Editorial Ciencia y Descubrimiento

Fisioterapia Inteligente

Inteligencia Artificial, Tecnologías Emergentes y Transformación Digital en la Rehabilitación Humana



Autor:
Villalobos Teanga, Carlos Sebastián

Coautoras:
- Recalde Rodríguez, Adriana Cristina
- Molina Rosero, Estefanía Elizabeth
- Encalada Morocho, Valeria Nicole
- Pantoja Estrella, Karen Marcela

Fisioterapia Inteligente: Inteligencia Artificial, Tecnologías Emergentes y Transformación Digital en la Rehabilitación Humana.

Villalobos Teanga, Carlos Sebastián[1]

Recalde Rodríguez, Adriana Cristina[2]

Molina Rosero, Estefanía Elizabeth[3]

Encalada Morocho, Valeria Nicole[4]

Pantoja Estrella, Karen Marcela[5]

[1]Correo: fisiosebasvillalobos@gmail.com Universidad Técnica del Norte Ibarra-Ecuador Licenciando en Terapia Física Médica Magister en entrenamiento Deportivo Diplomado en discapacidad, actividad física y deportes adaptados https://orcid.org/0009-0004-2822-7677

[2]Correo: rrac2007@hotmail.com Universidad Técnica del Norte Ibarra-Ecuador Licenciada en Terapia Física Médica Magister en Entrenamiento Deportivo https://orcid.org/0009-0004-6705-7391

[3]Correo: eemolinar@utn.edu.ec Universidad Técnica del Norte Ibarra - Ecuador Licenciada en Terapia Física/ Magister en entrenamiento deportivo https://orcid.org/0009-0008-6045-932X

[4]Correo: vnencaladam@utn.edu.ec Universidad Tecnica del Norte Licenciada en Fisioterapia/ Magister en Terapia Respiratoria https://orcid.org/0009-0006-1772-1885 Ibarra - Ecuador

[5]Correo: kmpantojae@utn.edu.ec Universidad Técnica del Norte Ibarra-Ecuador Licenciada en Terapia Física Médica / Magister en Neurorrehabilitacion https://orcid.org/0009-0003-4529-8621

Fisioterapia Inteligente: Inteligencia Artificial, Tecnologías Emergentes y Transformación Digital en la Rehabilitación Humana.

Villalobos Teanga, Carlos Sebastián
Recalde Rodríguez, Adriana Cristina
Molina Rosero, Estefanía Elizabeth
Encalada Morocho, Valeria Nicole
Pantoja Estrella, Karen Marcela

EDITORIAL CIENCIA Y DESCUBRIMIENTO
Sello Editorial: 978-9942-7299
Email: info@cienciaydescubrimiento.com Quito–Ecuador

AUTOR DE ILUSTRACIONES, DIAGRAMACIÓN, DISEÑO DE CUBIERTA Y EDICIÓN GRÁFICA EDITORIAL CIENCIA Y DESCUBRIMIENTO DIRECCIÓN EDITORIAL
Editorial Ciencia y Descubrimiento

ISBN: EN PROCESO

DOI: 10.63816/ez2tme57

PUBLICACIÓN

Octubre 2026

LIBRO DIGITAL©

Todos los derechos reservados para el autor. La reproducción total o parcial de la presente obra por cualquier medio, queda rigurosamente prohibido

Contenido

PRÓLOGO 12

INTRODUCCIÓN 18

CAPÍTULO I 24

Fundamentos de la fisioterapia inteligente y la nueva rehabilitación humana 24

1.1. Evolución de la fisioterapia hacia los ecosistemas digitales de salud 24

1.1.1. Transformaciones históricas de la fisioterapia y nuevos paradigmas de rehabilitación 24

1.1.2. De la rehabilitación convencional a los modelos inteligentes centrados en la persona 28

1.1.3. Salud digital, conectividad clínica y transformación de los servicios fisioterapéuticos 33

1.1.4. Competencias digitales del fisioterapeuta en los escenarios sanitarios del siglo XXI 37

1.2. Fundamentos científicos y tecnológicos de la fisioterapia inteligente 41

1.2.1. Neuroplasticidad, aprendizaje motor y recuperación funcional en entornos tecnológicos 41

1.2.2. Biomecánica digital y análisis computacional del movimiento humano 45

1.2.3. Neurociencia aplicada y mecanismos de adaptación en la rehabilitación física 49

1.2.4. Integración de datos clínicos, funcionales y biomecánicos para la toma de decisiones 54

1.3. Paradigmas emergentes en la rehabilitación personalizada 58

1.3.1. Medicina de precisión y fisioterapia personalizada basada en datos 58

1.3.2. Modelos biopsicosociales y atención integral apoyada por tecnologías inteligentes 62

1.3.3. Rehabilitación predictiva, preventiva y adaptativa 66

1.3.4. Humanización de la atención fisioterapéutica en escenarios de transformación digital 71

CAPÍTULO II 76

Inteligencia artificial y análisis inteligente en fisioterapia 76

2.1. Inteligencia artificial aplicada a la evaluación y al diagnóstico funcional 76

2.1.1. Fundamentos de inteligencia artificial, aprendizaje automático y aprendizaje profundo en fisioterapia 76

2.1.2. Visión artificial y reconocimiento de patrones del movimiento humano 79

2.1.3. Algoritmos de apoyo a la valoración funcional y detección de alteraciones musculoesqueléticas 82

2.1.4. Interpretación clínica, validación y limitaciones de los sistemas inteligentes de evaluación 86

2.2. Sistemