, publicaron un artículo sobre un sistema de rehabilitación háptico de movimientos finos en extremidades superiores, cuya característica

[1] En este contexto, “Framework” se refiere a un conjunto estructurado de componentes conceptuales y tecnológicos que organizan y guían el desarrollo e implementación de un sistema de rehabilitación, integrando dispositivos, software y objetivos terapéuticos.

principal es que los usuarios del sistema pueden interactuar de forma visual y táctil con objetos virtuales mezclados con escenarios reales logrando con ello un ambiente de realidad aumentada. El sistema fue probado en dos etapas, ambas con sujetos que presentaban un grado de discapacidad en extremidades superiores. Los datos recopilados fueron trayectorias seguidas, errores de seguimiento y la actividad muscular obtenida por medio de electromiografía; esta información recolectada permitió analizar de forma cuantitativa el grado de avance de los pacientes. Además, se consideraron las valoraciones hechas por fisioterapeutas, concluyendo que el sistema propuesto puede ser utilizado como una herramienta viable que complementa a las terapias de rehabilitación convencionales. Se observó el potencial que tiene el sistema como herramienta auxiliar a las terapias de rehabilitación tradicional al permitir guardar los datos generados por los usuarios en cada una de sus terapias, destacando que en la mayoría de los casos, el análisis cuantitativo de dichos datos muestran mejoras significativas en el control de los movimientos del paciente, fortalecimiento muscular, destreza, resistencia, coordinación, rango de movimiento y disminución del tiempo de ejecución en los ejercicios. Según los terapeutas, el sistema presentado tiene la característica de incentivar a los pacientes a continuar con sus terapias por medio de un sistema de rehabilitación novedoso, lo cual quedó demostrado, ya que los pacientes mostraron entusiasmo al utilizar el sistema y estar presentes en todas las sesiones de terapia.

Peral Gómez et al. (2020) realizaron un estudio transversal en centros de neurorrehabilitación de Alicante para analizar el uso de la realidad virtual (RV) en terapia ocupacional. Encontraron que el 52 % de los terapeutas la utilizaban, principalmente en formato no inmersivo (como consolas o tabletas), y en pacientes con daño cerebral adquirido, especialmente entre 45 y 65 años. La RV se aplicó mayormente para trabajar funciones cognitivas y actividades de la vida diaria, como la alimentación. El estudio concluye que la RV es una herramienta complementaria en terapia ocupacional, no un reemplazo de la intervención tradicional.

MARCO TEÓRICO

Capítulo 1: MUÑECA

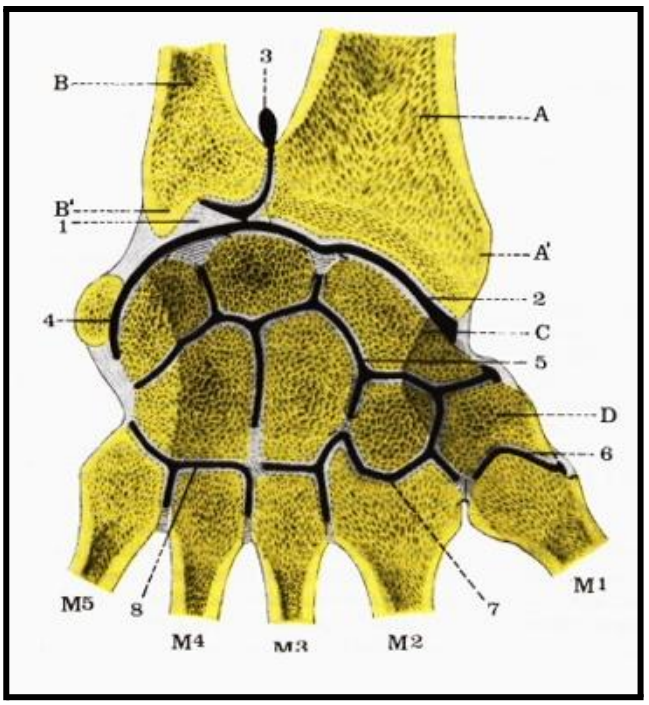
1.1 Anatomía y biomecánica de la muñeca.

Para comprender el abordaje terapéutico gradual, resulta imprescindible introducirse en la anatomía y biomecánica de la muñeca. De esta manera, se puede alcanzar una comprensión más profunda y certera que permita fundamentar la elección de determinadas técnicas terapéuticas por sobre otras, en función de las estructuras involucradas, los movimientos requeridos y las distintas fases del proceso terapéutico.

Desde el punto de vista biomecánico, la muñeca no funciona como una articulación aislada, sino como un **complejo articular,** en el que participan de manera integrada la articulación **radiocarpiana** y la articulación **mediocarpiana,** en relación funcional con la articulación **radiocubital distal** (Fig.1)**.** Esta organización permite una amplia movilidad, al mismo tiempo que garantiza estabilidad durante las actividades funcionales de la mano.

Fig. 1.

Complejo articular de la muñeca



Nota. Corte frontal de las articulaciones radiocarpiana,carpiana y carpometacarpiana, lado derecho; segmento anterior visto por su cara posterior. A y A´, radio y proceso (Apófisis) estiloideo; B y B´, ulna (cúbito) y proceso (apófisis) estiloideo; C, hueso escafoideo y primera hilera; D, trapecio y segunda hilera; M1 a M5, los cinco metacarpianos. 1, disco articular (ligamento triangular); 2, interlinea radiocarpiana; 3, sinovial radioulnar inferior ; 4, interlínea pisitriquetral (piramidal); 5, interlínea mediocarpiana; 6, interlínea trapeciometacarpiana, y 7 y 8, interlínea carpometacarpiana lateral y medial. Tomado de *Anatomía humana* (3.ª ed., Vol. 1, p. 606), por M. Latarjet y A. Ruiz Liard, 2004, Editorial Médica Panamericana.

1.1.1 *Articulación radiocubital distal*

Es una articulación trocoide, con sus superficies semejantes a un cilindro con su eje paralelo al eje de la diafisis del cubito (Cosentino, 2001). Sus superficies articulares son:

- Superficie radial: es la cavidad sigmoidea del radio, excavada en la cara medial de la extremidad inferior del hueso. Casi plana en sentido vertical, es cóncava de adelante hacia atrás, orientada medialmente y algo arriba.
- Superficie cubital: la cabeza del cúbito, prominente, presente una superficie superolateral, que ocupa los dos tercios del contorno de la cabeza, más alta en la parte media que en sus dos extremidades: es fuertemente convexa en todos los sentidos y está orientada lateralmente y algo bajo: una superficie inferior, horizontal, plana o ligeramente convexa, separada de los huesos del carpo por el disco articular (ligamento triangular). Estas dos superficies, superadas por una cresta roma, están cubiertas por un cartílago común.
- Interlínea articular: es vertical, algo cóncava medialmente en sentido anteroposterior.

Sus medios de unión son:

- La cápsula, se inserta lateralmente, en el borde superior de la cavidad sigmoidea del radio, medialmente, en el borde superior de la superficie articular de la cabeza del cúbito; adelante y atrás, en los bordes anterior y posterior del ligamento triangular, donde se confunde con la cápsula fibrosa de la articulación radiocarpiana.
- Los ligamentos, que son: el ligamento radiocubital anterior, y el ligamento radiocubital posterior.
- Presenta una sinovial, muy amplia.

1.1.2 *Articulación radiocarpiana*

Ubicada entre la porción inferior del radio y los huesos de la hilera superior del carpo, esta es una articulación sinovial de tipo elipsoide (diartrosis condílea) que une la epífisis inferior del radio al carpo. Están formadas por dos superficies que se oponen: una ***cavidad glenoidea*** que

corresponde al radio, y al disco articular de la articulación radiocubital distal, y un ***cóndilo carpiano*** que corresponde al escafoides, semilunar y piramidal.

La superficie articular del *antebrazo*, presenta una superficie *cóncava* en sentido anteroposterior y transversal. Comprende dos partes:

- Superficie radial: posee forma triangular, cuyo vértice corresponde a la apófisis estiloides del radio. Su base se encuentra parcialmente cubierta por la inserción del disco articular (ligamento triangular). El borde posterior sobrepasa la superficie articular, mientras que el borde anterior coincide con el borde anterior de la epífisis radial. Esta superficie se encuentra recubierta de manera uniforme por cartílago hialino, el cual se continúa medialmente con el disco articular.
- Superficie ligamentosa: corresponde a la cara inferior del ligamento triangular de la articulación radiocubital distal. Se encuentra tapizada por cartílago y se interpone entre la cara inferior del cúbito y la interlínea radiocarpiana.

La superficie articular *carpiana*, es regularmente redondeada y convexa hacia proximal, y está formada por los tres huesos de la primera fila del carpo: de lateral a medial, el escafoides, el semilunar y el piramidal. En posición intermedia, podemos analizar lo siguiente:

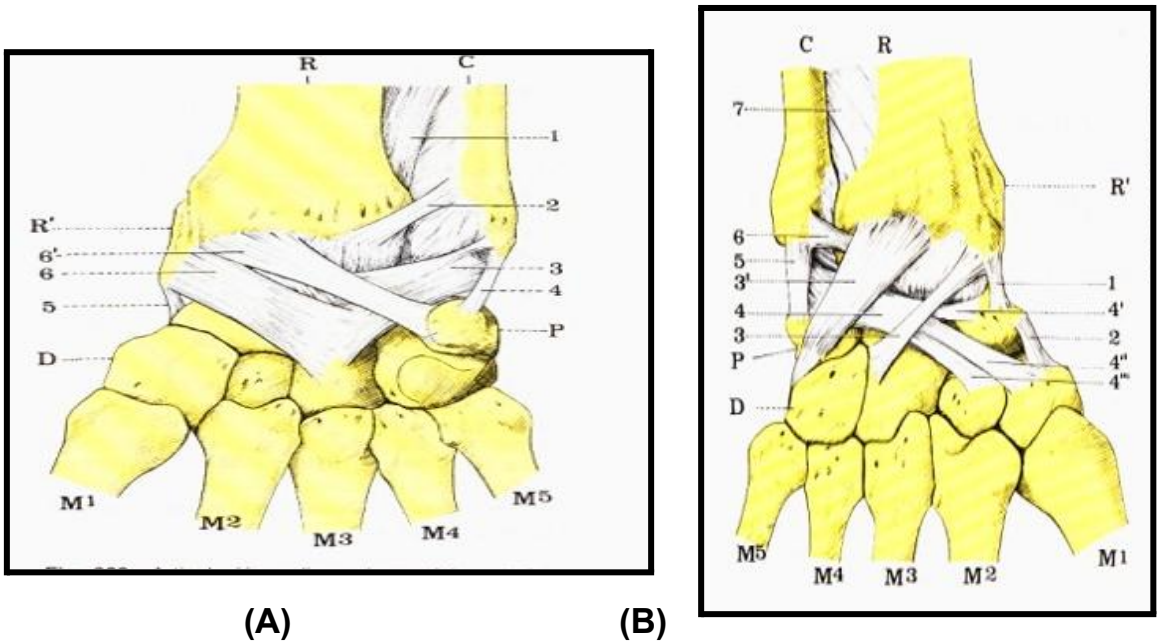
- El escafoides se articula principalmente con la superficie radial.
- El semilunar se articula tanto con el radio como con el ligamento triangular.
- El piramidal se sitúa en posición inferior y medial, por debajo del ligamento triangular.

La *interlínea articular,* es muy irregular, sin ningún accidente del lado del antebrazo, ni del lado carpiano. Es cóncava abajo, tanto en el sentido transversal como en el sentido anteroposterior.

Al igual que en toda articulación sinovial, la articulación radiocarpiana presenta una cápsula articular constituida por una membrana fibrosa que se inserta alrededor de las superficies articulares. Esta cápsula se encuentra reforzada por diversos ligamentos, los cuales contribuyen a la estabilidad articular y guían los desplazamientos de los huesos entre sí. Entre ellos se describen:

- Ligamento radiocarpiano anterior,
- Ligamento radiocarpiano posterior,
- Ligamento colateral ulnar,
- Ligamento colateral radial,
- Ligamento radioescafolunar.

Fig. 2. Articulación radiocarpiana en vista anterior y posterior.



(A) **(B)**

***Nota*. A)** Vista anterior, cara palmar. R, radio;R´, su proceso (apófisis) estiloideo; C, ulna (cúbito); P, primera hilera de los huesos del carpo; D,segunda hilera; M1 a M5, los 5 metacarpianos. 1, membrana (ligamento) interósea del antebrazo;2, ligamento colateral anterior de la articulación radioulnar inferior; 3, fascículo ulnocarpiano del ligamento anterior; 4, ligamento colateral ulnar; 5, ligamento colateral radial y 6 y 6´, fascículo radiocarpiano del ligamento anterior. **B)** Vista posterior, cara dorsal, R y R´, radio y proceso (apófisis) estoloideo; C,ulna (cúbito); P y D, primera y segunda hilera de huesos del carpo;M1 y M5, los cinco metacarpianos, 1, ligamento colateral radial (externo); 2, ligamento escafotriquetral (trapezoideo); 3 y 3´, ligamento posterior; 4, 4´,4´´y 4´´´, su parte profunda con sus fasciculos de inserción en el carpo; 5, ligamento colateral ulnar; 6, ligamento posterior de la articulación radioulnar distal, y 7, membrana (ligamento) interóseo. Tomado de *Anatomía humana* (3.ª ed., Vol. 1, pp. 605–606), por M. Latarjet y A. Ruiz Liard, 2004, Editorial Médica Panamericana.

1.1.3 *Articulación mediocarpiana*

Ubicada entre la hilera superior y la hilera inferior del carpo en la mano. La superficie superior, está constituída de fuera hacia adentro por el escafoides, una carilla interna, de concavidad acentuada para el hueso grande, la carilla inferior del semilunar, la carilla inferior del piramidal. Por otra parte, la superficie inferior, está constituída de fuera hacia adentro por la carilla superior del trapecio y del trapezoide, la cabeza del hueso grande y la cara superior del hueso

ganchoso. Considerando las hileras del carpo como un bloque, se puede constatar que la interlínea mediocarpiana está constituída por dos partes, una parte externa formado por carillas planas (trapecio y trapezoide sobre la base del escafoides) articulación tipo artrodia, y una parte interna, constituída por la superficie convexa, en todos los sentidos, de la cabeza del hueso grande y del hueso ganchoso, que se encaja en la superficie cóncava de los tres huesos de la hilera superior, es una articulación condílea.

También debemos mencionar los medios de unión, de dicha articulación, que cumplen una función estabilizadora en la muñeca. En una visión anterior:

- El ligamento radiocapital,
- El ligamento lunarocapital,
- El ligamento triquetocapital,
- El ligamento trapezoescafoideo,
- El ligamento triquetoganchoso,
- y finalmente los ligamentos pisiganchoso y pisimetacarpiano.

En una visión posterior:

- El ligamento lateral externo de la articulación radiocarpiana,
- El ligamento lateral interno de la articulación radiocarpiana,
- El ligamento radiocarpiano dorsal de la articulación radiocarpiana,
- El ligamento triquetoganchoso,
- y el ligamento dorsal escafo-trapezo-trapezoide.

Por otro lado, existe una sola cavidad articular entre todos los huesos del carpo, con una única sinovial. Esta puede ser considerada mediocarpiana con prolongaciones superiores (entre los huesos de la primera fila) e inferiores (entre los huesos de la segunda fila y hasta las articulaciones carpometacarpianas). Esta sinovial no se comunica con la de la articulación radiocarpiana.

1.1.4 *Ejes y amplitud de movimiento*

Los movimientos de la muñeca se efectúan en torno a dos ejes, con la mano en posición anatómica (máxima supinación):

I. Eje transversal, perteneciente al plano frontal, en torno al cual se realizan los movimientos de flexo extensión donde la cara anterior, o palmar, de la mano se aproxima a la cara anterior del antebrazo (en la flexión) y donde la cara posterior, o dorsal, de la mano se aproxima a la cara posterior del antebrazo (en la extensión). Ambos movimientos se efectúan en el plano sagital.

II. Eje anteroposterior, perteneciente al plano sagital, en torno al cual se efectúan los movimientos de aducción-abducción en el plano frontal, por un lado la aducción o desviación cubital la mano se aproxima al eje del cuerpo y hacia el borde interno o cubital del antebrazo y en la abducción o desviación radial la mano se aleja del eje del cuerpo y va hacia el borde externo o radial del antebrazo (Kapandji, 2006).

Los movimientos naturales de la muñeca se realizan como movimientos combinados en torno a **ejes oblicuos**. En este sentido, la flexión se produce asociada a la aducción, mientras que la extensión se encuentra combinada con la abducción (Kapandji, 2006). Asimismo, la circunducción de la muñeca se define como la combinación secuencial de los movimientos de flexión-extensión y abducción-aducción, los cuales se realizan de manera simultánea alrededor de ambos ejes articulares.

Según Kapandji (2006), el movimiento principal en la dinámica de la articulación radiocubital distal, es una rotación de la porción distal del radio en torno al cúbito. La epífisis radial gira en torno a la cabeza cubital, ya que la apófisis estiloides cubital permanece inmóvil. La apófisis estiloides radial se dirige hacia fuera durante la supinación, y hacia dentro durante la pronación.

A continuación desarrollamos los valores de amplitud de movimiento (Taboadela, 2007).

Antebrazo		**Muñeca**	
Supinación	0-80°/90°	Flexión	0-80°
		Extensión	0-70°
Pronación	0-80°/90°	Desviación Radial	0-20°
		Desviación Cubital	0-30°

1.1.5 *Musculatura de la muñeca*

En la muñeca se encuentran los tendones de los músculos motores que forman un verdadero enjaulamiento articular. Se trata fundamentalmente de los músculos extrínsecos de los dedos, responsables de la movilidad y estabilidad de la mano.

En una visión anterior se observan los siguientes músculos:

- **Bíceps braquial**

  Inserción proximal: dividida en dos porciones

  Porción corta: en la apófisis coracoides del omóplato

Porción larga: tubérculo supraglenoideo del omóplato, el tendón pasa por dentro de la articulación del hombro y desciende por la corredera bicipital.

Inserción distal: tuberosidad bicipital del radio.

Acción: flexor de hombro, flexor de codo y supinador del antebrazo.

Inervación: Nervio musculocutáneo, rama terminal de plexo braquial.

- **Flexor radial del carpo (palmar mayor)**

Inserción proximal: cara anterior de la epitróclea del húmero.

Inserción distal: cara anterior de la extremidad superior (base) del segundo metacarpiano.

Acción: flexor y abductor de la muñeca

Inervación: nervio mediano, rama terminal del plexo braquial.

- **Palmar largo (palmar menor)**

Inserción proximal: cara anterior de la epitróclea del húmero.

Inserción distal: ligamento anular anterior del carpo.

Acción: flexor de muñeca.

Inervación: nervio mediano, rama terminal del plexo braquial.

- **Flexor cubital del carpo (cubital anterior)**

Inserción proximal: dividido en dos fascículos

Cara anterior de la epitróclea del húmero

Parte interna del olécranon del cúbito (ulna)

Inserción distal: en el hueso pisiforme , primera fila del carpo.

Acción: flexor y aductor de muñeca.

Inervación: nervio cubital, rama terminal del plexo braquial.

En una visión posterior se identifican los siguientes músculos:

- **Extensor cubital del carpo (cubital posterior)**

Inserción proximal: cara posterior del epicóndilo del húmero.

Inserción distal: cara posterior de la extremidad superior (base) del quinto metacarpiano.

Acción: extensor y aductor de muñeca.

Inervación: nervio radial, rama terminal del plexo braquial.

- **Extensor radial largo del carpo (Primer radial externo)**

Inserción proximal: borde externo del húmero, por debajo del supinador largo.

Inserción distal: cara posterior de la extremidad superior (base) del segundo metacarpiano.

Acción: extensor y abductor de muñeca.

- **Extensor radial corto del carpo (Segundo radial externo)**

  Inserción proximal: cara posterior del epicóndilo del húmero y ligamento lateral externo del codo.

  Inserción distal: cara posterior de la extremidad superior (base) del tercer metacarpiano.

  Acción: extensor de muñeca.

  Inervación: ambos están inervados por el nervio radial, rama terminal del plexo braquial.

En una visión lateral se identifican los siguientes músculos:

- **Supinador Corto**

  Inserción proximal:

  Fascículo cubital: borde posterior de la cavidad sigmoidea menor del cúbito, rodeando desde este punto al radio;

  Inserción distal: cara externa del radio, por debajo del cuello.

  Acción: supinador del antebrazo.

  Inervación: Nervio radial, rama terminal del Plexo Braquial (ramo interóseo posterior)

- **Pronador redondo**

  Inserción proximal: dividido en dos fascículos en la cara anterior de la epitróclea del húmero; en el borde interno de la apófisis coronoides del cúbito;

  Inserción distal: parte media de la cara externa del radio.

  Acción: pronador del antebrazo.

  Inervación: Nervio Mediano, rama terminal del Plexo braquial.

- **Pronador cuadrado**

  Inserción proximal: cara anterior y borde anterior del cúbito;

  Inserción distal: cara anterior y borde anterior del radio;

  Acción: Pronador del antebrazo.

  Inervación: Nervio Mediano, rama terminal del Plexo braquial. (ramo interóseo anterior)

Desde una visión del borde interno de la muñeca se observan:

- Los tendones de los músculos **flexor y extensor cubital del carpo**, los cuales delimitan la apófisis estiloides cubital.

Mientras que el borde externo, se identifican:

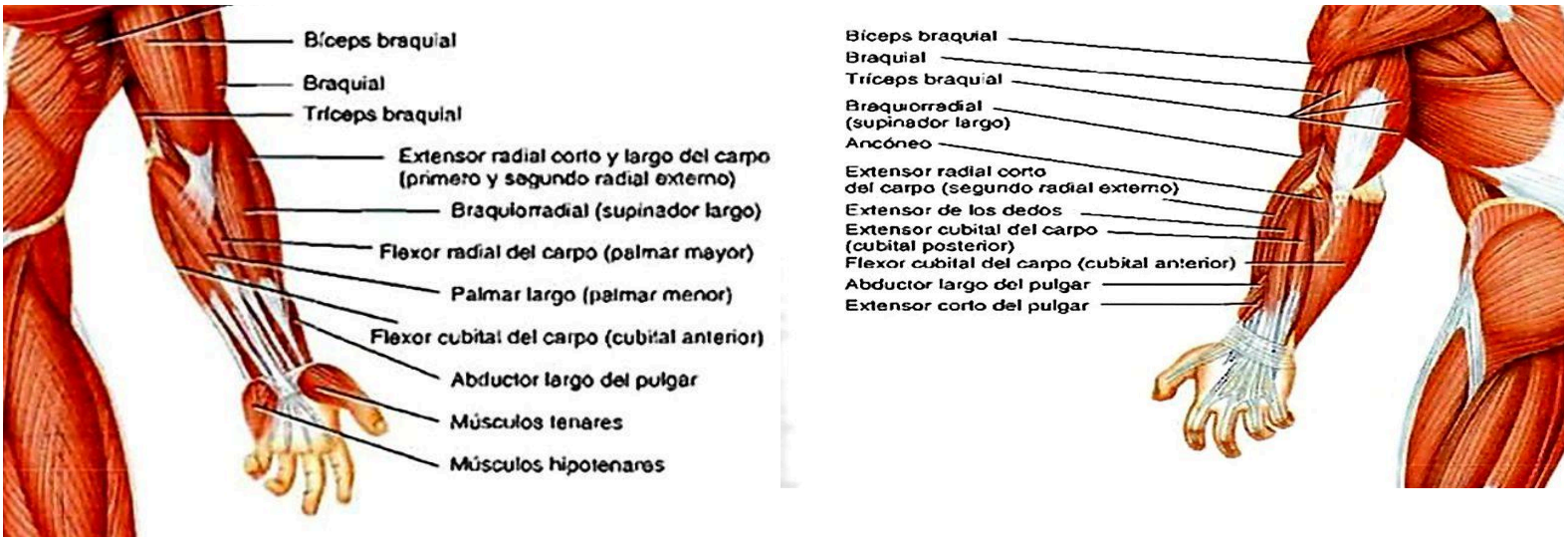
- Los tendones de los **extensores radiales del carpo, del abductor largo del pulgar y de los extensores corto y largo del pulgar;** estos músculos, junto con los extensores radiales

del carpo, delimitan la apófisis estiloides radial. El tendón del extensor largo del pulgar constituye el límite posterior de la tabaquera anatómica, mientras que los tendones del abductor largo y del extensor corto del pulgar forman su límite anterior.

Los músculos motores de los dedos alcanzan su máxima eficacia en la posición funcional de la muñeca, que consiste en una ligera extensión de 40° a 45° y una inclinación cubital (aducción) de aproximadamente 15°. Esta posición favorece una prensión adecuada y eficiente de la mano.

Fig.3.

Musculatura de MMSS vista anterior y posterior.



(A) **(B)**

***Nota*. A)** Vista anterior. **B)** Vista posterior. Tomado de *Principios de anatomía y fisiología* (11.ª ed., pp. 338–339), por G. J. Tortora y B. H. Derrickson, 2006, Editorial Médica Panamericana.

1.1.6 *Vascularización de la muñeca*

Las articulaciones reciben su irrigación y drenan hacia los vasos adyacentes. Las arterias proceden de los grandes troncos, los que se ramifican y anastomosan formando *círculos periarticulares*. (Latarjet & Ruiz Liard, 2004). La vascularización de la muñeca se caracteriza por una densa red anastomótica periarticular, formada por ramas provenientes principalmente de las **arterias radial, cubital y de las arterias interóseas** del antebrazo, que se disponen sobre las dos caras de la articulación. Las **venas,** en cambio, se dividen en **superficiales y** venas **profundas**, según su disposición en relación a la fascia profunda. Ambos sistemas venosos se comunican entre sí por medio de numerosas anastomosis *(Rouvière & Delmas, 2005)*.

1.1.7 *Inervación de la muñeca*

Según Latarjet & Ruiz Liard (2004) la inervación está dada por los nervios periarteriales, y por los nervios propios que poseen las articulaciones, que pueden clasificarse en somáticos o autónomos. Se distribuyen por la cápsula, los ligamentos y la sinovial formando una amplia red; en su terminación presentan corpúsculos sensitivos. Esta amplia distribución confiere a las articulaciones una extrema sensibilidad, por un lado al dolor y por el otro lado a la propiocepción.

El plexo braquial asegura la inervación sensitiva, motora y propioceptiva del miembro superior. Está conformado por los ramos anteriores de los cuatro últimos nervios cervicales (C5, C6, C7, C8) y el primer nervio torácico (T1). A través de sus ramos colaterales y terminales, su constitución anatómica está organizada por troncos conformados por el ramo anterior de C5, después de recibir un ramo comunicante de C4, se une al ramo anterior de C6 para formar el tronco superior, el ramo anterior de C7 constituye por sí solo el tronco medio y el ramo anterior de C8 se une con el de T1 para formar el tronco inferior. Cada tronco se divide en dos ramos, uno anterior y otro posterior; estas divisiones de los troncos se unen para formar tres fascículos: posterior, lateral y medial. El fascículo posterior da origen al nervio radial y axilar, del fascículo lateral surge el nervio musculocutáneo y la raíz lateral del nervio mediano, y del fascículo medial nace la raíz medial del nervio mediano, el nervio ulnar y el nervio cutáneo antebraquial medial. El plexo provee además diez ramos colaterales: anteriores (nervio subclavio, pectoral lateral, pectoral medial), posteriores (nervio supraescapular, dorsal de la escápula, subescapular superior, subescapular inferior y toracodorsal) e inferiores (nervio torácico largo, cutáneo braquial medial)

Podemos concluir, entonces, que el control neurológico de la muñeca se basa en una compleja red de aferencias y eferencias que coordinan el movimiento de la articulación. La inervación motora principal está dada por:

I. **Nervio Mediano**: Palmar Mayor y Palmar Menor

Origen: Está formado por dos raíces, una lateral y otra medial. La raíz lateral nace junto con el nervio músculo cutáneo, del fascículo lateral; la raíz medial constituye el más inferior de los ramos terminales del fascículo medial. Las fibras del nervio mediano proceden de los nervios cervicales sexto y séptimo para la raíz lateral, y del octavo nervio cervical y el primer nervio torácico para la raíz medial.

Trayecto: El nervio mediano atraviesa la parte inferior de la fosa axilar, desciende sobre la cara medial del brazo y surco bicipital medial de la fosa del codo, y alcanza el eje vertical medio del antebrazo. Desciende luego verticalmente a lo largo de la línea media del antebrazo, pasa profundo al retináculo de los músculos flexores y llega a la palma de la mano, donde se dividen sus ramos terminales (Rouvière & Delmas, 2005).

II. **Nervio Cubital:** Cubital Anterior

Origen: Nace el fascículo medial, que termina constituyendo este nervio y la raíz medial del mediano. Sus fibras parten del octavo nervio cervical y del primer nervio torácico.

Trayecto: El nervio cubital desciende en el brazo un poco oblicuamente en sentido inferior y posterior, pasa posterior el epicóndilo medial, se dirige inferior y anteriormente, y discurre en el lado anteromedial del antebrazo hasta el borde lateral del hueso pisiforme. Inferiormente a este hueso, se divide en sus ramos terminales. (Rouvière & Delmas, 2005).

III. **Nervio Radial:** Primer y Segundo radial externo y Cubital Posterior

Origen: Es continuación del fascículo posterior del plexo braquial, después del origen del nervio axilar. Sus fibras proceden de los nervios cervicales sexto, séptimo y octavo y del primer nervio torácico.

Trayecto: Atraviesa verticalmente la parte inferior de la fosa axilar. Una vez alcanza el brazo, se dirige inferior, posterior y lateralmente, y bordea en el surco del nervio radial del húmero la cara posterior del hueso. Discurre luego en el fondo del surco bicipital lateral de la fosa del codo hasta las proximidades de la interlínea articular, donde se dividen sus ramos terminales (Rouvière & Delmas, 2005).

1.1.8 *Propiocepción de la muñeca*

La Propiocepción, es una palabra que deriva del latín, “proprius” (que pertenece a uno mismo) y “cepción” (percibir). En el año 1906 fue aplicada por Charles Scott Sherrington, quien lo aplicó a las sensaciones originadas en áreas profundas del cuerpo humano. Es uno de los sentidos somáticos más importantes, clásicamente, se conocen tres tipos de sentidos somáticos: el dolor (nocicepción), el sentido termorreceptor, y el sentido mecanorreceptor (tacto y propiocepción). La propiocepción se incluye dentro de este último sentido, y engloba la sensación de posición (estática y dinámica) y el control neuromuscular de las articulaciones:

- Sensación de posición estática: proporciona información sobre la posición de una parte del cuerpo respecto a otra. (por ejemplo, si cerramos nuestros ojos,podemos saber cómo se encuentra la posición de nuestra pierna mientras almorzamos).
- Sensación de posición dinámica (o cinestesia): proporciona información sobre la presencia y el grado de movimiento en las articulaciones cuando estas cambian de posición (por ejemplo,correr sin estar pendientes de como colocar la pierna en cada paso).
- El control neuromuscular: hace referencia a la respuesta anticipatoria o inmediata de los músculos de alrededor de una articulación para mantener la congruencia articular de la misma. Existen dos niveles de propiocepción, el consciente o voluntario y el inconsciente o reflejo. El control neuromuscular tiene componentes inconscientes (reflejos y estabilidad), pero además, posee componentes voluntarios (control motor consciente).

El control neuromuscular es posible gracias a las señales aferentes que provienen de órganos sensoriales terminales denominados mecanoreceptores. Estos, están situados en músculos, tendones y estructuras articulares (ligamentos y cápsulas articulares). Las terminaciones nerviosas sensitivas localizadas en estructuras articulares, se clasifican en cuatro tipos, según su morfología y características neurofisiológicas:

- Tipo I: Corpúsculos de Ruffini (terminaciones nerviosas de umbral bajo y que proporcionan información continua sobre la posición articular)
- Tipo II: Vater-Paccini
- Tipo III: Golgi-Mazzoni
- Tipo IV: Terminaciones nerviosas libres (responsables de la transmisión del dolor)

En los músculos encontramos a los husos neuromusculares y, en la unión músculo-tendinosa, se encuentran los Órganos tendinosos de Golgi (Lluch et al., 2015).

En el caso de la muñeca, la propiocepción es necesaria puesto que presenta múltiples grados de libertad y poca congruencia ósea entre sus superficies articulares. Por esto, la estabilidad funcional del carpo depende de la información sensorial, que permite ajustes dinámicos y precisos durante las actividades manuales (María Maite León López, 2012).

Tras una lesión músculo-esquelética, el sistema propioceptivo suele verse alterado, generando un déficit en la información sensorial. Esta alteración repercute directamente en el control motor, generando una menor capacidad de respuesta frente a estímulos externos y una disminución de la estabilidad articular. Para entrenar el sistema propioceptivo existen numerosas técnicas, con el objetivo de reorganizar los patrones neuromusculares, mejorando la coordinación, el equilibrio dinámico y la capacidad de ajuste ante diferentes cargas. Así, se busca reeducar los

mecanorreceptores articulares, ligamentosos y musculares mediante estímulos progresivos. A su vez, trabajar la propiocepción es fundamental para prevenir futuras lesiones, debido a que una articulación con déficit propioceptivo presenta mayor riesgo de recaídas o nuevas lesiones por falta de control segmentario adecuado. (Aycíriex & Verdi, 2014). Todo esto refuerza la importancia de incluir el trabajo propioceptivo en los planes de rehabilitación y por ello, ha formado parte de la Intervención Terapéutica Gradual del presente estudio.

Capítulo 2: FRACTURA DE RADIO DISTAL

2.1 Generalidades.

Se denomina fractura a la interrupción de la continuidad del tejido óseo, causada por un traumatismo directo o indirecto, o por procesos patológicos que debilitan la estructura ósea (Kapandji, 2010). La fractura de radio distal es una de las lesiones más frecuentes en la práctica clínica y una de las que se tratan con mayor frecuencia en el área de rehabilitación. Esto se debe a que suele generar limitaciones en la movilidad activa, además de dolor, edema y otras alteraciones, lo que provoca dificultades en el desempeño de las ocupaciones significativas de la persona. Tras la fractura, los cambios anatómicos que se producen adquieren una gran relevancia clínica y deben ser considerados durante el proceso de recuperación.

La fractura del extremo distal del radio puede asociarse a otras lesiones, como la compresión del nervio mediano, fracturas de los huesos del carpo, roturas ligamentarias intrínsecas o extrínsecas, alteraciones de la articulación radiocubital o lesiones del fibrocartílago triangular, entre otras. Todas estas afecciones influyen de manera significativa en la evolución y recuperación del paciente, y condicionan la estrategia terapéutica a emplear.

2.2 Clasificación.

Fernández (1991) propone una clasificación según el *mecanismo de lesión,* ya que contempla la presencia de lesiones ligamentosas, subluxaciones, y fractura de los huesos del carpo vecinas asociadas, así como daños simultáneos de partes blandas que están directamente relacionados con la calidad y grado de agresión sufrida. Las características biomecánicas de cada fractura dependen del mecanismo de lesión, y por esto podemos clasificar las fracturas del extremo distal del radio en cinco tipos:

- TIPO I: Son fracturas producidas por momentos de inflexión sobre la metáfisis, donde una de las corticales claudica al sufrir el traumatismo, con vectores de distensión y la cortical opuesta, sometida a fuerzas de compresión, presenta cierto grado de conminución (fracturas extraarticulares de Colles o de Smith).
- TIPO II: Fractura por cizallamiento que necesita reducción y frecuentemente apuntalar el segmento articular (Fracturas de Barton, Barton invertido, fracturas de la estiloides radial).
- TIPO III: Fractura por compresión de la superficie articular con impactación del hueso subcondral y esponjoso metafisario. Los términos comúnmente utilizados para estas

fracturas son los de fracturas conminutas intraarticulares, fracturas complejas articulares y fracturas del pilón radial.

- TIPO IV: Fractura por avulsión de las inserciones ligamentosas, donde incluimos a las fracturas estiloides radial y cubitales asociadas con fracturas- luxación radiocarpiana.
- TIPO V: Fractura de alta energía combinando fuerzas de inflexión, compresión cizallamiento, mecanismos de avulsión e incluso pérdida de masa ósea. (Green, Hotchkiss, Pederson, 2007).

Fig.4

Clasificación de Fernandez de fracturas del extremo distal del radio y sus lesiones asociadas.

TIPOS DE FRACTURA EN ADULTOS SEGÚN EL MECANISMO DE LESIÓN	EQUIVALENTE DE LAS FRACTURAS EN NIÑOS	ESTABILIDAD/ INESTABILIDAD: Alto riesgo de desplazamiento secundario tras la reducción inicial	PATRÓN DE DESPLAZAMIENTO	NÚMERO DE FRAGMENTOS	LESIONES ASOCIADAS Ligamentos carpianos, fracturas, nervios mediano y cubital, tendones, fracturas ipsilaterales del miembro superior, síndrome compartimental	TRATAMIENTO RECOMENDADO
Tipo I Fractura por inflexión de la metáfisis	Fracturas distales del antebrazo Salter II	Estable Inestable	No desplazada Dorsal: Colles Volar: Smith Proximal Combinación	Dos fragmentos principales y diversos grados de conminución metafisaria (inestabilidad)	Raras	Conservador (estables) Agujas percutáneas (intra-extrafocales) Fijación externa (excepcionalmente injerto óseo)
Tipo II Fractura por cizallamiento de la superficie articular	Salter IV	Inestable	Dorsal: Barton Radial: chófer Volar: Barton inver. Combinación	Dos partes Tres partes Conminuta	Menos raras	Reducción abierta Fijación con tornillos o placa
Tipo III Fractura por compresión de la superficie articular	Salter III, IV, V	Estable Inestable	No desplazada Dorsal Radial Volar Proximal Combinada	Dos partes Tres partes Cuatro partes Conminuta	Frecuentes	Cerrado conservador con ayuda de visión artroscópica o reducción abierta Agujas percutáneas Fijador externo Fijación interna Placas, injerto óseo
Tipo IV Fractura por avulsión, fractura-luxación radiocarpiana	Muy raras	Inestable	Dorsal Radial Volar Proximal Combinada	Dos partes (estiloides radial, estiloides cubital) Tres partes (margen dorsal, volar) Conminuta	Frecuentes	Reducción abierta o cerrada Fijación con tornillos o agujas Cerclajes de alambre
Tipo V Fracturas combinadas (I-II-III-IV) Fracturas por alta energía	Muy raras	Inestable	Dorsal Radial Volar Proximal Combinada	Conminuta y/o pérdida de masa ósea (con frecuencia articulares, abiertas, rara vez no articulares)	Siempre presentes	Combinación de métodos

A

Nota. Adaptado de Green 's Operative Hand Surgery, Vol. 1.

2.3 Tratamiento quirúrgico y ortopédico de la fractura radio distal.

Tanto en el abordaje conservador como en el quirúrgico, ***la estabilidad anatómica*** de la porción distal del radio es un requisito fundamental para lograr un resultado satisfactorio. La restitución adecuada de la longitud radial es necesaria para obtener una correcta inclinación del radio, así como para conseguir una adecuada reducción de las superficies articulares radiocarpiana

y radiocubital. Otro aspecto relevante en la recuperación de una fractura distal del radio es la marcada ***inestabilidad existente entre las superficies articulares***. Sin el soporte de las estructuras ligamentarias, esta inestabilidad conduciría al colapso articular.(Cantello Téllez, 2020). Por ello, resulta fundamental realizar una valoración exhaustiva, una ***exploración adecuada de los signos clínicos y de las condiciones generales del paciente (edad, género, ocupación, etc),*** y ***realizar*** los ***estudios complementarios*** correspondientes, esto incluye radiografía (de frente, perfil y oblicuo) y TAC (tomografía axial computada), para un correcto diagnóstico y posterior elección del abordaje basado en la complejidad e inestabilidad del patrón de fractura.

2.4 Tratamiento Ortopédico.

En las fracturas radio distal ***no desplazadas, estables y extraarticulares***, se opta por un abordaje conservador que consiste en la inmovilización ortopédica con yeso cerrado braquipalmar durante 30 días. Pasado ese tiempo, dicho yeso se corta, convirtiéndolo en antebraquiopalmar, liberando el codo. Transcurridos los 45 días se comienza con el proceso de rehabilitación en Terapia Ocupacional, la inmovilización se bivalva y se mantiene durante 15 días más en modalidad quita-pon (se retira para realizar ejercicios y luego se vuelve a colocar). El retiro definitivo de la inmovilización se realiza de manera progresiva,disminuyendo el tiempo de uso de la misma, limitando a los momentos de más riesgo, durante las horas de sueño y para deambular por el exterior.

2.5 Tratamiento quirúrgico.

En las fracturas radio distal ***inestables, desplazadas*** (dorsal o volar), con ***compromiso intraarticular***, ***con desviación a valgo***, ***conminutas y/o del borde estiloideo*** se opta por un abordaje quirúrgico.

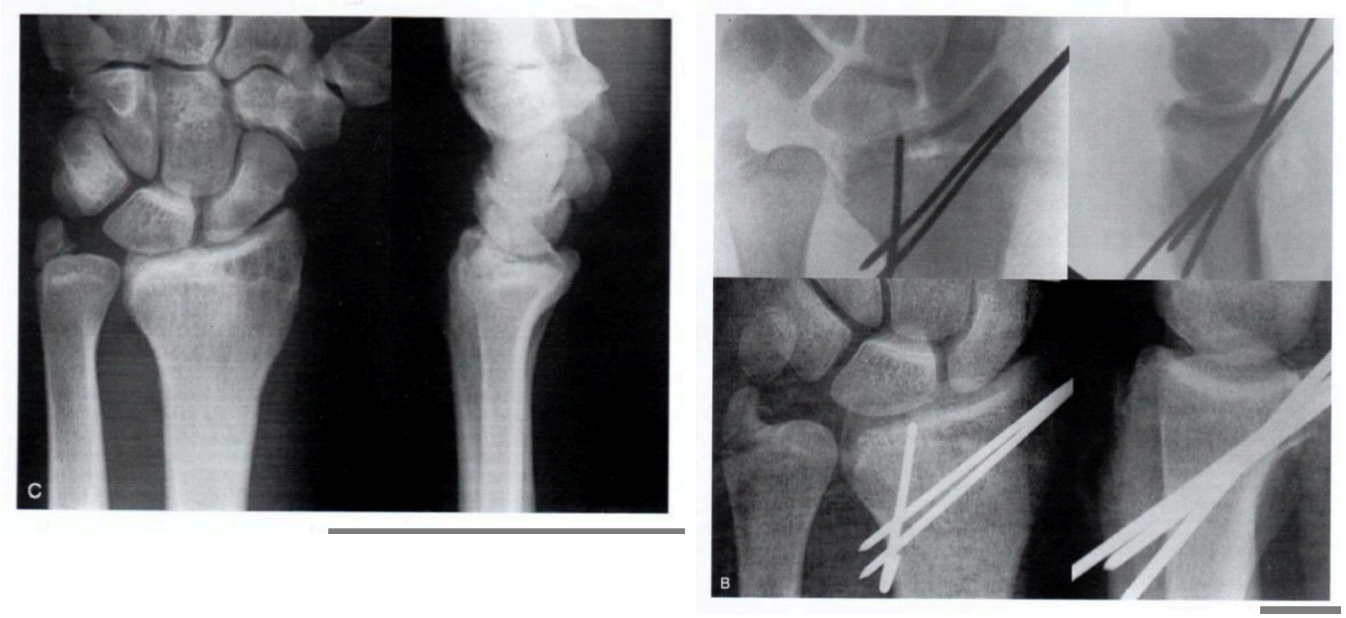
La osteosíntesis es la técnica quirúrgica que se utiliza para la reducción y estabilización de los fragmentos del hueso en una posición adecuada. Dentro de esta técnica, existen dos métodos de reducción y de fijación. Por un lado, la ***reducción cerrada con fijación extern***a, la cual implica la alineación de los fragmentos sin abrir el foco de fractura, estabilizando mediante agujas de Kirschner, tornillos canulados o sistemas de fijación externa (Putnam & Seitz, 2001) (Fig.5). Por otro lado, la ***reducción abierta con fijación interna*** consiste en abrir el foco de fractura para la colocación de dispositivos de osteosíntesis como placas, tornillos, agujas o clavos (Fig 6). Se indica en pacientes activos con una calidad ósea aceptable, cuando no puede conseguirse una restauración de la superficie articular por medios cerrados de manipulación (Fernández & Wolfe, 2007). Finalizada la cirugía, se indica el uso de una valva inmovilizadora por dos semanas además

de un cabestrillo. Transcurrido ese tiempo, se deriva a la persona al servicio de Terapia Ocupacional, en donde la férula se retira al momento de la sesión y al finalizar la misma, debe ser colocada nuevamente.

En la presente investigación, la muestra seleccionada incluyó personas intervenidas con un abordaje quirúrgico de reducción abierta y fijación interna mediante placas en T con tornillos bloqueados. Se utilizaron, en algunos casos, métodos complementarios de estabilización como agujas de Kirschner (percutáneas o subcutáneas)

Fig 5.

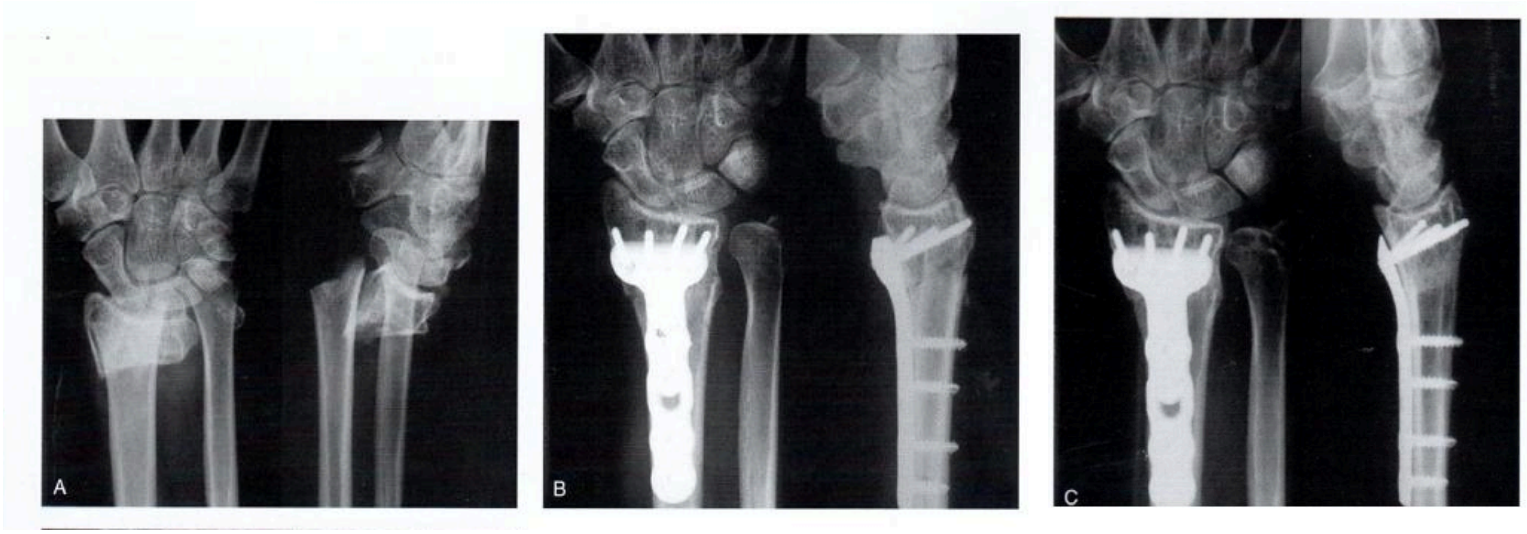
Fractura inestable con desplazamiento dorsal, tratada mediante reducción cerrada, agujas intrafocales e inmovilización con yeso durante 5 semanas.



Nota. Traducción y adaptación de la versión original en inglés publicada en *Green 's Operative Hand Surgery* (Vol. 1, pág. 663, Fig. 16.26)

Fig.6

Radiografías de fractura de radio distal



Nota. A) Fractura distal de radio no articular desplazada. B) Control postoperatorio tras reducción abierta y fijación interna con placa volar de ángulo fijo. C) Resultado al año sin acortamiento radial. Cuadro de elaboración propia. Traducción y adaptación de la versión original en inglés publicada en *Green 's Operative Hand Surgery* (Vol. 1, pág. 680, Fig. 16.42)

Capítulo 3: TRATAMIENTO DE REHABILITACIÓN DE TERAPIA OCUPACIONAL

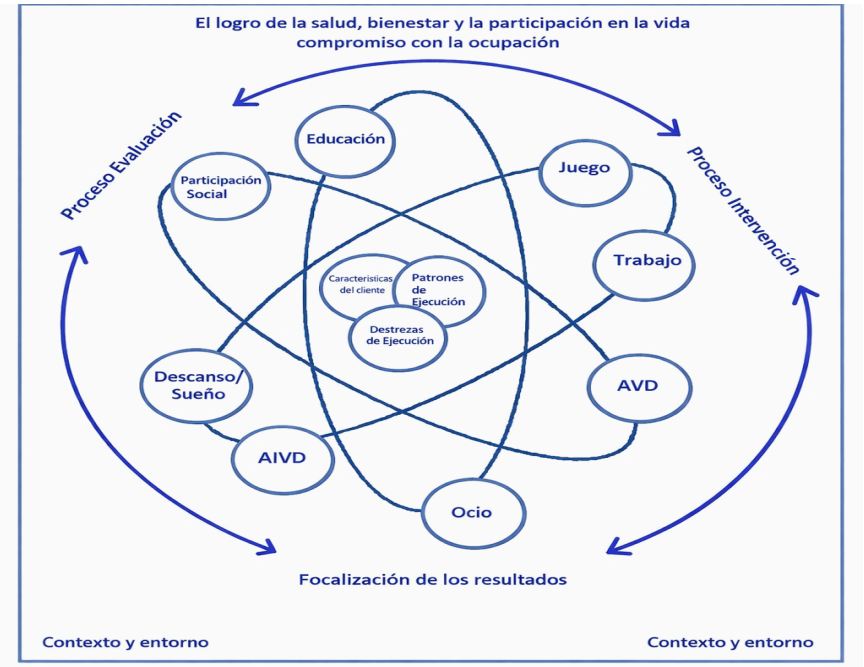
3.1 Perspectiva desde Terapia Ocupacional.

La terapia ocupacional se sustenta en la comprensión de la ocupación como un componente esencial para la vida humana. Desde esta perspectiva, se reconoce que las personas poseen una naturaleza intrínsecamente ocupacional y que la participación en ellas resulta fundamental tanto para el individuo como para el desarrollo de la vida social y cultural. Como Hooper and Wood (2019), establecieron: *"...una suposición filosófica fundamental de la profesión es que, en virtud de nuestra dotación biológica, las personas de todas las edades y habilidades requieren una ocupación para crecer y prosperar; al buscar una ocupación, los humanos expresan la totalidad de su ser, una unión mente-cuerpo-espíritu. Como la existencia humana no podría ser de otra manera, la humanidad es, en esencia, ocupacional por naturaleza"* (p. 46).

La ocupación constituye el medio a través del cual el sujeto organiza, regula y da equilibrio a su vida cotidiana, adquiriendo un significado particular según sus necesidades, intereses y contexto. La ocupación comprende desde las actividades de la vida diaria (AVD) las cuales son el componente principal del rol de mantenimiento, hasta las actividades instrumentales de la vida diaria (AIVD), el manejo de la salud, el descanso y sueño, la educación, el trabajo, el juego, el ocio y la participación social, todo ello permite el desarrollo de la autonomía personal (Polonio López, 2015).

En esta línea, a través de la ocupación, las personas asumen roles, generan sentido de pertenencia y configuran su identidad ocupacional, entendida dentro del Modelo de Ocupacion Humana como la interacción dinámica entre la persona, su entorno y sus patrones de participación ocupacional (Fig.7)(Gary Kielhofner, 2004)

Fig. 7 Dominio y Proceso



Nota. Tomado del *Marco de Trabajo para la Práctica de Terapia Ocupacional: Dominio y Proceso* (3ª ed., p. 29), Asociación Americana de Terapia Ocupacional, 2014. Traducción de la Universidad Mayor, 2015.

3.1.1 *El juego como recurso terapéutico*

Los componentes de la Terapia Ocupacional, se subdividen en: ocupaciones, factores del cliente, habilidades de desempeño, patrones de desempeño y, contextos y entornos. Los contextos y entornos pueden ser culturales, personales, físicos, sociales, temporales y virtuales. Este último, permite que la persona ejecute movimientos y desarrolle habilidades motoras, de procesamiento e interacción social, las cuales forman parte de las habilidades de desempeño (AOTA, 2014). En este sentido de contexto y entorno virtual es que los juegos funcionan como recurso terapéutico en Terapia Ocupacional (AOTA, 2014).

El juego es una ocupación que se define como *"Cualquier actividad organizada o espontánea que proporcione disfrute, entretenimiento y/o diversión"* (Parham Fazio, 1997, p. 252), según el marco de trabajo para la práctica de Terapia Ocupacional. Desde la disciplina, el juego se concibe como una ocupación, y como un recurso terapéutico. Este último, es definido como cualquier dispositivo utilizado para promover la independencia y la autonomía en las actividades significativas de los individuos (Nascimento & Araújo de Carvalho, 2022).

El uso de la Realidad Virtual como recurso está creciendo en diversas áreas, especialmente en el ámbito de la salud y de la rehabilitación física. Se trata de una herramienta que motiva al paciente, favoreciendo que dé lo mejor de sí mismo durante la realización de las actividades (Nascimento & Araújo de Carvalho, 2022).

La consola de videojuegos Nintendo Wii, incluida en nuestro estudio, puede ser utilizada por terapeutas ocupacionales como recurso terapéutico en el tratamiento de distintas condiciones clínicas, como lo demuestra el estudio de Moraes et al. (2016), que analizó 15 minijuegos de esta consola y Silva (2013), que presentó un estudio sobre el uso y los beneficios de los juegos de Nintendo Wii, en la mejora del equilibrio postural y el control postural de adultos mayores sanos. Mientras que Glännfjord F. et al. (2016), investigaron la percepción de los participantes sobre el juego Wii Sports Bowling, un juego de bolos de Nintendo Wii. Los adultos mayores consideraron que el juego era fácil y agradable de utilizar. En comparación con los bolos reales, los participantes prefirieron la versión virtual, ya que en el entorno digital no era necesario sostener una bola de bolos, lo que requeriría un mayor esfuerzo físico. Además, podían jugar sentados o de pie, lo que les brindaba mayor libertad. Se observó que los adultos mayores esperaban con entusiasmo el momento de jugar. En ocasiones competían entre sí y, en otras, se mostraban relajados.

A partir de la información recabada a través de esta investigación y de la bibliografía anteriormente mencionada, concluimos que el juego convoca a las personas a otro encuadre terapéutico, más motivador, dinámico, entretenido y novedoso. En los estudios mencionados en este apartado, se observó que los juegos de realidad virtual estimulaban múltiples habilidades motoras y cognitivas en las personas, entre ellas la fuerza muscular, el equilibrio, la memoria y la atención visoespacial.

Destacamos la importancia de reivindicar el juego como recurso terapéutico, como así también, seguir impulsando desde la terapia ocupacional a utilizar juegos innovadores, como lo es la realidad virtual inmersiva o no inmersiva.

3.2 Terapia Ocupacional en MMSS y Mano.

En el ámbito de la rehabilitación física, se destaca que la ocupación y el uso de la actividad constituyen herramientas terapéuticas esenciales, ya que permiten no solo la recuperación de funciones motoras sino también la reorganización del desempeño ocupacional tras la lesión. En este sentido, el uso propositivo de actividades significativas favorece la recuperación progresiva de la función, la adaptación a las limitaciones y la reintegración a los roles cotidianos (Polonio López, 2015). Siguiendo la línea y naturaleza de estos autores, si bien los objetivos terapéuticos en el área de la traumatología se centran en mejorar el nivel de dolor, aumentar la amplitud articular, y el

grado de funcionalidad, entre otros, no se debe perder de eje la naturaleza de la profesión. Los terapeutas ocupacionales de esta área, se centran en estos objetivos con el fin de que la persona retorne a sus actividades significativas de manera independiente. Y que, por consiguiente, logre un proceso de plenitud y bienestar al desempeñar sus actividades de la vida diaria (AVD), sus roles, hábitos, rutinas, etc., que le dan sentido a su vida.

3.3 Plan de tratamiento de Terapia ocupacional en la Clínica de Fracturas y Ortopedia de la Ciudad de Mar del Plata para personas con fractura radio distal operadas.

Este tratamiento representa la base y los lineamientos generales para cumplir los objetivos en el abordaje de personas operadas, los cuales se llevan adelante a través de ejercicios/actividades terapéuticas. Si bien consta de fases, los tiempos son estimativos, flexibilizandose según el perfil y las capacidades y necesidades de la persona. A medida que transcurre el tratamiento, se incorporan nuevos objetivos, manteniendo y reforzando los objetivos de etapas previas.

FASE POST-OPERATORIA (hasta los 15 días)

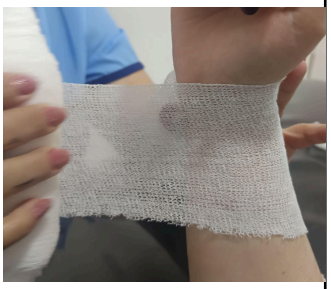
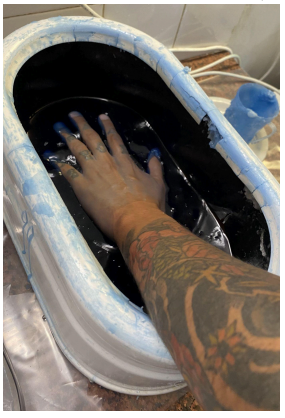
Durante la etapa inmediata post-operatoria, la persona presenta una inmovilización completa. Se le indica:

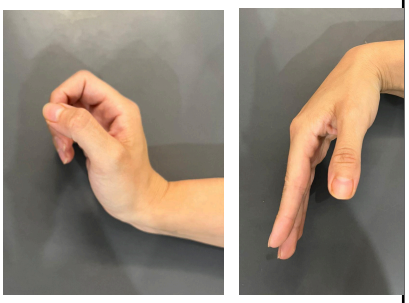
- un correcto posicionamiento,
- movilizaciones de articulaciones libres (hombro, codo, dedos).
- manejo del dolor: analgésico e inflamatorio (a cargo del médico).
- educar al paciente en cuanto a las actividades de la vida diaria: bañarse y ducharse, ir al baño e higiene en el inodoro, vestirse, alimentación, la higiene y arreglo personal,
- cuidado de la inmovilización (indicaciones sobre el uso del cabestrillo),
- indicaciones sobre el descanso y sueño (correcto posicionamiento para dormir).

Es importante destacar que, durante todo el proceso terapéutico se indaga y realiza una escucha activa, acerca de las dificultades de la persona para realizar sus ocupaciones y se ofrecerán indicaciones para aumentar su independencia en las mismas.

FASE 1 (15-30 días)

Aproximadamente a los 15 días de la cirugía se retiran los puntos y el paciente inicia el tratamiento de rehabilitación, retirándose la valva para llevar a cabo los ejercicios durante la sesión terapéutica (Valva quita-pon). Sobre el final de esta fase, se inicia el retiro progresivo de la valva, lo cual implica su uso durante la noche y en los traslados.

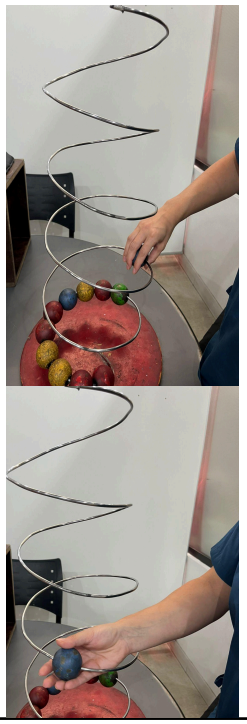
Objetivos de esta fase	Tratamiento	Ejemplos
- Disminuir edema	- Posicionamiento - Ejercicios activos - Masaje Manual para el Edema (MEM) - Vendaje compresivo - Vendaje neuromuscular	- Ejercicio de Bombeo con miembro superior en elevación sobre una cuña grande, Bombeo con puño cerrado seguido de apertura total de la mano, Bombeo con puño en gancho (flexión de IFP e IFD, extensión de MCF). - Vendaje con venda coban,venda de algodón, etc.  - Tape neuromuscular, entre otros. 
- Disminuir el dolor	- Agentes térmicos - Correcto posicionamiento	- Crioterapia - Parafina (sólo cuando la cicatriz está debridada). 

- Acompañar el proceso cicatrizal	- Baño de remolino (48 horas luego de retirado los puntos) - Masaje alrededor de la cicatriz (crema con vitamina A, E y alantoína)	- Lavados con agua tibia, cepillo/esponja quirúrgica y jabón blanco para debridar por 15 minutos.
- Mantener y/o aumentar rangos de amplitud articular activo y pasivo de articulación afectada (flexoextensión y desviaciones radial y cubital) y de articulaciones libres.	- Ejercicios activos libres y activos-asistidos - Movilización pasiva de articulaciones libres - Movilización pasiva de la articulación afectada en el plano de flexoextensión, desviación cubital y radial y masaje sobre la membrana interósea, permitiendo el deslizamiento óseo entre el cúbito y el radio.	- Ejercicios de flexoextensión de muñeca en línea media (sobre la mesa con gel, en cuña con asistencia de miembro superior sano, con uso de conos, pelotas pequeñas.  - Desviación radial y cubital, sobre cuña, antebrazo en posición intermedia, sujetando un cono pequeño, realiza los movimientos de desviación.

FASE 2 (30-45 DÍAS)

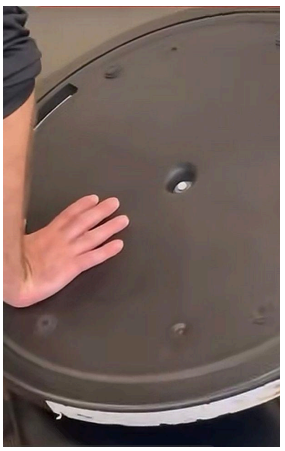
En esta fase, se retira de manera completa la valva, y se comienza a trabajar los movimientos de pronación y supinación del antebrazo.

Objetivo	Tratamiento	Ejemplos
- Aumentar y/o mantener los rangos de amplitud articular activo y pasivo de todos los movimientos de la articulación de la muñeca y el movimiento de pronosupinación del antebrazo.	- Ejercicios activos-asistidos de pronosupinación. - Movilizaciones pasivas en camilla con tolerancia al dolor en todos los planos de movimiento de la muñeca, utilizando también técnicas específicas del Modelo de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva. (KABAT)	- Mediante el uso de conos y ejercitadores. 

- Evitar cicatrices patológicas.	- Masaje - Compresión	- *Hipertrófica o queloide:* compresión con diferentes técnicas como Hidrovenda (estilo Comfeel) o prendas compresivas con planchas de silicona - *Hendida:* técnicas de succión.

FASE 3 (45-60 DÍAS)

Objetivo	Tecnicas y Metodos	Ejemplo
- Fortalecimiento muscular en todos los planos de la articulación de la muñeca.	- Ejercicios resistidos isométricos, excéntricos y concéntricos graduados.	Se utilizan bandas elásticas de diferentes intensidades, pesas de ½ , 1 y 2 kilos y elementos con peso. Imagen 1. Sobre una cuña con el antebrazo en supinación se realiza un trabajo concéntrico de los flexores de la articulación de la muñeca. Imagen 2. Sobre una cuña con antebrazo en pronación se realiza un trabajo concéntrico de los extensores de la articulación de la muñeca. Ambos con una pesa de ½ kilo.  Imagen 1  Imagen 2

- Estimular la propiocepción.	- Ejercitadores estables e inestables.	- Método Perfetti (con el uso de una semiesfera, la persona apoya la palma completa y realiza movimientos en todas las direcciones)  - Sobre una mesa, con el uso de una semiesfera de tamaño grande y una pelota pequeña sobre la misma, la persona coloca ambas palmas en el centro y realiza movimientos controlados de circunducción de muñeca evitando dejar caer la pelota. 

Si la persona manifiesta dificultades sensitivas (hiper/hipo sensibilidad, parestesias), se abordarán durante la fase 2 y 3, mediante el estímulo progresivo de la zona afectada con diferentes texturas y elementos.

FASE PREVIA AL ALTA (90-120 DÍAS)

La persona se encuentra próxima a retornar a sus actividades laborales y deportivas, por lo que durante esta fase, en las sesiones acompañamos la transición trabajando los gestos ocupacionales.

Métodos:

Modelo de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva. (KABAT) (Knott & Voss, 1987).

Utiliza distintas técnicas terapéuticas basadas en la estimulación del sistema propioceptivo y el uso de patrones de movimiento funcionales. Estas técnicas buscan facilitar la respuesta neuromuscular, mejorar la coordinación y recuperar el control motor.

- **Patrones diagonales y en espiral**: movimientos combinados en diagonales tridimensionales, simulan gestos funcionales del cuerpo (ej. alcanzar, girar, lanzar) e involucran varios grupos musculares al mismo tiempo.
- **Estiramiento**: activa el reflejo miotático y facilita la contracción muscular inmediata.
- **Resistencia manual**: aplicada por el terapeuta durante el movimiento, favoreciendo el reclutamiento muscular, la fuerza y los mecanismos de irradiación.
- **Contactos manuales:** el estímulo táctil aplicado por el terapeuta, facilita la guía y orienta el movimiento.
- **Comandos y órdenes**: estimulación verbal por parte del terapeuta, que facilite el esfuerzo voluntario del paciente. Deben ser claras, simples y rítmicas.
- **Compresión y tracción:** estas técnicas estimulan receptores propioceptivos, favoreciendo la estabilidad, los reflejos posturales y el movimiento con el objetivo de aumentar la amplitud articular.
- **Sincronismo normal:** es la activación coordinada y secuencial de los músculos durante un movimiento funcional, integrando componentes proximales y distales
- **Refuerzo**: mecanismo por el cual los músculos más fuertes facilitan la activación de músculos débiles mediante la irradiación del estímulo, aplicando resistencia dentro de patrones cinéticos funcionales o entre distintos segmentos corporales.

Capítulo 4: RECURSOS TERAPÉUTICOS

4.1 Imaginería motora.

A lo largo de los años, se han desarrollado diversas técnicas para el abordaje de personas que han transitado distintos tipos de accidentes, con el objetivo de ir más allá de los tratamientos convencionales. Este proceso ha permitido la incorporación de nuevas y variadas posibilidades terapéuticas, entre las cuales se destaca la imaginería motora. Si bien aún existen más interrogantes que certezas, esta técnica ha abierto un camino significativo que ofrece múltiples recursos y herramientas para los profesionales de la salud.

En la década de 1980, principalmente en el ámbito de la psicología deportiva, la imaginería motora comenzó a utilizarse con el propósito de mejorar el rendimiento deportivo. Su fundamento se centraba en la representación mental de un movimiento dentro de la memoria de trabajo, sin que mediara su ejecución física.

Guillot (2005) define la imaginería motora como un proceso secuencial de rehabilitación compuesto por una serie de ejercicios destinados a aumentar la sinapsis a nivel cortical y a estimular la plasticidad neuronal. Este proceso involucra mecanismos y estructuras cerebrales relacionadas con la observación y la imitación, dando lugar a una operación cognitiva que incrementa la actividad de las neuronas espejo y de otras conexiones neuronales. Asimismo, activa estructuras cerebrales encargadas de la planificación, ejecución y modulación de la acción.

En este sentido, los avances tecnológicos, particularmente los estudios de neuroimagen, han demostrado que cuando una persona imagina un movimiento o la ejecución de una acción dentro de una actividad, se activan patrones neuronales similares a los que se ponen en funcionamiento durante la ejecución real. Este hallazgo resulta de suma importancia, ya que aporta un sustento científico en este tipo de abordaje. A su vez, diversas investigaciones desarrolladas a lo largo del tiempo han permitido una mayor comprensión de su funcionamiento en personas que presentan dolor, discapacidades funcionales o disminución del rango de movimiento, entre otras condiciones. Estos avances dieron lugar a la exploración del rol de las neuronas espejo y al desarrollo de otros abordajes terapéuticos, como la terapia de espejo, la observación de la acción y la realidad virtual en sus modalidades inmersiva, semi-inmersiva y no inmersiva.

Existen diversos tipos de representación motora:

I. Imaginería motora implícita, discriminación de lateralidad:

La persona debe decir por ejemplo, al observar imágenes con manos, si se trata de la mano derecha o la mano izquierda, esto se cronometra y se anota tanto aciertos como errores. Se le denomina implícita, ya que la persona no es consciente de que está imaginando el movimiento. Se recomienda comenzar por aquí, ya que, desde la explicación neurofisiológica, la imaginería motora implícita activa la corteza premotora, que es importante en la planificación del movimiento, y envía estímulos a las células de la corteza motora primaria sin llegar a activarla, por lo tanto, si se activa la corteza premotora hay bajas probabilidades que la persona experimente dolor. El objetivo de este tipo de imaginería es estimular la red cortical implicada en el proceso sensoriomotor sin llegar a activarla.

En el año 2018, Rubio-Oyarzún, et al., realizaron un programa de rehabilitación de seis semanas en el cual aplicaron lateralidad e imaginería motora en cincuenta pacientes con ruptura masiva de manguito rotador, a la vez que los mismos realizaban la rehabilitación física convencional. Los resultados fueron favorables, y se registraron mejoras con respecto a la funcionalidad del hombro, el dolor, y aumento del rango de movimiento activo. Los investigadores concluyeron en que es importante incorporar este tipo de abordaje en protocolos de rehabilitación ortopédica.

II. Imaginería motora explícita:

Se denomina así ya que la persona es consciente de que está realizando una representación mental del movimiento sin movimiento real corporal. Se recrean experiencias motoras en la mente, este tipo de imaginería estimula la corteza motora primaria. A la vez, podemos dividirla en dos subtipos:

A) Imaginería motora visual o externa: la persona visualiza la acción en primera persona (cámara GoPro) o en tercera persona (observación externa).

B) Imaginería motora kinestésica o interna: se le solicita a la persona que imagine sensaciones kinestésicas del movimiento (apoyo, fuerza, movilidad, fatiga etc.) con ella podemos trabajar rangos, cargas, propiocepción, etc.

El autor Hetu, en el año 2013, consideró que se debían elegir el máximo número de tareas que estén en el repertorio de la persona, las tareas que sean más familiares para él (a más familiaridad más solapamiento entre imaginería motora y ejecución de acción), cuanto más variables sean mejor (ejercicios de equilibrio, impacto) y que sean tareas transitivas (el uso de objetos da sentido al movimiento).

III. Estimulación de neuronas en espejo, terapia de espejo:

En la presente investigación existe un apartado sobre la técnica específica.

Si bien no existe un protocolo universal, la gran mayoría de estudios en los diversos portales de información, exponen primero un momento de relajación, donde la persona conecta con su cuerpo, el espacio, y emociones, y un segundo tiempo, en donde a través de una orden verbal o un estímulo externo (en el caso de la investigación presente, son audios sensoriales) la persona imagina y obtiene una representación mental de diversos movimientos, ya sea relacionado con su vida cotidiana o los ejercicios realizados en otras sesiones de rehabilitación. Además, se piensa en conjunto con la terapia convencional, no se ha utilizado ni pensado hasta el momento el abordaje exclusivamente solo.

Page et al, en el 2007, citan que la práctica mental puede aumentar el uso del brazo afectado, y provoca una reorganización cerebral: se reclutan nuevas áreas corticales para ayudar a mover el brazo afectado. Esto indirectamente se relaciona con la neuroplasticidad, definida como **"***la capacidad del sistema nervioso para cambiar su estructura y función a lo largo de la vida, como resultado de la experiencia, el aprendizaje o tras una lesión*" (Pascual-Leone, A., et al, 2005).

En una investigación realizada en el año 2018, por D. García carrasco y J. Aboitiz Cantalapiedra, concluyen en que la Imaginería motora o la Práctica mental como la describen los autores, es eficaz cuando se realiza con fisioterapia convencional permitiendo la rehabilitación funcional de miembro superior, la recuperación de las actividades y habilidades diarias. Así mismo García- Pascual, en el año 2021, concluye en su investigación que hay mejoras con respecto a las aptitudes físicas, que se pueden atribuir al desarrollo y perfeccionamiento de la representación interna de las tareas por la activación cerebral que supone el entrenamiento con imaginería motora. Por ello, este tipo de abordaje se comienza a pensar, como una buena opción de intervención ante situaciones en donde la persona se encuentra imposibilitada para comenzar a realizar ejercicios, que demanden el movimiento activo de alguna parte del cuerpo recientemente intervenida.

Por otro lado, pocos estudios demuestran el beneficio de aplicar la imaginería motora en el área de Traumatología en miembro superior, algunos artículos arrojan resultados favorables con respecto al rango articular, el dolor, la fuerza, y la función. Como el realizado en el año 2019 por E. Prado Robles, y J.A. Delgado Gil, en el cual analizaron cuatro ensayos clínicos que arrojaron una mejoría con respecto al uso de este tipo de abordaje en el periodo de inmovilización o en la etapa posquirúrgica.

4.2 Terapia de espejo.

La terapia de espejo (TE) comenzó a utilizarse en los procesos de rehabilitación durante la década de 1990, inicialmente para el manejo del dolor del miembro fantasma en pacientes amputados. Fue desarrollada por Ramachandran y Rogers en 1998, quienes describieron la reducción del dolor mediante la creación de una ilusión visual del movimiento del miembro ausente. Posteriormente, esta técnica fue incorporada a la rehabilitación del accidente cerebrovascular (ACV). En la actualidad, la evidencia científica respalda su aplicación no solo en adultos con ACV, sino también en niños con parálisis cerebral, entre otras condiciones neurológicas.

La terapia de espejo se basa en dos principios derivados de la práctica mental. El primero corresponde a la generación de imágenes internas, en las que el individuo realiza una simulación mental del movimiento; el segundo se relaciona con imágenes externas, obtenidas a partir de la observación del movimiento realizado por otra persona o por segmentos del propio cuerpo. Ambos principios cumplen un rol fundamental en la adquisición de nuevas habilidades motoras (Carvalho et al., 2013).

Desde el punto de vista metodológico, la TE consiste en realizar movimientos con la extremidad no afectada mientras el paciente observa su reflejo en un espejo colocado de forma parasagital, ocultando la extremidad comprometida. De este modo, se genera una ilusión visual de movimiento normal en el miembro afectado, lo que produce una percepción de mejora en su capacidad funcional (Cepeda-Vega & Gómez-Blanco, 2019). Esta retroalimentación visual aporta múltiples beneficios, entre ellos el entrenamiento motor bilateral y la estimulación de la reorganización funcional cerebral (Kang et al., 2011; Kim & Shim, 2015; Lim et al., 2016). Además disminuye el nivel de dolor, se reactiva la actividad motora, disminuye el síndrome de heminegligencia y mejora la ejecución de las actividades de la vida cotidiana. (Gállego Murillo et al., 2023).

Según Gállego Murillo et al. (2023), hay tres formas de utilizar la Terapia de Espejo:

1- Imaginado: mientras observa en el espejo el movimiento del miembro no afectado, imagina que mueve el miembro afectado.

2- Guiado: el terapeuta moviliza pasivamente el miembro afectado para sincronizarlo con el movimiento del miembro no afectado mientras la persona mira el espejo.

3- Bilateral: se observa en el espejo los movimientos del miembro no afectado y se intenta mover activamente de forma sincronizada el miembro afectado.

Además, los autores proponen en fases avanzadas realizar manipulación de objetos en el espejo, como por ejemplo, tomar un vaso, etc.

En la presente investigación, el recurso se utilizó progresivamente. En un primer momento, se realizaron actividades de baja complejidad para estimular la imaginación a través de la utilización de la mano sana y el reflejo, para luego continuar las sesiones con actividades bilaterales.

4.2.1 *Neuronas Espejo*

El sustento neurofisiológico de la terapia del espejo se vincula estrechamente con la activación de las neuronas espejo, las cuales han sido asociadas a diversos comportamientos humanos, tales como la imitación, el aprendizaje de nuevas habilidades, la teoría de la mente y la comprensión de las intenciones ajenas. Estas neuronas permiten transformar la información visual observada en representaciones motoras, participando activamente en los procesos de aprendizaje motor, desde movimientos simples hasta ejecuciones progresivamente más complejas y precisas (Cepeda-Vega & Gómez-Blanco, 2019). Fueron descubiertas en 1996 por el neurobiólogo Giacomo Rizzolatti, quien identificó un grupo de neuronas capaces de activarse tanto durante la ejecución de una acción como durante la observación de acciones, sensaciones o emociones realizadas por otros, posibilitando así la internalización y comprensión de la experiencia ajena.

Una neurona espejo es una célula del sistema nervioso que se activa tanto durante la ejecución de una acción como al observar a otro individuo realizarla. En este último caso, la neurona replica internamente la actividad neural asociada al movimiento observado, generando una respuesta cerebral equivalente a la de la acción propia, aunque sin manifestación conductual externa (Larocca, s. f).

Diversos estudios neurofuncionales han demostrado que durante la observación de movimientos se activan las mismas áreas corticales involucradas en su ejecución, tales como la corteza somatosensorial, la corteza premotora y motora primaria, el área motora suplementaria, el cerebelo y los ganglios basales. La observación del reflejo del movimiento genera una activación adicional del hemisferio contralateral a la extremidad percibida, incrementando la excitabilidad cortico-muscular del lado afectado, lo cual repercute directamente en la recuperación motora (Aguilera, Zafra & Ibacache, 2013; Hyung et al., 2017). Algunos autores sostienen que la corteza motora primaria puede activarse únicamente mediante la observación del movimiento reflejado, sin necesidad de ejecutar físicamente la acción, lo que refuerza su carácter de práctica mental. A diferencia de otras intervenciones, la terapia del espejo permite al paciente participar activamente en el control de sus movimientos, favoreciendo la recuperación de la función motora (Cepeda-Vega & Gómez-Blanco, 2019).

El uso del espejo como herramienta de retroalimentación visual se apoya en la integridad del sistema sensorial, el cual posibilita el acceso y reclutamiento de circuitos neuronales latentes en distintas regiones cerebrales. Se ha descrito que las neuronas espejo representan aproximadamente el 20% de las neuronas del cerebro humano y cumplen un rol clave en la reconstrucción de la lateralidad y en la integración de la información somatosensorial asociada a la acción observada y ejecutada (Ramírez-Mansilla, 2016; Cepeda-Vega & Gómez-Blanco, 2019).

4.2.2 *Método Perfetti*

Dentro de la Intervención Terapéutica Gradual del presente estudio, se implementa el Ejercicio Terapéutico Cognoscitivo (ETC) también conocido como método perfetti, en conjunto con la terapia de espejo. Es una estrategia de neurorehabilitación creada por Carlos Perfetti en los años 70 basada en los principios neurocognitivos. Inicialmente, se enfocó en la terapia de mano por su complejidad sensorial y motora, pero con el tiempo evolucionó hacia un abordaje más global del miembro superior, incorporando la planificación y ejecución progresiva del movimiento dentro de las tareas funcionales. Con el tiempo se convirtió en un método funcional global centrándose en el control progresivo del movimiento, priorizando una rehabilitación gradual, que abarca tanto la exploración como la planificación y ejecución de los movimientos. De este modo, favorece la recuperación de la función motora del miembro superior e integra patrones funcionales que junto con los procesos cognitivos permiten realizar de forma adecuada tareas específicas o previamente planificadas (Diaz Castro & Rodriguez Lopez, 2019). El objetivo de este método es conseguir funciones motoras utilizando información aferente de tipo propioceptiva y/o táctil principalmente. La investigación realizada en el año 2022, por D Amico, L., y Verón, F., " El ejercicio Terapéutico Cognoscitivo: Método Perfetti aplicado en fractura de muñeca" se propuso caracterizar los efectos del ETC en personas operadas de fractura de radio distal de entre 20 y 61 años de edad, que concurren al servicio de Terapia Ocupacional de la Clínica de Fracturas y Ortopedia. Como conclusión, 8 de 9 personas tuvieron resultados positivos en cuanto a fuerza muscular, amplitud articular y nivel de dolor, un 99% aumentaron su nivel de funcionalidad según el Quick Dash. Por consiguiente, el método impacta favorablemente en la segunda fase del proceso de recuperación en pacientes operados de fractura radio distal.

4.3 Realidad virtual no inmersiva.

La realidad virtual (RV) ha surgido en ámbito de la rehabilitación como un abordaje alternativo y complementario al tratamiento convencional, con el objetivo de promover el entrenamiento de habilidades motoras mediante la realización de tareas funcionales y movimientos repetitivos en entornos virtuales estimulantes. En los últimos años, se ha incrementado la investigación sobre el impacto de estas tecnologías en el campo de la neurorehabilitación,

evidenciándose beneficios en las funciones motoras, cognitivas y psicológicas de los pacientes. En función del nivel de interacción e inmersión del usuario, la RV se clasifica en tres tipos: no inmersiva, semi-inmersiva y totalmente inmersiva (Trincado-Alonso et al., 2014).

El objetivo de la RV es crear una sensación de inmersión dentro del entorno simulado para que el comportamiento del paciente durante el juego se parezca lo más posible al que tendría en el mundo real. Esta tecnología consiste en la generación por un sistema informático de un entorno simulado, ya sea real o imaginario, con el que el usuario puede interactuar a través de diversos dispositivos tales como un teclado, ratón u otros dispositivos hápticos más complejos (Trincado-Alonso et al., 2014).

Existen diferentes tecnologías de captura de movimiento que posibilitan la transferencia de los movimientos reales del paciente al entorno virtual. Una de ellas es la tecnología de medición inercial (IMU) como sistemas de captura de movimiento para aplicaciones de RV, los cuales presentan múltiples ventajas, como su tamaño reducido, bajo peso, resistencia a interferencias ambientales y facilidad de uso (Trincado-Alonso et al., 2014). El grado de presencia o la sensación de estar físicamente en el entorno que experimenta el paciente depende directamente del nivel de interacción y del grado de inmersión que ofrece el sistema.

4.3.1 *Incorporación en rehabilitación física*

La realidad virtual (RV) ofrece numerosas ventajas y constituye una herramienta de gran valor para los terapeutas ocupacionales ya que esta tecnología permite llevar a cabo una amplia variedad de actividades con distintos niveles de intensidad y dificultad, pudiendo objetivar los logros alcanzados a tiempo real. De este modo, se convierte en un recurso eficaz para analizar tanto la calidad como la magnitud del progreso del paciente. Asimismo, este enfoque favorece el aumento de la motivación, mientras que la obtención de datos objetivos y precisos facilita un seguimiento continuo de la evolución.

En el ámbito de la neurorrehabilitación, la RV se sustenta en los principios del aprendizaje motor, ya que posibilita un entrenamiento intensivo orientado a objetivos, manteniendo el interés del paciente y proporcionando retroalimentación multisensorial. Además, su implementación en el entorno clínico se ha visto impulsada por la aparición de sensores de movimiento procedentes de sistemas de videojuegos de bajo coste, más accesibles que las tecnologías de rehabilitación tradicionales, como el sistema Kinect para Xbox® de Microsoft, el PlayStation Move® de Sony y la Nintendo Wii®, empleada en este estudio.

En conjunto, la tecnología de RV amplía la gama de tareas terapéuticas, permite la automatización y cuantificación parcial de los procedimientos clínicos y potencia la motivación del paciente mediante la evaluación y la recompensa inmediata de las actividades realizadas.

4.3.2 *Nintendo Wii*

En el contexto de la presente investigación, se utilizó la consola Nintendo Wii como dispositivo de realidad virtual no inmersiva para la rehabilitación de personas con fractura radio distal posquirúrgica. Lanzada por Nintendo en 2006, esta consola de videojuegos revolucionó la forma de interacción al introducir controles basados en el movimiento físico del usuario, superando el uso exclusivo de botones tradicionales.

El dispositivo principal, conocido como Wii Remote o Wiimote, combina botones físicos con un acelerómetro interno y un sensor infrarrojo que, en conjunto con una barra de sensores externa, permite detectar la orientación, dirección y posición del control en el espacio. Esta tecnología posibilita que los movimientos del usuario se traduzcan en acciones virtuales dentro del entorno del juego. Además, el accesorio Nunchuck, conectado al Wiimote, incorpora un joystick y un acelerómetro adicionales, lo que permite un control más preciso y multidimensional (Copetti, s.f.). A través del Wii Remote y sus sensores de movimiento, es posible registrar y analizar con precisión los movimientos de las extremidades superiores, así como evaluar la coordinación, la fuerza y la amplitud de movimiento de la muñeca afectada.

Fig. 8 Consola y Wii Remote



Fig. 9 Juegos Wii Sport Resort



Nota. Tomada de *Guia Wii Sport Resort Nintendo* https://www.guiasnintendo.com/2a_WII/wii_sports_resort/wii_sports_resort_sp/dep_tenis_mesa.html

El principio de funcionamiento de la Wii se basa en la captura del movimiento corporal mediante sensores inerciales y referencias externas, lo que facilita una interacción más intuitiva y cercana a la realidad (Copetti, s.f.). Esta característica ha sido fundamental para el desarrollo de sistemas de rehabilitación interactiva, en los cuales la detección del movimiento y la retroalimentación visual o auditiva resultan esenciales para el entrenamiento de habilidades motoras y la evaluación funcional. Asimismo, esta tecnología permite diseñar ejercicios graduales y personalizados que favorecen la recuperación funcional y promueven la autonomía del paciente en las actividades de la vida diaria. Finalmente, el carácter interactivo y lúdico de la Wii contribuye a incrementar la motivación y la participación activa de los pacientes durante las sesiones de rehabilitación, optimizando los resultados terapéuticos.

Capítulo 5: MARCOS Y MODELOS DE REFERENCIA

5.1 Marco de trabajo para la práctica de Terapia Ocupacional.

El *Marco de Trabajo para la Práctica de la Terapia Ocupacional: Dominio y Proceso*, propuesto por la AOTA (2020), describe los conceptos fundamentales que sustentan la práctica de la terapia ocupacional y contribuye a la construcción de un entendimiento común sobre los principios esenciales y la visión de la profesión. Este marco se utiliza para orientar y estructurar la práctica profesional, por lo que guía de manera integral todo el proceso de intervención del presente estudio en terapia ocupacional.

Si bien diversas disciplinas de la salud emplean procesos similares que incluyen evaluación, intervención y análisis de resultados, la terapia ocupacional se distingue por su énfasis exclusivo en el uso terapéutico de las ocupaciones como medio para promover la salud, el bienestar y la participación significativa en la vida cotidiana. El análisis del desempeño ocupacional requiere comprender la interacción compleja y dinámica entre las demandas de la ocupación, los contextos del cliente, los patrones de desempeño, las habilidades de desempeño y los factores propios de la persona (AOTA, 2020).

Los profesionales utilizan la información obtenida durante la evaluación, junto con los fundamentos teóricos de la disciplina, para seleccionar e implementar intervenciones basadas en la ocupación que favorezcan el bienestar físico, mental y social de los clientes. Los resultados emergen del proceso de intervención y reflejan los logros alcanzados mediante la terapia ocupacional. La medición de los resultados debe realizarse utilizando los mismos métodos empleados en la evaluación inicial, estableciendo una comparación entre el estado del cliente al inicio del proceso y su condición al momento del alta o transición. Los resultados se encuentran directamente relacionados con las intervenciones aplicadas y con las ocupaciones seleccionadas, los patrones de desempeño, las habilidades de ejecución, los factores del cliente y los contextos. Si bien los resultados pueden evidenciar mejoras en componentes específicos del dominio, deben reflejarse en la capacidad del cliente para participar de manera efectiva en las ocupaciones que considera significativas (AOTA, 2020).

5.2 Marco biomecánico.

Según Gustavo Blanco, (2019) el Modelo Biomecánico se centra en las capacidades músculo-esqueléticas, las cuales permiten a las personas desempeñarse ocupacionalmente. Es

aplicado a pacientes que padecen principalmente limitaciones en la fuerza muscular, y en la amplitud articular, entre otras afecciones. Estos impedimentos son la consecuencia de una enfermedad o de un traumatismo del sistema musculoesquelético, del sistema nervioso periférico (SNP), del sistema tegumentario o del cardiopulmonar. El objetivo principal de dicho modelo, es optimizar el funcionamiento físico del individuo mediante la mejora de la movilidad, la fuerza muscular, la estabilidad articular, la coordinación y la resistencia.

En el marco de la presente investigación, la intervención desde el Modelo Biomecánico se inicia con una evaluación integral, la cual contempla la recopilación de datos provenientes de la historia clínica, la entrevista y la anamnesis, así como la observación del desempeño ocupacional del paciente. Para la valoración de los parámetros físicos se utilizan diversas pruebas biomecánicas, entre las que se incluyen la goniometría, una escala estandarizada de la funcionalidad del MMSS (Quick Dash) y la valoración del dolor (EVA). La selección de estas herramientas se realiza de acuerdo con las características del caso y el razonamiento clínico del terapeuta ocupacional.

A partir de la información obtenida en la evaluación, se establecen objetivos terapéuticos específicos, como el aumento del rango de movimiento articular, y se diseñan intervenciones mediante actividades graduadas, cuya complejidad se incrementa progresivamente en función de la evolución funcional del paciente. Asimismo, el terapeuta ocupacional puede indicar y entrenar el uso de ayudas técnicas y adaptaciones, ya sean transitorias o permanentes, con el propósito de facilitar la realización de las actividades de la vida diaria y promover la participación en ocupaciones significativas. En algunos casos, resulta necesario el entrenamiento específico de dichas actividades.

Al finalizar el proceso de intervención, y con el fin de registrar de manera objetiva los cambios logrados, se repiten las evaluaciones realizadas al inicio del tratamiento, lo que permite comparar los resultados y evidenciar la evolución del paciente.

La efectividad del Modelo Biomecánico en Terapia Ocupacional se manifiesta en los cambios funcionales significativos alcanzados tras la intervención, así como en el rol fundamental del terapeuta ocupacional dentro del proceso de rehabilitación, orientando el tratamiento hacia la funcionalidad, la autonomía y la independencia del individuo en su desempeño cotidiano (Martinez Muñoz, et al., 2015).

5.3 Modelo de actividad humana y Tecnología asistida (HAAT).

El Modelo de actividad humana y Tecnología asistida conocido como Human Activity Assistive Technology model (HAAT), es un marco teórico utilizado para la práctica de la terapia

ocupacional junto con la tecnología. Creado por un ingeniero y una terapista ocupacional, constituye una base conceptual sólida para justificar el uso y evaluación de tecnologías, como la realidad virtual no inmersiva, en rehabilitación. Se dirige a las personas en situación de discapacidad o con alguna limitación funcional, cognitiva y/o sensorial con el objetivo de proporcionar una tecnología de asistencia para facilitar el desempeño en alguna de las actividades de la vida diaria (Perdomo Delgado, 2019).

Este modelo se basa en la interacción de 4 componentes básicos: la actividad, el factor humano, las tecnologías de ayuda, y el contexto.

- El factor humano comprende los aspectos físicos, cognitivos y emocionales y, la diferencia entre el usuario, con o sin experiencia, en la utilización de una tecnología de asistencia.
- El factor actividad comprende la manera en cómo el usuario realiza una tarea básica, instrumental o avanzada.
- El factor contexto comprende la influencia de los medios físicos, sociales, culturales e institucionales y cómo esa actividad se mantiene a lo largo del tiempo.
- El factor de tecnología de asistencia (TA) comprende el estudio de las interfaces del producto de asistencia con el usuario, con el ambiente donde se va a utilizar, y la contribución que genera la realización de la actividad por el usuario con dicha tecnología.

Según este enfoque, para que una tecnología de asistencia sea eficaz debe existir una correspondencia adecuada entre las capacidades del individuo y los requerimientos de la actividad y del dispositivo, teniendo en cuenta el entorno en el que se desarrolla. Esto permite no solo seleccionar tecnologías apropiadas, sino también diseñar estrategias de intervención que contemplen las barreras y facilitadores que afectan la participación ocupacional.

En terapia ocupacional, el Modelo HAAT es particularmente útil cuando se trabaja con tecnología, como sistemas de realidad virtual no inmersiva o dispositivos de captura de movimiento utilizados para rehabilitación física. Al integrar los cuatro componentes del modelo, los profesionales pueden analizar cómo la tecnología puede potenciar la ejecución de actividades significativas para el paciente, adaptándose a sus capacidades individuales y al contexto en el que se producen dichas actividades. Esto resulta especialmente relevante en procesos de rehabilitación, donde se busca optimizar la función, la autonomía y la participación del individuo mediante el uso de tecnologías que facilitan la práctica repetitiva y el aprendizaje motor dentro de un entorno motivador y adaptado.

MÉTODOS, TÉCNICAS Y PLAN DE ANÁLISIS

ENFOQUE Y DISEÑO DE ESTUDIO

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, dado que se basa en la medición objetiva de variables específicas mediante el uso de instrumentos estandarizados y cuantificables, con el propósito de analizar estadísticamente los resultados y establecer patrones de comportamiento que nos permitan definir la efectividad de nuestra investigación.

El diseño corresponde a un estudio preexperimental de tipo pre prueba- post prueba con un solo grupo. Este tipo de diseño se caracteriza por presentar un nivel mínimo de control, sin grupo de comparación y sin control riguroso de las posibles fuentes de invalidez interna y externa, por lo que no permite establecer relaciones de causalidad con plena certeza. No obstante, resulta útil como un primer acercamiento al problema de investigación en un contexto real (Hernández Sampieri et al., 2014).

La estructura del diseño contempla la aplicación de una pre prueba, seguida de la implementación de la intervención terapéutica gradual, secuencial, complementaria y, posteriormente, una post prueba. La pre prueba consiste en la evaluación inicial de cada participante antes de la intervención; posteriormente se aplica la Intervención Terapéutica Gradual y, finalmente, se realiza una post prueba, que consiste en una evaluación final. Este procedimiento permite contar con un punto de referencia inicial para comparar los niveles de las variables, antes y después de la intervención, posibilitando el seguimiento de los cambios producidos en el grupo. Las variables son: nivel de dolor, grado de funcionalidad y amplitud articular. Las mismas se miden mediante instrumentos estandarizados, válidos y confiables.

El alcance del estudio es descriptivo-correlacional. Es descriptivo porque busca especificar las características y propiedades de las variables analizadas, así como describir su comportamiento en el grupo de estudio. De acuerdo con Roberto Hernández Sampieri et al. (2014), los estudios descriptivos permiten detallar las dimensiones de un fenómeno y describir tendencias en una población determinada.

A su vez, el estudio es correlacional en la medida en que pretende establecer diferencias estadísticamente significativas entre la pre prueba y post prueba de las variables. En este sentido, se evaluaron la amplitud articular, el nivel de dolor y el grado de funcionalidad antes y después de la intervención, lo que permitió analizar la variabilidad de cada variable y examinar su comportamiento conjunto tras la aplicación de la intervención.

VARIABLES DEL ESTUDIO

Nivel de dolor, Amplitud articular y grado de Funcionalidad del miembro superior.

Nivel de dolor

Definición científica*:* Según la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor, el dolor se define como "*una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada, o similar a la asociada, con un daño tisular real o potencial*" (Raja et al., 2020).

Definición Operacional: Se cuantifica para el manejo y el seguimiento del mismo a través de la Escala Visual Analógica (EVA), mediante la pregunta al paciente acerca de: "*¿Cuánto dolor ha experimentado del 0 al 10, en la última semana?"*. Los valores oscilan entre 0 y 10.

Intensidad del dolor: de 0 a 4 = leve.
5, 6 y 7 = moderado.
8, 9 y 10 = severo.

Amplitud articular

Definición científica**:** La amplitud articular hace referencia a la cantidad de movimiento que puede realizar una articulación. Este movimiento se expresa en grados y se relaciona con los planos y ejes del espacio, representando el recorrido angular máximo que un segmento corporal puede efectuar respecto a otro dentro de los límites anatómicos y funcionales propios de la articulación (Taboadela, 2007, p. 18).

Definición Operacional: La amplitud articular de la muñeca se evaluó mediante la técnica goniométrica, que consiste en la medición de los ángulos formados por la intersección de los ejes corporales (anteroposterior, mediolateral y longitudinal) y los planos anatómicos (sagital, frontal y transversal) a nivel de las articulaciones. El método utilizado en este estudio, es el "Método 0º a 180º" o del cero neutro, en donde la posición de medición comienza a partir de la posición cero, también conocida como posición neutra, en la cual todas las articulaciones se encuentran en 0º de movimiento.

El procedimiento del examen goniométrico consta de una serie de pasos (Kendall, 1985):

1. Posicionar al examinado: colocando la articulación a evaluar en 0º
2. Estabilización del Segmento Proximal: fijación manual y postural.
3. Palpación e identificación de los reparos óseos: para ubicar el eje del goniómetro.
4. Alineación del goniómetro con los reparos óseos: El eje del goniómetro debe colocarse por encima, lateral, medial o posteriormente al reparo óseo respectivo tomado como referencia para localizar el eje aproximado de rotación o de movimiento de la articulación que se examinara.

5. Manejo del instrumento: Debe sostenerse por el brazo fijo del goniómetro; mantenerlo lejos del cuerpo del paciente; posicionarse en la superficie de la extremidad distal al finalizar el movimiento sin realizar presión para no alterar el resultado de la medición.
6. Medición del arco de movimiento articular: El brazo fijo del instrumento se coloca sobre la línea media de la parte proximal de la articulación, el brazo móvil acompaña el deslizamiento de la extremidad distal y conserva al finalizar el recorrido su paralelismo con el eje longitudinal de la misma, el eje del goniómetro quedará en la región del eje de movimiento articular.
7. Lectura del resultado de la medición: Sobre la escala del transportador del goniómetro en el ángulo que señala la línea media del brazo móvil al finalizar el arco de movimiento.
8. Registro de la medición: el máximo de grados que se mueve una articulación.
9. Comparación con valores normales: obtenidos de la medición con el miembro contralateral sano, o con tablas de sujetos de similar edad y sexo, o con baremos.

En el presente estudio se evaluaron los siguientes movimientos de la articulación radiocarpiana y radiocubital distal: (Taboadela, 2007).

- Flexión: 0-80°
- Extensión:0-70°
- Desviación radial: 0-20°
- Desviación cubital: 0-30°
- Pronación: 0-80/90°
- Supinación: 0-80/90°

Las mediciones se realizaron en modalidad activa. La evaluación activa se obtuvo a partir de la contracción muscular voluntaria del participante, sin asistencia externa, permitiendo valorar no solo el rango articular disponible sino también la capacidad funcional del movimiento en una etapa inicial del proceso de rehabilitación postquirúrgica.

Las evaluaciones se realizaron en dos momentos: previo al inicio de la intervención pre prueba y al finalizar la misma post prueba, con el objetivo de analizar los cambios producidos en la amplitud articular tras la aplicación de técnicas de imaginería motora, terapia espejo y realidad virtual no inmersiva.

Grado de Funcionalidad

Definición científica: La funcionalidad se define como el resultado de la interacción entre las funciones corporales, las estructuras anatómicas, las actividades y la participación del individuo en un contexto determinado. Este concepto se enmarca en la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la

Discapacidad y de la Salud (CIF), desarrollada por la Organización Mundial de la Salud, la cual entiende la funcionalidad como un indicador del nivel de desempeño que una persona puede alcanzar en la realización de tareas y acciones de la vida diaria (Organización Mundial de la Salud, 2001, citado en Pérez Mármol, 2020).

Definición Operacional: Se evaluó mediante el cuestionario Quick DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand – versión abreviada), que incluye 11 preguntas principales, calificadas mediante una escala tipo Likert de 1 a 5, lo que permite una aplicación más ágil sin comprometer sus propiedades psicométricas. Los 11 ítems del QuickDASH evalúan el grado de dificultad que presenta la persona para realizar actividades funcionales y la presencia de síntomas, incluyendo:

1. Dificultad para abrir un frasco nuevo o apretado.
2. Dificultad para realizar tareas domésticas pesadas.
3. Dificultad para cargar una bolsa u objeto pesado.
4. Dificultad para lavarse la espalda.
5. Dificultad para usar un cuchillo para cortar alimentos
6. Dificultad para realizar actividades recreativas que requieran fuerza o impacto en el miembro superior.
7. Dificultad para realizar actividades sociales con sus familiares, amigos, vecinos y otros grupos.
8. Limitaciones en el trabajo u otras actividades habituales
9. Intensidad del dolor en el miembro superior.
10. Presencia de hormigueo o parestesias en el miembro superior.
11. Dificultad para dormir a causa del dolor en el brazo, hombro o mano.

El puntaje final se obtiene transformando la suma de las respuestas en una escala de 0 a 100, donde 0 indica ausencia de discapacidad y 100 indica máxima discapacidad funcional. La funcionalidad se clasifica también en Excelente (< 20 puntos), Buena (20-39 puntos), Regular (40-59 puntos) y Mala (60-100 puntos).

En el presente estudio, el cuestionario fue administrado en dos momentos:

- **Evaluación pre intervención:** previo al inicio del programa de rehabilitación.
- **Evaluación post intervención**: al finalizar la aplicación de las técnicas de imaginería motora, terapia espejo y realidad virtual no inmersiva.

INTERVENCIÓN

La Intervención Terapéutica Gradual, secuencial y complementaria, consta de 20 sesiones. En **la primera**, se entregó el consentimiento informado a los participantes, donde se explicó detalladamente

el objetivo de la investigación, el desarrollo previsto para cada sesión y los tipos de abordajes que serían utilizados. Finalmente, se realizó la evaluación inicial mediante goniómetro (amplitud articular activa), Escala Visual Analógica (EVA) y el Cuestionario Abreviado de Discapacidad de Hombro, Brazo y Mano (QuickDash).

Las **19 sesiones restantes** se dividieron de la siguiente manera:

- 5 (cinco) sesiones de lateralidad e imaginería motora.
- 7 (siete) sesiones de terapia del espejo.
- 7 (siete) sesiones de realidad virtual no inmersiva

A continuación se desarrollan las sesiones en detalle junto con los materiales utilizados para que las mismas puedan llevarse a cabo.

LATERALIDAD

Sesión 1: *Tarjetas de lateralidad*

Se les mostró a los pacientes diversas tarjetas en donde se puede observar la mano derecha o izquierda realizando diferentes movimientos. El objetivo fue que los pacientes identifiquen qué mano es la que realiza tal acción. Se cronometró y anotaron aciertos y errores.





Sesión 2: *Tarjetas de lateralidad realizando actividades*

Se le mostraron diversas tarjetas en donde se pueden observar la mano derecha o izquierda realizando diferentes actividades. Los pacientes debieron responder a una pregunta en cada tarjeta, siguiendo con la dinámica de identificar qué mano es la que realiza tal acción. Se cronometró y anotaron aciertos y errores.

1- Cortando el cabello en una peluquería. (¿Con qué mano está tomando la tijera?)
2- Batiendo la mezcla de una torta (¿Con qué mano está tomando el batidor?)
3- Destornillando un clavo de una puerta (¿Con qué mano toma el clavo?)
4-Introduciendo las llaves dentro de la cerradura de una casa (¿Con qué mano toma las llaves?)
5- Cortando verdura con un cuchillo, (¿Con que mano está sosteniendo el cuchillo?)
6- Sirviendo café en una taza (¿Con qué mano toma la cafetera?)
7- Tomando una taza por la manija (¿Con que mano toma la taza?)
8- Sirviendo una taza de café usando ambas manos (¿Con que mano toma la cafetera?)



IMAGINERÍA MOTORA

Se llevaron a cabo tres audios, cada uno de los cuales desarrolla diferentes escenas cotidianas de la vida diaria. Durante la reproducción, se utilizaron diversas entradas sensoriales acordes al relato

auditivo, con el objetivo de potenciar la inmersión del participante en la experiencia y favorecer una mayor integración del contenido escuchado. Antes de comenzar se les enseñó a los participantes todos los elementos que se utilizarían para brindar información sensorial: linterna, tela suave, café, chocolate en barra, esponja, agua, shampoo, masajeador de cabello, toalla, bolsa de tela, limón, albahaca. El momento de aplicación de cada estímulo sensorial está especificado en el material audiovisual. A su vez se requieren auriculares, un dispositivo móvil y una camilla, dispuestos en un entorno que permita la relajación del participante en decúbito supino.

Sesión 3: *audio sensorial.*
"Una mañana tranquila en casa -parte 1-"
Sesión 4: *audio sensorial.*
"Una mañana tranquila en casa -parte 2-"
Sesión 5: *audio sensorial.*
"Una mañana tranquila en casa -parte 3-"

A continuación, se adjunta carpeta con los archivos audiovisuales. https://drive.google.com/drive/folders/1tVG_xnxwSRsjEKO_Adxin0Uscn9ZJivq?usp=drive_link





Elementos utilizados como estímulos, durante las sesiones de imaginería motora (de derecha a izquierda): Masajeador, paño suave, toalla, albahaca, café, chocolate, limón, agua, cepillo y shampoo. También se utilizó la linterna de un teléfono celular y auriculares con conexión Bluetooth.



TERAPIA DE ESPEJO

Para las siguientes sesiones, se empleó una cabina de espejo, indicando a cada paciente que observara el reflejo de su mano sana durante la ejecución de todas las actividades.

Sesión 6: *Tarjetas de lateralidad.*

Se utilizaron las mismas tarjetas de la sesión 1, pero en esta actividad se les indicó a los participantes replicar los gestos de las mismas, con su mano sana, frente espejo tomándose el tiempo de copiar las tarjetas y repitiéndolas al menos 2 veces.



Sesión 7: *Sensibilidad*

Con ambas manos inmóviles, se aplicaron estímulos táctiles mediante distintas texturas sobre diversas zonas de la mano y la muñeca, con especial énfasis en el área de la cicatriz (si no está contraindicado). Posteriormente, se les preguntó a los pacientes si percibían diferencias entre

ambas manos, sin retirar en ningún momento la indicación de mantener la atención en el reflejo del espejo.



Sesión 8: *Actividad de equilibrio y propiocepción*

Para este ejercicio se utiliza una pelota liviana y un frisbee, o bien un elemento plano y liviano con un borde suficiente que evite la caída de la pelota. La persona deberá sostener el frisbee con su mano sana y movilizar la pelota sobre su superficie, realizando recorridos circulares sin permitir que caiga. Esta actividad implica movimientos de circunducción de la muñeca y proporciona un importante estímulo propioceptivo.



Sesión 9: *Actividad neurocorporal*

El siguiente recurso didáctico requiere atención, memoria y coordinación óculo-manual. Se trata de una hoja que se le entregó a cada paciente con tres símbolos: una mano de color verde, un círculo amarillo y un óvalo naranja. A cada color se le asignó un movimiento específico:

Verde: apertura y cierre de los dedos.

Amarillo: cierre de puño.

Naranja: flexión y extensión de muñeca.

El paciente debió memorizar el movimiento correspondiente a cada color y ejecutarlo con su mano sana cada vez que la evaluadora mencionara el color indicado, mirando a través del reflejo del espejo.



***Sesión 10**: Ejercicios de movilidad de muñeca.*

Se le indicó a cada paciente que realice con ambas manos, tres series de 10 repeticiones de los siguientes movimientos:

1. Flexión y extensión de muñeca con efecto tenodésico,
2. Desviaciones cubital y radial, con la palma de la mano apoyada sobre la mesa,
3. Abducción y aducción de los dedos,
4. Con la palma de la mano apoyada sobre la mesa, se le indica flexión de muñeca con extensión de dedos.



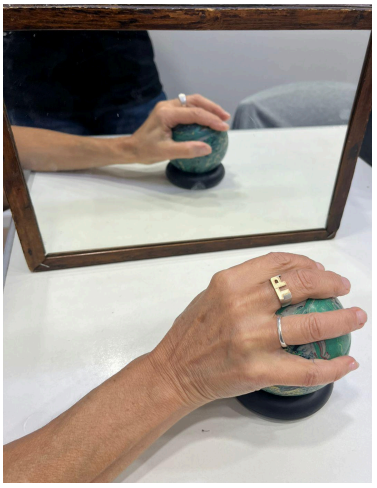
***Sesión 11**: Ejercicios de movilidad de muñeca con elementos.*

Se le indicó a cada paciente que realice con ambas manos, tres series de 10 repeticiones de los siguientes movimientos:

1. Flexión y extensión de muñeca en posición intermedia con un objeto cilíndrico (cono, flota u otro)

2. Desviaciones cubital y radial con conos en posición intermedia con cuña,
3. Abducción y aducción de dedos, con la palma de la mano apoyada sobre esfera,
4. Flexión de muñeca con extensión de dedos, con la palma de la mano apoyada sobre esfera.





***Sesión 12**: Método Perfetti*

La sesión consiste en la realización de la actividad "Balance Board" propia del método Perfetti. Se utiliza una tabla redonda con una pelota colocada en su base y un mini bosu (semiesfera de pequeño tamaño). Para la actividad la persona apoya la mano sana sobre la tabla, y la lesionada sobre el mini bosu dentro de la cabina del espejo. El objetivo es que la persona realice movimientos de circunducción de la muñeca, manteniendo en todo momento la atención en el reflejo de su mano sana. Esta actividad implica la integración de todos los movimientos de la muñeca. Al ser una superficie inestable requiere control de movimiento activo, equilibrio, adaptación del movimiento y propiocepción.



REALIDAD VIRTUAL NO INMERSIVA

Durante el transcurso de siete sesiones, los pacientes participaron en videojuegos de Wii seleccionados en función de su demanda motora sobre la muñeca y el miembro superior global. La elección de los juegos respondió a la necesidad de promover movimientos funcionales específicos, los cuales fueron graduados de manera progresiva según su complejidad, con una duración de 15 a 30 minutos por sesión.

Sesión 13: *Bolos*

El movimiento se asemeja al lanzamiento de una bola de bolos real, implicando un balanceo pendular del brazo.

- Fase de impulso: El jugador extiende el brazo hacia atrás, realizando una extensión de hombro. El codo se mantiene semiflexionado.
- Fase de liberación: Al balancear el brazo hacia adelante, se produce una flexión de hombro combinada con una extensión de codo para guiar el lanzamiento. El control del giro se logra mediante una pronación o supinación del antebrazo y una desviación radial o cubital de la muñeca, justo en el momento de soltar el botón A, que simula el momento de liberación de la bola. La precisión del Wii MotionPlus captura la velocidad y el ángulo de este movimiento para determinar la potencia y la trayectoria del tiro.

Se puede jugar individualmente o en pareja.






Sesión 14: *Tenis de mesa*

Este juego requiere movimientos rápidos y precisos de la muñeca para controlar la dirección y el efecto de la pelota.

- Golpe de derecha: Se inicia con una extensión de muñeca y un ligero movimiento de rotación externa del hombro. El golpe se ejecuta con una flexión de hombro y una flexión de codo, mientras la muñeca realiza una flexión con desviación radial para impartir efecto y dirección.
- Golpe de revés: Comienza con una flexión de muñeca y rotación interna del hombro. El movimiento de golpeo implica una extensión de hombro y una extensión de codo, con la muñeca realizando una extensión con desviación cubital para el efecto deseado.
- Efecto: El efecto se consigue con un golpe de muñeca rápido y una rotación de la raqueta (mando de Wii) de aproximadamente 90° en el momento del impacto simulado. Esto puede generar top spin (flexión de muñeca) o back spin (extensión de muñeca), afectando la trayectoria y el rebote de la pelota.






Sesión 15: *Frisbee*

El movimiento para lanzar el frisbee es similar al de un lanzamiento real, centrado en el movimiento del brazo y la muñeca.

- Lanzamiento de revés: Requiere una rotación externa del hombro, una extensión del codo y, principalmente, una extensión de la muñeca con desviación cubital para impulsar el disco hacia adelante.
- Control de la trayectoria: El ángulo de inclinación del mando de Wii durante el lanzamiento determinará el efecto. Un movimiento plano producirá un tiro recto, mientras que una inclinación sutil generará una curva.








Sesión 16: *Básquetbol*

Los movimientos se enfocan en imitar el lanzamiento y el manejo del balón.

- Lanzamiento a canasta: Se inicia con una flexión de hombro y codo. El movimiento de lanzamiento implica una extensión explosiva de hombro y codo, seguida de una extensión de muñeca y dedos (golpe de muñeca) para dar el efecto de retroceso al balón. La fuerza del lanzamiento depende de la velocidad de este movimiento.
- Pases: Requieren movimientos direccionales del brazo, como aducción/abducción de hombro y flexión/extensión de codo, para simular un pase en el modo 3 contra 3.
- Robo del balón: Se simula con un movimiento lateral de la mano, implicando aducción/abducción del hombro.






Sesiones 17, 18 y 19: Repetición de juegos por elección del paciente y evaluación final en la última sesión.

POBLACIÓN

Personas con diagnóstico de fractura de radio distal postquirúrgica, de entre 18 y 65 años de edad, que concurren al servicio de Terapia Ocupacional de la Clínica de Fracturas y Ortopedia de la ciudad de Mar del Plata durante el período comprendido entre noviembre de 2025 y abril de 2026.

MUESTRA

La muestra se conformó por 15 (quince) personas, tanto del género femenino como masculino, mayores de 18 a 65 años de edad con diagnóstico de fractura de radio distal, intervenidas quirúrgicamente y que concurren al servicio de Terapia Ocupacional en la Clínica de Fractura y Ortopedia de Mar del Plata.

MÉTODO DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia, según la disponibilidad de los participantes que cumplan con los criterios de inclusión, durante el período comprendido entre noviembre de 2025 y abril de 2026.

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Criterios de Inclusión:

- Personas de ambos géneros, de 18 a 65 años de edad.
- Diagnóstico de Fractura de radio distal intervenidas quirúrgicamente en la Clínica de Fracturas y Ortopedia (CLIFORT).
- Concurrencia al servicio de Terapia Ocupacional de CLIFORT.
- Firma del consentimiento informado para la participación de la investigación.

Criterios de Exclusión:

- Personas con fractura de radio distal intervenidas quirúrgicamente que tengan asociadas otras patologías, por ejemplo, procesos reumáticos u otras fracturas.
- Personas con fractura de radio distal con tratamiento ortopédico.
- Personas con dificultades en la compresión de la consigna, que puedan deberse a diversos factores.

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En la presente investigación se utilizaron los siguientes instrumentos de recolección de datos:

- Recopilación documental de historias clínicas.
- Escalas estandarizadas y pruebas:
  - Quick Dash (Ver **anexo 3**).
  - Escala Visual Analógica (EVA) (Ver **anexo 4**).
  - Evaluación Goniométrica (Ver **anexo 2**).
- Valoración subjetiva de la experiencia de cada recurso.

Recopilación documental

Se llevó a cabo una revisión de las historias clínicas de las personas con fractura de radio distal intervenidas quirúrgicamente, con el objetivo de recabar información sobre datos sociodemográficos (género, edad, ocupación), mecanismo de lesión, fechas de lesión y cirugía, y otros antecedentes de salud relevantes. Estos datos fueron recopilados con el fin de analizar si cumplían con los criterios de inclusión y exclusión.

Cuestionario Quick Dash

El cuestionario Quick Dash (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) es una versión abreviada del cuestionario original DASH, desarrollado para evaluar la discapacidad y los síntomas asociados a afecciones musculoesqueléticas del miembro superior. Mientras que el DASH original consta de 30 ítems, el QuickDASH incluye 11 preguntas principales, calificadas mediante una escala tipo Likert de 1 a 5, lo que permite una aplicación más ágil sin comprometer sus propiedades psicométricas. Asimismo, contempla módulos opcionales específicos para actividades laborales de alto rendimiento y deporte o música, compuestos por 4 ítems cada uno. Ambas versiones son herramientas válidas, confiables y versátiles, adecuadas para el uso clínico o en investigaciones. (Institute for Work & Health, s. f.). . En una revisión sistemática, Kennedy et al. (2013) concluyeron que esta herramienta funciona satisfactoriamente, con evidencia positiva fuerte de fiabilidad y validez (pruebas de hipótesis), y evidencia positiva moderada para pruebas de validez estructural.

Escala Visual Analogica (EVA)

La Escala Visual Analógica (EVA) es un instrumento ampliamente utilizado para la medición subjetiva de la intensidad del dolor mostrando adecuada concordancia con otras escalas de medición en el dolor agudo (Rumbo-Prieto et al., 2014). La EVA permite transformar la percepción subjetiva del dolor en un valor numérico continuo, facilitando su análisis y seguimiento clínico

(Rumbo-Prieto et al., 2014). Es reconocida por su simplicidad, sensibilidad y validez en la evaluación del dolor agudo y crónico, facilitando la comparación de resultados entre diferentes momentos de medición, como antes y después de la intervención terapéutica.

En contextos clínicos y de investigación, cuenta con sólida evidencia que respalda su validez y fiabilidad. En su trabajo clásico, Huskisson (1974) demostró que la EVA presenta una alta sensibilidad para detectar cambios en la intensidad del dolor, así como una adecuada validez convergente al compararse con otras escalas de medición del dolor. Posteriormente, diversos estudios confirmaron que la EVA es capaz de reflejar de manera consistente la percepción subjetiva del dolor del paciente, lo que la convierte en una herramienta válida para su uso clínico.

En cuanto a la fiabilidad, estudios como el de Bijur, Silver y Gallagher (2001) evidenciaron una alta fiabilidad test–retest de la EVA en pacientes con dolor agudo, con coeficientes de correlación elevados que indican estabilidad de las mediciones en condiciones clínicas similares. Asimismo, una revisión sistemática realizada por Hawker et al. (2011) concluyó que la EVA presenta excelente fiabilidad y validez en la evaluación del dolor en adultos, aunque su correcta aplicación requiere que el paciente comprenda adecuadamente el instrumento.

Goniometria

La goniometría es la técnica de medición de los ángulos creados por la intersección de los ejes longitudinales de los huesos a nivel de las articulaciones, mediante el uso de un instrumento portátil fabricado en material plástico o en metal, denominado goniómetro. Esta técnica tiene 2 objetivos principales:

1. Evaluar la posición de una articulación en el espacio.
2. Evaluar el arco de movimiento (ROM) de una articulación en cada uno de los tres planos del espacio, el cual puede ser activo o pasivo.
    - El ROM activo es el movimiento que se produce por la contracción muscular voluntaria de las personas, sin la asistencia extrema de un examinador y requiere que la persona esté consciente. Este arco de movimiento provee información sobre la fuerza muscular y la coordinación del movimiento.
    - El ROM pasivo es el que realiza el examinador sin la ayuda de la contracción muscular activa y voluntaria de la persona examinada, que puede o no estar consciente. Este arco de movimiento provee información sobre la integridad de las superficies articulares y de las cápsulas, ligamentos y músculos.

Sus aplicaciones en Ortopedia y Traumatología sirven para describir la presencia de desvíos de ejes a nivel del Sistema Osteoarticular con fines diagnósticos, pronósticos y terapéuticos, y de investigación. En la rehabilitación, se utiliza en la evaluación inicial de un tratamiento, determinar la evolución, establecer un pronóstico, modificar el tratamiento o dar el alta, realizar control y evaluar la secuela (Taboadela, 2007).

La goniometría ha demostrado adecuados niveles de validez y fiabilidad en distintos contextos clínicos y de investigación. En una revisión sistemática realizada por van Rijn et al. (2018), se reportaron valores de fiabilidad intraevaluador e interevaluador que oscilaron entre moderados y excelentes (ICC entre 0,45 y 0,99), lo que indica que la goniometría puede ofrecer mediciones consistentes cuando se aplican protocolos estandarizados y evaluadores entrenados. Asimismo, estos autores encontraron una concordancia aceptable entre la goniometría y métodos de referencia, como mediciones radiográficas, lo que respalda su validez concurrente.

De manera similar, la revisión clásica de Gajdosik y Bohannon (1987) concluyó que la goniometría es una herramienta válida y fiable para la evaluación clínica del ROM, aunque señalaron que la precisión de las mediciones puede verse influida por factores como la experiencia del evaluador y la articulación evaluada.

Valoración subjetiva y observaciones de la experiencia de cada recurso.

Al finalizar las sesiones correspondientes a cada recurso terapéutico, se realizó un intercambio oral con cada participante del estudio, para conocer su percepción respecto a cada experiencia. Luego se registró, de manera escrita, dichas apreciaciones junto con observaciones relevantes que obtuvimos durante las sesiones.

PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Una vez obtenida la autorización por parte de los directivos de la Clínica de Fractura y Ortopedia de la Ciudad de Mar del Plata para poder llevar a cabo la investigación, las Terapistas Ocupacionales explicaron a los participantes en qué consiste la misma. Se presentaron las tesistas, detallaron los objetivos propuestos, y comenzó el estudio con la firma del consentimiento informado para su realización.

Se comenzó la recopilación de información de los pacientes a través de las historias clínicas para luego tomar las evaluaciones Quick DASH, Escala Visual Analógica del dolor (EVA) y Goniometría, a quienes se encontraban dentro de la muestra a partir de los criterios de inclusión ya mencionados. La duración del tratamiento fue de veinte (20) sesiones, en las cuales el grupo de estudio realizó los ejercicios de rehabilitación convencionales al cual se le sumó la Intervención

Terapéutica Gradual (ITG). Esta, fue planificada de manera que acompañe el proceso de rehabilitación convencional respetando sus tiempos y criterios. La ITG contó con 5 sesiones de Imaginería Motora y lateralidad, 7 sesiones de Terapia de Espejo y 7 sesiones de Realidad Virtual no inmersiva.

Una vez finalizado este tiempo, se volvieron a tomar las evaluaciones antes mencionadas para poder conocer resultados y cambios con respecto a las variables del estudio (Grado de Funcionalidad, Nivel de Dolor y Amplitud articular) los cuales fueron comparadas y analizadas mediante un análisis estadístico para conocer la efectividad o no de la ITG.

ASPECTOS ÉTICOS

Este estudio se asentó sobre los principios éticos de investigación. Se fundamentó sobre el respeto por las personas, concibiendo a los sujetos como seres autónomos, cuya participación es enteramente voluntaria y son libres de rehusarse a tomar parte o abandonar en cualquier momento. Previa a la decisión de participar en este estudio, el sujeto fue debidamente informado, se evacuaron sus dudas y en caso de aceptar debió firmar un formulario de consentimiento informado (ver anexo 1). Se explicaron los objetivos de la investigación, proporcionando la información necesaria para que sean comprensibles los aspectos fundamentales de la misma. Se garantizó la confidencialidad de la información otorgada, y fue utilizada sólo a los fines de esta investigación. La identidad de los participantes se mantuvo en el anonimato. Por lo tanto, las imágenes utilizadas en el estudio fueron editadas para preservar la identidad de los participantes. Se respetó el principio de beneficencia, el cual se refiere a *"la obligación ética de maximizar el beneficio y minimizar el daño"* (CIOMS, 2016, p.11). Da lugar a pautas que establecen que los riesgos de la investigación sean razonables a la luz de los beneficios esperados, que el diseño de la investigación sea válido y que los investigadores sean competentes para conducir la investigación y para proteger el bienestar de los participantes. Además la beneficencia prohíbe causar daño deliberado, este aspecto se manifiesta por medio del principio de no maleficencia "*en primer lugar, no hacer daño*" (CIOMS, 2016, p.11). Se actuó bajo el principio de justicia, este se refiere a la obligación ética de tratar a cada persona de acuerdo con lo que se considera moralmente correcto y apropiado, dar a cada uno lo debido (CIOMS, 2016).

ANÁLISIS DE DATOS

Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando porcentajes, media o mediana y desvío estándar (DE) según corresponda. Para analizar si hubo un efecto de la intervención en las variables nivel de dolor, amplitud articular (flexión, extensión, desviación cubital, desviación radial, supinación y pronación) y el grado de funcionalidad. Se llevó a cabo un test de Student (t) para muestras pareadas comparando las mediciones antes y después de la intervención. Este

método permite comparar el promedio de una misma variable cuantitativa medida en dos momentos distintos en el mismo grupo de sujetos. En aquellos casos en que no se cumplió el supuesto de normalidad (test de Shapiro-Wilk con valor $p < 0,05$), se realizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras pareadas. Los resultados se presentan a través de gráficos y tablas para facilitar la interpretación. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software JASP (2026). Se consideró un nivel de significancia estadística $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Análisis descriptivo

La Tabla 1 presenta las características sociodemográficas y clínicas de la muestra. El rango etario se ubicó entre los 44 y los 65 años, con una media de 59,73 años (DE: 7,00 años). Se observó un predominio de participantes de género femenino y con dominancia derecha, siendo la mano derecha, la más frecuentemente lesionada. Finalmente, en relación con la cobertura de salud, predominó la atención a través de obra social, seguida por Aseguradoras de Riesgos del Trabajo (ART) (Tabla 1). La mayoría de las personas que formaron parte de la muestra fueron jubilados/as, seguido por diversas ocupaciones (Figura 1).

Tabla 1. Características sociodemográficas y clínicas de las 15 personas que formaron parte de la muestra.

		n	Porcentaje (%)
Género	Femenino	11	73,3%
	Masculino	4	26,4%
Dominancia	Derecha	15	100%
	Izquierda	0	0,0%
Mano lesionada	Derecha	8	53,3%
	Izquierda	7	46,7%
Cobertura de salud	ART	4	26,7%
	Obra social	11	73,3%

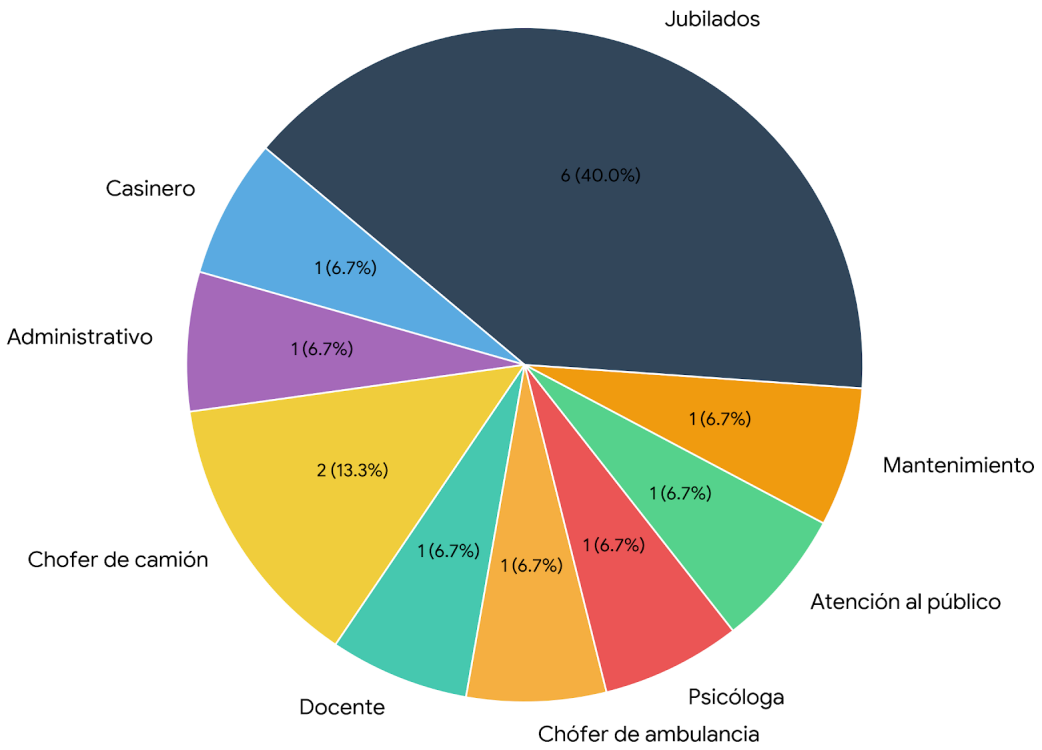


Figura 1. Distribución de Ocupaciones de las personas participantes de la muestra.

Análisis correlacional

1. **Nivel de dolor**

En términos generales, el nivel de dolor medio fue 4.73 (DE: 2,25) antes de la intervención y 3.73 (DE: 2,23) luego de la misma. Aunque se observó una disminución de dicha variable luego de la intervención, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (t = 1,60; p = 0,132)(**Figura 2**).

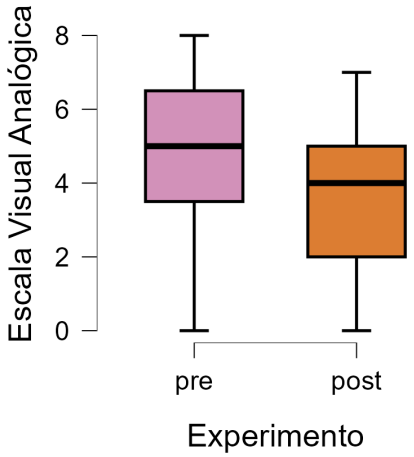


Figura 2. Diagrama de cajas de la Escala Visual Analógica (EVA) en relación a la condición pre y post intervención. Los límites de la caja representan el primer (límite inferior) y tercer (límite superior) cuartil, mientras que la línea dentro de la caja representa la mediana. Los bigotes indican los valores máximos y mínimos.

2. Amplitud articular

- *Flexión*

El grado de flexión medio fue de 22,00º (DE: 14,37°) antes de la intervención y 37,00° (DE: 12,93°) luego de la misma. Se observó una mejora de la flexión luego de la intervención, esta diferencia fue estadísticamente significativa (t = -4,53; p = 0,001)(**Figura 3**).

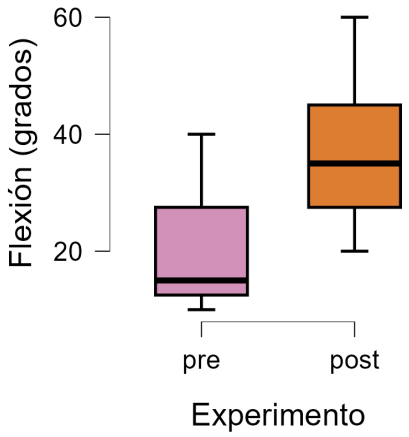


Figura 3. Diagrama de cajas de grados de flexión en relación a la condición pre y post intervención. Los límites de la caja representan el primer (límite inferior) y tercer (límite superior) cuartil, mientras que la línea dentro de la caja representa la mediana. Los bigotes indican los valores máximos y mínimos.

- *Extensión*

El grado de extensión medio fue de 25.00º (DE: 15,47°) antes de la intervención y 39.67° (DE: 11,87°) luego de la misma. Se observó una mejora significativa de la extensión luego de la intervención (t = -3,83; p = 0,002)(**Figura 4).**

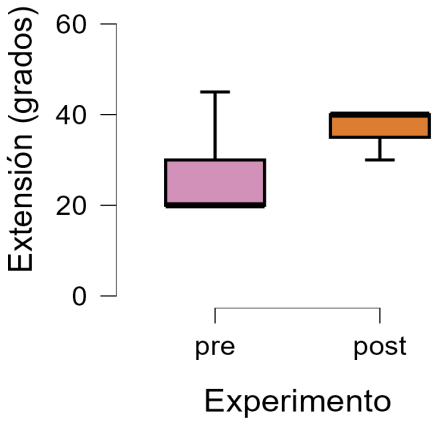


Figura 4. Diagrama de cajas de grados de extensión en relación a la condición pre y post intervención. Los límites de la caja representan el primer (límite inferior) y tercer (límite superior) cuartil, mientras que la línea dentro de la caja representa la mediana. Los bigotes indican los valores máximos y mínimos.

- ***Desviación cubital***

El grado de desviación cubital medio fue de 18.67° (DE: 9,35°) antes de la intervención y 25.67° (DE :8,21°) luego de la misma. Se observó una mejora de dicha variable luego de la intervención estadísticamente significativa (z = -2,66; p =0,008)(**Figura 5**).

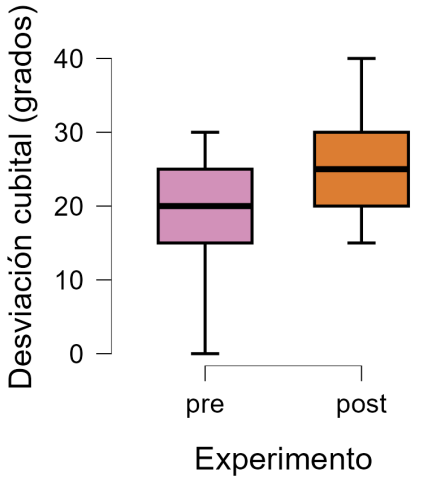


Figura 5. Diagrama de cajas de grados de desviación cubital en relación a la condición pre y post intervención. Los límites de la caja representan el primer (límite inferior) y tercer (límite

superior) cuartil, mientras que la línea dentro de la caja representa la mediana. Los bigotes indican los valores máximos y mínimos.

- ***Desviación radial***

El grado de desviación radial medio fue de 12.00º (DE: 7,75°) antes de la intervención y 18.33° (DE: 6.45°) luego de la misma. Se observó una mejora de dicha variable luego de la intervención, siendo esta diferencia estadísticamente significativa (t = -3,68; p = 0,002)**(Figura 6**).

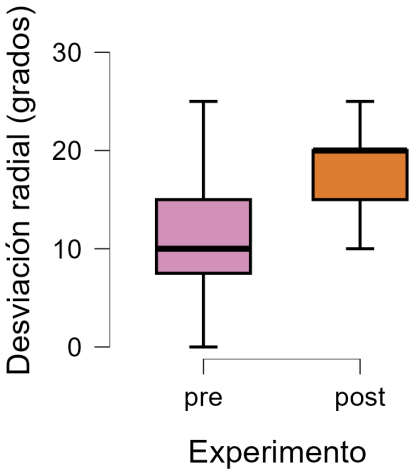


Figura 6. Diagrama de cajas de grados de desviación radial en relación a la condición pre y post intervención. Los límites de la caja representan el primer (límite inferior) y tercer (límite superior) cuartil, mientras que la línea dentro de la caja representa la mediana. Los bigotes indican los valores máximos y mínimos.

- ***Supinación***

El grado de supinación medio fue de 44,67° (DE: 27,15°) antes de la intervención y 69.67° (DE: 14,33°) luego de la misma. Se observó un aumento del grado de supinación luego de la intervención, siendo esta diferencia estadísticamente significativa (t= -5,49; p = 0,001)(**Figura 7**).

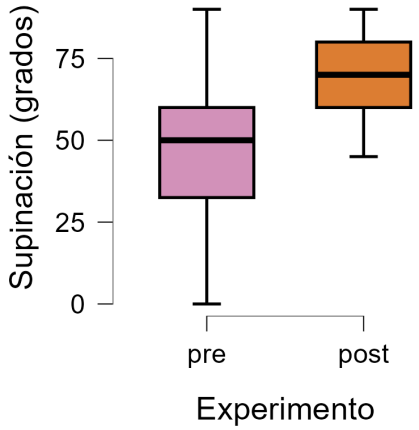


Figura 7. Diagrama de cajas de grados de supinación en relación a la condición pre y post intervención. Los límites de la caja representan el primer (límite inferior) y tercer (límite superior) cuartil, mientras que la línea dentro de la caja representa la mediana. Los bigotes indican los valores máximos y mínimos.

- ***Pronación***

El grado de pronación medio fue de 51.33º (DE: 29,73°) antes de la intervención y 74.33° (DE: 14,00°) luego de la misma. Se observó una mejora de dicha variable luego de la intervención, esta diferencia fue estadísticamente significativa (z = -2,93; p = 0,004 (**Figura 8**).

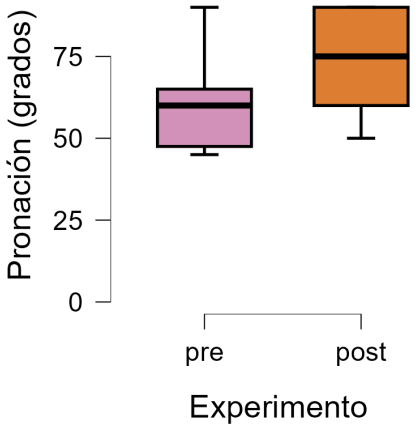


Figura 8. Diagrama de cajas de grados de pronación en relación a la condición pre y post intervención. Los límites de la caja representan el primer (límite inferior) y tercer (límite superior)

cuartil, mientras que la línea dentro de la caja representa la mediana. Los bigotes indican los valores máximos y mínimos.

3. Grado de Funcionalidad

En términos generales, el nivel de funcionalidad medio fue 64,96% (DE: 20,68%) antes de la intervención y 41,98% (DE: 17,89%) luego de la misma. Se observó una mejora significativa de dicha variable luego de la intervención (z = 2,66; p = 0,002)**(Figura 9**).

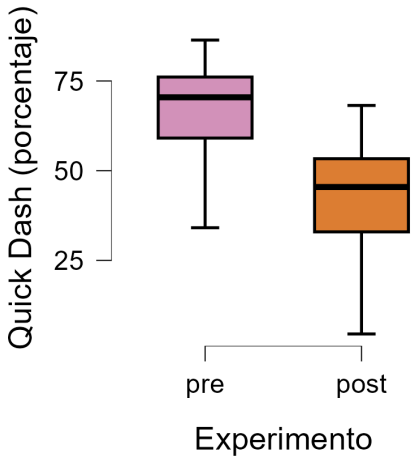


Figura 9. Diagrama de cajas de la prueba QuickDash en relación a la condición pre y post intervención. Los límites de la caja representan el primer (límite inferior) y tercer (límite superior) cuartil, mientras que la línea dentro de la caja representa la mediana. Los bigotes indican los valores máximos y mínimos.

Valoración subjetiva y observaciones de la experiencia de cada recurso.

A partir de la retroalimentación brindada por las personas que conformaron la muestra, resulta pertinente y enriquecedor, describir aquellas expresiones y comportamientos que se manifestaron con mayor frecuencia a lo largo de la intervención terapéutica gradual.

En cuanto al recurso de Lateralidad e Imaginería Motora, la mayoría no tuvo errores significativos en las sesiones con tarjetas, siendo la de mayor facilidad para discernir entre mano derecha e izquierda, las tarjetas realizando actividades. Con respecto a los audios, se observó gran relajación cuerpo-mente, incorporación y movilidad de ambas manos con respecto a lo narrado en los audios, incluso recreando los movimientos descriptos en los mismos. Entre las expresiones más comentadas: "*Las dos manos eran iguales. No existía ninguna dificultad"; "Me olvidé de la imposibilidad de no poder hacerlo, participé en todo*". Refirieron mayor seguridad y menor miedo

al mover su mano lesionada, y en algunas ocasiones, se imaginaban realizando las acciones de su mano compensando o como lo hacían previamente a la lesión.

Con el segundo recurso de Terapia de Espejo, la gran mayoría de los participantes logró concentrarse en el estímulo del espejo, aunque en algunas ocasiones fue necesario reiterar la consigna. Hemos notado que algunas personas, manifiestaron dificultad para comprender la utilidad del recurso, emergiendo expresiones como: “me resulta raro”. Así mismo, se registraron comentarios como que el reflejo “engaña”, al generar la percepción de que ambas manos se movían de la misma manera, lo cual estimulaba a mover la mano lesionada, y provocaba que “*desapareciera la sensación de limitación*".

En cuanto al último recurso, que comprendió el uso la Realidad Virtual No inmersiva mediante diversos juegos de la consola Wii, se observó una mejora progresiva en el transcurso de las sesiones, a medida que los participantes se familiarizaron con la tecnología. Este interés impulsaba a las personas a intentar finalizar las partidas a pesar de las dificultades. Así mismo, se identificaron estados de disfrute, motivación, entusiasmo, y compromiso. Aunque en ciertos casos se percibió una tendencia a la frustración, ante la dificultad para el manejo del dispositivo. Cabe resaltar que algunos participantes refirieron extrañar las sesiones debido a una óptima adherencia a las mismas, manifestando un menor interés por el tratamiento convencional al percibirlo como menos motivador. También refirieron comenzar las sesiones convencionales con menor dolor y rigidez. Al jugar, emergieron frases como: *‘’¿Soy yo? no me di cuenta de que podía mover tanto la muñeca*”. Por último, este recurso propició un encuadre terapéutico diferente, en el cual lo vincular también se vio enriquecido, estimulando a que los participantes se expresaran de otra manera con las investigadoras. La dinámica de jugar con un compañero generó un incremento en el interés, el compromiso y la adherencia a la sesión.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

El presente estudio tuvo como objetivo explorar la efectividad de la aplicación de la Intervención Terapéutica Gradual, con respecto a la variabilidad del nivel de dolor, el grado de amplitud articular y el grado de funcionalidad en personas intervenidas quirúrgicamente luego de una fractura radio distal en la Clínica de Fracturas y Ortopedia (CLIFORT) de la Ciudad de Mar del Plata.

A partir de los resultados expuestos, se evidenció que dicha intervención contribuyó a aumentar el grado de funcionalidad y la amplitud articular, (la flexo-extensión, la desviación radial, la desviación cubital y la prono-supinación). En cuanto al nivel de dolor, no se evidencio una variabilidad significativa.

Estos resultados se encuentran en concordancia con el estudio de *Dilek B.et al.,* (2017) sobre la eficacia de la imaginería graduada en la mejora de la función motora en personas con fractura de radio distal, y el estudio de revisión sistemática de *Nascimento y Araújo de Carvalho* (2022) sobre la Terapia Ocupacional y el uso de juegos de realidad virtual en el tratamiento de adultos.

Retomando el objetivo de conocer la viabilidad de estos abordajes en el contexto clínico de la Terapia Ocupacional, se observó una respuesta positiva en las personas que participaron de la muestra, ya que fue sumamente enriquecedor por la adherencia que el recurso proporcionó y la motivación que generó. De todas maneras, es importante destacar que el recurso de Imaginería Motora requiere un espacio que predisponga a la relajación, y dado que en la CLIFORT, el abordaje es grupal-individual, en algunas ocasiones el encuadre dificulta este tipo de intervención. Así mismo ocurre con la Realidad Virtual no inmersiva, ya que requiere un espacio adaptado a las necesidades de este tipo de tecnología para ser aplicada sin ninguna dificultad. También, aquellos que participen de este tipo de intervención tienen que tener cierto tipo de características que les permita responder a las demandas de la virtualidad. Hemos notado que en ciertas personas era necesario más cantidad de sesiones de realidad virtual no inmersiva para terminar de comprender su uso y lograr comodidad con el mismo. En cuanto al recurso de terapia de espejo, fue el más accesible dentro de este encuadre, ya que se pudo implementar sin dificultades en el contexto clínico. Este hallazgo coincide con lo planteado por *Castro-alzate ES, Aguía-Rojas K*, y otros (2016), quienes concluyen que la Terapia de Espejo constituye una modalidad de intervención en Terapia Ocupacional que facilita procesos de rehabilitación funcional.

Se espera que esta investigación, centrada en recursos novedosos como complemento de la rehabilitación convencional, contribuya al desarrollo de un campo de estudio que ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años y que sus hallazgos puedan servir de referencia para

futuras investigaciones. Asimismo permitió profundizar en una temática que hasta el momento ha sido escasamente abordada desde el área de la Traumatología y la Terapia Ocupacional. Como estudiantes este proceso nos brindó la oportunidad de integrar los conocimientos teóricos con la práctica y en el camino, enriquecernos de estas nuevas experiencias.

Desde la Terapia Ocupacional, creemos importante mantener el eje en aquellos lineamientos propuestos desde el área de la rehabilitación física, sin perder la esencia de la propia profesión. Si bien se busca aumentar la amplitud articular, el grado de funcionalidad y disminuir el nivel de dolor, la mirada ocupacional está puesta en que aquellas personas que atraviesan algún proceso de rehabilitación, puedan volver a participar satisfactoriamente de aquellas ocupaciones y actividades que dan sentido a su día, ya sea en la preparación del desayuno antes de ir a trabajar, cargar a un bebé recién nacido o atender el jardín con plantas que tanto aman. La mirada se encuentra en el hacer significativo. Se apela a la creatividad, por esto mismo se buscan técnicas novedosas que puedan enriquecer a la profesión.

Aunque se trata de un estudio de alcance preliminar, se aspira a que sus hallazgos contribuyan a la construcción colectiva de conocimientos en Terapia Ocupacional y motiven nuevas búsquedas investigativas y prácticas profesionales comprometidas con la innovación y la transformación de los procesos de rehabilitación.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Es importante destacar que no se pudieron establecer los cambios exclusivos de implementar la Intervención Terapéutica Gradual, debido a que las técnicas fueron aplicadas de modo gradual y secuencial, dentro de un tratamiento ya establecido. El estudio es un primer acercamiento desde el servicio de Terapia Ocupacional para comprender cómo estos recursos se pueden aplicar en el área de la traumatología luego de una intervención quirúrgica, ya que desde la literatura existente se abordan estas técnicas principalmente en el área de rehabilitación neurológica y gerontológica. Como fuente de invalidez interna, no se estableció un grupo control. Todos las personas que formaron la muestra recibieron por igual la intervención, por lo tanto, no se pudieron comparar resultados significativos entre grupos. Como fuente de invalidez externa, existe la interferencia de tratamiento múltiple, ya que es una intervención que se conforma de varias técnicas/recursos secuenciales y graduales, cuyo resultado proviene de la aplicación en conjunto de todas las técnicas. No se conoce como sería la eficacia de las mismas por separado, y en caso de replicarse en otro entorno, deberá ser de la misma manera o similar.

BIBLIOGRAFÍA

Aguado Fidalgo, A. (2015). *Realidad virtual aplicada a la rehabilitación física.* (Trabajo final de grado) Universidad Carlos III de Madrid. Escuela politécnica superior, Leganés

Aguilera, R., Zafra, E., & Ibacache, A. (2013). Terapia de espejo para mejorar la función motora en sujetos con accidente vascular cerebral: CAT. Medwave.

American Occupational Therapy Association. (2015). *Marco de trabajo para la práctica de terapia ocupacional: Dominio y proceso* (3.ª ed., traducción no oficial para uso docente). Escuela de Terapia Ocupacional, Universidad Mayor. (Trabajo original publicado en 2014).

American Occupational Therapy Association. (2020). *Marco de trabajo para la práctica de terapia ocupacional: Dominio y proceso* (4.ª ed.). Universidad San Sebastián.

Aravena Barrales, F., & Molina Belmar, I. (2017). *Efectividad de la terapia de espejo en comparación con el tratamiento convencional en pacientes que presenten el Síndrome de Dolor Regional Complejo Tipo I posterior a fractura distal de radio* (Tesis de licenciatura). Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

Ayciriex, M., & Verdi, L. (2014). *Biomecánica y propiocepción de muñeca* [Revisión bibliográfica]. Universidad Nacional de Mar del Plata. Recuperado de https://es.slideshare.net/slideshow/biomecanica-y/32327641

Bijur, P. E., Silver, W., & Gallagher, E. J. (2001). *Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain*. **Academic Emergency Medicine, 8**(12), 1153–1157.

Cantero Téllez, R. (2020). Fractura distal de radio. En Terapia de mano basada en el razonamiento y la práctica clínica (pp. 125–134). Universidad Internacional de Andalucía.

Carlos A. Aguado F. (2015). Realidad virtual aplicada a la rehabilitación física. (Tesis de grado). Universidad Carlos III de Madrid, Escuela Politécnica Superior, Leganés. https://hdl.handle.net/10016/23049

Carvalho, D., Teixeira, S., Lucas, M., Yuan, T. F., Chaves, F., Peressutti, C., & Arias-Carrión, O. (2013). The mirror neuron system in post-stroke rehabilitation. International Archives of Medicine, 6, 1–7.

Castro-Alzate ES., Aguía-Rojas K., Linares-Murcia L., Yanquén-Castro L., Reyes-Villanueva V. (2016). *Análisis bibliométrico: la terapia de espejo como estrategia de intervención desde la terapia ocupacional en el ámbito clínico*. Rev Ciencias Salud;14(1): 63-74. doi: dx.doi.org/10.12804/revsalud14.01.2016.06

Cavlak, U. (2025). *La imagen motora puede incorporarse a un programa de rehabilitación del ictus* [Editorial]. Journal of Riphah College of Rehabilitation Sciences, 13(3), 124–125. https://dx.doi.org/10.53389/JRCRS.2025130301

Cepeda-Vega, L. C., & Gómez-Blanco, M. A. (2019). Revisión sobre la efectividad de la terapia en espejo en el proceso de rehabilitación de miembros superiores en pacientes con accidente cerebrovascular. Movimiento Científico, 13(2), 47–54. https://revmovimientocientifico.ibero.edu.co/article/view/1642

Copetti, F. (s.f.). *Wii*. Recuperado el 31 de enero de 2026, de https://www.copetti.org/es/writings/consoles/wii/

Cosentino, R., & Cosentino, R. V. (2001). Miembro superior: Semiología con consideraciones clínicas y terapéuticas. La Plata, Argentina: Grafikar.

Cuenca Martínez, F. (2021). Imaginería Motora y Tratamiento del Dolor. *NeuroRehabNews*, (Octubre). https://doi.org/10.37382/nrn.Octubre.2016.525

D´Amico Lao, D. S., & Verón Fernández, M. A. (2022). El ejercicio terapéutico cognoscitivo: Método Perfetti aplicado en fracturas de muñeca. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social, Licenciatura en Terapia Ocupacional.

Del Pozo Blanco, O. (2017). *Efectos sobre el dolor y la función de la terapia del espejo en el síndrome del túnel del carpo bilateral* (Tesis doctoral). Universitat de València. https://www.tdx.cat/handle/10803/454720

Diaz Castro, W. M & Rodriguez Lopez, Y.C. (2019). Método Perfetti como estrategia terapéutica en la rehabilitación de pacientes con enfermedad cerebrovascular: revisión bibliográfica. Movimiento Científico, 13(1), 65-70.

Dilek, B., Ayhan, C., Yagci, G., & Yakut, Y. (2018). *Effectiveness of the graded motor imagery to improve hand function in patients with distal radius fracture: A randomized controlled trial*. **Journal of Hand Therapy, 31(1), 2–9**. https://doi.org/10.1016/j.jht.2017.09.004

Durand, S., Harder, Y., Durdzińska Timoteo, A., Guttmann, C., Mercier, J., & Jacques, V. (2025). *Left hand, right hand: Understanding laterality and its impact on surgery*. **Hand Surgery and Rehabilitation, 44**(5), 102265. https://doi.org/10.1016/j.hansur.2025.102265

Gajdosik, R. L., & Bohannon, R. W. (1987). *Clinical measurement of range of motion: Review of goniometry emphasizing reliability and validity*. **Physical Therapy, 67**(12), 1867–1872.

Gállego Murillo, M. J., Blanco Ruiz de Loizaga, E., Cabrillo Cotero, M. M., Nadal Zuferri, M., Palomares Peña, M. P., & Domingo Esteban, S. (2023). *Imaginería motora graduada*. **Revista Sanitaria de Investigación**

García-Pascual, I. (2021). La imaginería motora como entrenamiento del equilibrio y la movilidad. *NeuroRehabNews*. https://doi.org/10.37382/nrn.Diciembre.2021.513

García Carrasco D, Aboitiz Cantalapiedra J.(2016) Efectividad de la imaginería o práctica mental en la recuperación funcional tras el ictus: revisión sistemática. Neurología. 31:43–52. DOI: 10.1016/j.nrleng.2013.02.008

Glännfjord, F., Hemmingsson, H., & Larsson Ranada, Å. (2016). *Older people's perceptions of the use of the Wii Sports Bowling game – A qualitative study*. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy, 24*(5), 329–338. https://doi.org/10.1080/11038128.2016.1267259

Hawker, G. A., Mian, S., Kendzerska, T., & French, M. (2011). *Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain)*. **Arthritis Care & Research, 63**(S11), S240–S252.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Hooper, B., & Wood, W. (2019). En B. A. Boyt Schell, G. Gillen & M. Scaffa (Eds.), *Willard & Spackman: Terapia ocupacional*. Editorial Médica Panamericana.

Huskisson, E. C. (1974). *Measurement of pain*. **The Lancet, 304**(7889), 1127–1131.

Kang, Y. J., Ku, J., Kim, H. J., & Park, H. K. (2011). Facilitation of corticospinal excitability according to motor imagery and mirror therapy in healthy subjects and stroke patients. Annals of Rehabilitation Medicine

Kennedy, C. A., Beaton, D. E., Smith, P. M., Van Eerd, D., Tang, K., Inrig, T., Hogg-Johnson, S., Linton, D., & Couban, R. (2013). *Measurement properties of the QuickDASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) outcome measure and cross-cultural adaptations of the QuickDASH: A systematic review*. **Quality of Life Research, 22**, 2509–2547. https://doi.org/10.1007/s11136-013-0362-4

Kielhofner, G. (2004). Modelo de ocupación humana (MOHO): teoría y aplicación. Editorial Médica Panamericana.

Kim, H., & Shim, J. (2015). Investigation of the effects of mirror therapy on the upper extremity functions of stroke patients using the manual function test. Journal of Physical Therapy Science, 227–229.

Knott, M., & Voss, D. E. (1987). *Facilitación neuromuscular propioceptiva: patrones y técnicas* (3.ª ed.). Editorial Médica Panamericana.

Fernández, D. L., & Wolfe, S. W. (2007). Fracturas del extremo distal del radio. En D. P. Green, R. N. Hotchkiss, W. C. Pederson & S. W. Wolfe (Eds.), Green. Cirugía de la mano (Vol. 1, cap. 16). Madrid: Marbán.

Larocca, F. E. (s. f.). Neuronas espejo: neurociencia aplicada.

Latarjet, M., & Liard, A. (2004). *Anatomía humana* (3ª ed., Vol. 1). Editorial Médica Panamericana.

Lim, K. B., Lee, H. J., Yoo, J., Yun, H. J., & Hwang, H. J. (2016). Efficacy of mirror therapy containing functional tasks in poststroke patients. Annals of Rehabilitation Medicine, 629–636.

Lluch, A., Salvà, G., Esplugas, M., Llusá, M., Hagert, E., & García-Elias, M. (2015). *El papel de la propiocepción y el control neuromuscular en las inestabilidades del carpo*. Revista Iberoamericana de Cirugía de la Mano, 43(1), 70–78. https://doi.org/10.1016/j.ricma.2015.06.012

Lobo, A. M. (2013). Efectos de un entrenamiento en un entorno virtual en el rendimiento de la marcha y las funciones cognitivas en personas mayores sanas (Tesis (Máster). Universidad de São Paulo, São Paulo. Recuperado de https://teses.usp.br/teses/disponiveis/47/47135/tde-30072013-115907

López, M. (2024). *Efectos de la aplicación de esferodinamia en el protocolo de rehabilitación de fracturas radio distales intervenidas quirúrgicamente* [Plan de tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social].

María Maite León López (2012). *Biomecánica y propiocepción de muñeca* (Trabajo de fin de grado). Universitat de Barcelona. Recuperado de https://diposit.ub.edu/server/api/core/bitstreams/299a23c3-abc7-48c7-9400-80d00ae72f79/content

Martínez Muñoz, B., Obregón Carabalí, L., & Sánchez Alarcón, R. (2015). El modelo biomecánico en terapia ocupacional. *TOG (A Coruña)*, 12(Supl. 10), 115–208. Recuperado el 31 de enero de 2026, de http://www.revistatog.com/suple/num10/biomecanico.pdf

Moraes, V. B., Andrade, M. M. A., Toyoda, C. Y., & Araújo, R. D. C. T. (2016). El uso de la Nintendo Wii como recurso terapéutico para personas mayores: un análisis de actividad desde el punto de vista de la Terapia Ocupacional. Cadernos Brasileiros de terapia ocupacional, 24(4), 705–714. https://doi.org/10.4322/0104-4931.ctoAO0640

Moreno, F., Ojeda, J., Ramírez, E. J., Mena, C., Rodríguez, O., Rangel, J., Álvarez, S. (2013). *Un framework para la rehabilitación física en miembros superiores con*

realidad virtual. En **Primera Conferencia Nacional de Computación, Informática y Sistemas (CoNCISa 2013)**. Naiguatá, Venezuela.

Nascimento, C. O. do, & Araújo de Carvalho, C. R. (2022). Terapia ocupacional y el uso de juegos de realidad virtual en el tratamiento con personas mayores. Revista Chilena De Terapia Ocupacional, 23(2). https://doi.org/10.5354/0719-5346.2022.66857

Page, S. J., Levine, P., & Leonard, A. (2007). *Práctica mental en el ictus crónico: resultados de un ensayo aleatorizado controlado con placebo* [*Mental practice in chronic stroke: results of a randomized, placebo-controlled trial*]. **Stroke, 38**(4), 1293–1297. https://doi.org/10.1161/01.STR.0000260205.67348.2b

Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F., & Merabet, L. B. (2005). *The plastic human brain cortex*. **Annual Review of Neuroscience, 28**, 377–401. https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144216

Pautas éticas internacionales para la investigación relacionada con la salud con seres humanos, Cuarta Edición. Ginebra: Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS); 2016. PAUTAS_ETICAS_INTERNACIONALES.pdf (cioms.ch)

Peral Gómez, P., Valera Gran, D., Obregón Carabal, L., Espinosa Sempere, C., Juárez Leal, I., & Sánchez Pérez, A. (2020). Uso de la realidad virtual en terapia ocupacional: Estudio transversal en centros de neurorrehabilitación de Alicante. *Revista Electrónica de Terapia Ocupacional Galicia (TOG), 17*, 112–121.

Perdomo Delgado, C. N. (2019). Tecnología de asistencia en terapia ocupacional: uso del modelo HAAT [Assistive technology in occupational therapy: Use of the HAAT model]. **Revista electrónica de terapia ocupacional Galicia, TOG, 16**(30), 272–275. Recuperado de https://www.revistatog.es/ojs/index.php/tog/article/view/46/36 el 30/01/2026.

Pérez Mármol, J. M. (2020). Valoración funcional de la mano. En Terapia de mano basada en el razonamiento y la práctica clínica (pp. 31–41). Universidad Internacional de Andalucía.

Pino Tenemaza, M. (2024) *Terapia de espejo como rehabilitación en pacientes con secuela de parálisis braquial obstétrica* (PBO). (Tesis de Grado) Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

Polonio López, B. (2015). Uso de la actividad y la ocupación en el tratamiento de personas con disfunciones físicas. En B. Polonio López (Dir.), *Terapia ocupacional en disfunciones físicas: teoría y práctica* (pp. 91–104). Editorial Médica Panamericana.

Prado Robles, E., & Delgado Gil, J. A. (2019). *Efectos de la imaginería motora aplicada durante el periodo de inmovilización o posquirúrgico en miembro superior: una revisión sistemática*. **Fisioterapia, 41**(4), 219–226. https://doi.org/10.1016/j.ft.2019.05.002

Putnam, M. D., & Seitz, W. H., Jr. (2001). Fracturas distales del radio. En R. W. Bucholz & J. D. Heckman (Eds.), Rockwood y Green. Fracturas en el adulto (5ª ed., Vol. 2). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Raja, S. N., Carr, D. B., Cohen, M., Finnerup, N. B., Flor, H., Gibson, S., **et al.** (2020). *The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: Concepts, challenges, and compromises*. **Pain, 161**(9), 1976–1982. https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001939

Ramírez-Mansilla, M. (2016). Tratamiento de la hemiplejia post-accidente cerebrovascular con terapia de espejo [Trabajo académico]. Universidad de Jaén.

Reboredo Silva, M., & Soto-González, M. (2016). *Efectos de la terapia de espejo en el ictus: revisión sistemática*. Fisioterapia, 38(2), 90-98. https://doi.org/10.1016/j.ft.2015.05.002

Rouvière, H., & Delmas, A. (2005). Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional. Tomo 3: Miembros (11ª ed.). Elsevier Masson. ISBN 978-84-458-1315-7.

Rubio-Oyarzún, D., Araya-Quintanilla, F., Gutiérrez-Espinoza, H., Olguín-Huerta, C., Fritz, Y., & Arias-Poblete, L. (2018). *Terapia de juicio de lateralidad e imaginería de movimiento y ejercicios de activación muscular selectiva glenohumerales en sujetos con ruptura masiva del manguito rotador: Serie de casos*. Revista de la Sociedad Española del Dolor, 25(4), 197–206. https://doi.org/10.20986/resed.2017.3610/2017

Rumbo-Prieto, J. M., Fernández-Martínez, M. E., Pérez-Corral, O., & García-Collado, M. A. (2014). Opinión de enfermería y concordancia entre las escalas visual analógica,

verbal simple y numérica en la valoración del dolor agudo. *Enfermería Clínica*, *24*(2), 123–128.

Serna Trejos, J. S., Bermudez Moyano, S. G., & Prado Molina, D. G. (2024). Consideraciones sobre la realidad virtual en el trauma ortopédico [Carta al editor]. *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología, 38*. https://revortopediatraumatol.sld.cu/index.php/ortop/article/view/1056

Silva, K. G. da. (2013). Efectos del entrenamiento con la Nintendo® Wii en el equilibrio postural y las funciones ejecutivas de adultos mayores sanos, un estudio clínico longitudinal, controlado y aleatorizado (Tesis (Máster). Universidad de São Paulo, São Paulo. Recuperado de https://teses.usp.br/teses/disponiveis/47/47135/tde-30072013-122720/

Silva, S., Borges, L. R. D. M., Santiago, L., Lucena, L., Lindquist, A. R., & Ribeiro, T. (2020). *Motor imagery for gait rehabilitation after stroke*. *Cochrane Database of Systematic Reviews, 2020*(9), CD013019. https://doi.org/10.1002/14651858.CD013019.pub2

Taboadela, C. H. (2007). *Goniometría: una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales*. Asociart ART.

Team (2026). JASP (Version 0.97.0)[Computer software]

Tortora, G. J., & Derrickson, B. H. (2006). *Principios de anatomía y fisiología* (11.ª ed.). Editorial Médica Panamericana.

Trincado-Alonso, F., Dimbwadyo-Terrer, I., de los Reyes-Guzmán, A., López-Monteagudo, P., Bernal-Sahún, A., & Gil-Agudo, Á. (2014). Kinematic metrics based on the virtual reality system Toyra as an assessment of upper limb rehabilitation in people with spinal cord injury. *BioMed Research International*, *2014*, Article 904985. https://doi.org/10.1155/2014/904985

van Rijn, S. F., Zwerus, E. L., Koenraadt, K. L., Jacobs, W., & van den Bekerom, M. P. J. (2018). *The reliability and validity of goniometric elbow measurements in adults: A systematic review of the literature*. **Shoulder & Elbow, 10**(4), 274–284.

Vidrios-Serrano, C.A, Maldonado-Fregoso, B. R, Bonilla-Gutiérrez, I, Mendoza-Gutiérrez , M. O, González-Galván, E, J. (2018). Integración de Un Sistema Robótico de Terapia Ocupacional para Extremidades Superiores con Estimulación Visual/Táctil de Los Pacientes. Revista mexicana de ingeniería biomédica. (vol.39 no.2). https://doi.org/10.17488/rmib.39.2.2

ANEXOS

Anexo 1: Consentimiento informado

Título del estudio

Aplicación de imaginería motora, terapia del espejo y realidad virtual no inmersiva en la rehabilitación post quirúrgica de fractura de radio distal.

Investigadoras

Arcidiacono, Martina; Camparo, Valentina; Pereyra Cortez, Erika Maylen.

Objetivo

Explorar la efectividad de la imaginería motora, la terapia del espejo y la realidad virtual no inmersiva en la reducción del dolor, el aumento de la amplitud articular y la mejoría en la funcionalidad del miembro afectado como abordaje complementario en el proceso de rehabilitación funcional del miembro superior, en personas con diagnóstico de fractura de radio distal intervenidas quirúrgicamente en el marco de tratamiento de Terapia Ocupacional en la clínica de Fracturas y Ortopedia, de la ciudad de Mar del Plata durante los meses de noviembre de 2025 y abril de 2026.

Procedimiento

Me han indicado que tendré que responder en dos momentos establecidos, un cuestionario estandarizado sobre mi funcionalidad de miembro superior y una escala visual analógica sobre el nivel de dolor. También seré evaluado mediante Goniometría, al comienzo y al final de la investigación. Me han informado que se tomarán fotos y/o videos del proceso con el fin de recabar la experiencia.

Confidencialidad

Toda información obtenida en el curso de la investigación es estrictamente confidencial y no será utilizada para ningún otro propósito fuera de este estudio sin mi consentimiento. Mi identidad será mantenida en anonimato.

Derecho a rehusar o abandonar

He sido informado(a) que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno.

Consentimiento:

Consiento mi participación en este estudio de forma voluntaria.

_____ _____ _____ _____

Firma Participante Firma investigadoras

Teléfono de contacto:

Anexo 2: Registro de evaluación inicial y evaluación final

REGISTRO

Nombre: Edad: Sexo: Ocupación: Dominancia: Cobertura: Fecha de la lesión: Fecha de QX:	
Evaluación inicial	**Evaluación Final**
Fecha:	Fecha:
VAS:	VAS:
Goniometria V: /: D.R D.C Prono: Sup:	Goniometria V: /: D.R: D.C: Prono: Sup:
Q.DASH:	Q. DASH:

Anexo 3: Cuestionario Quick Dash

Cuestionario breve de discapacidad de Hombro, codo y mano.

Evalúa la capacidad para realizar las siguientes actividades durante la última semana.	Ninguna dificultad	Dificultad leve	Dificultad moderada	Dificultad severa	Incapaz
1- Abrir un frasco nuevo o muy apretado.					
2-Realizar tareas domésticas pesadas (fregar el suelo, limpiar la pared…).					
3-Cargar con una bolsa o maletín pesado.					
4-Lavarse la espalda.					
5-Cortar comida con cuchillo.					
6-Realizar actividades de ocio que requieren					

esfuerzo utilizando el brazo, hombro o la mano (jugar al golf, tenis, a los bolos).					
7-Durante la última semana, ¿Su problema en el brazo, hombro o mano le ha supuesto alguna dificultad en la realización de las actividades sociales con sus familiares, amigos, vecinos u otros grupos?.	Ninguna dificultad	Dificultad leve	Dificultad moderada	Dificultad severa	Dificultad extrema
8-Durante la semana pasada, ¿estuvo limitado en su trabajo o en cualquier otra de su actividades diarias como resultado de su problema en el	Nada	Levemente	Moderadamente	Bastante	Extremadamente

brazo, hombro o mano?.					
Califica la severidad de los siguientes síntomas durante la última semana.	Nada	Leve	Moderado	Bastante	Extremo
9-Dolor de brazo, Hombro o Mano.					
10-Hormigueo o sensación de tener alfileres en su hombro, codo, mano.					
11-Cuánta dificultad tuvo en la última semana para dormir debido a su dolor en el hombro, codo o mano.	Ninguna dificultad	Dificultad leve	Dificultad moderada	Dificultad severa	La dificultad no me deja dormir

Anexo 4: Escala Visual Analógica

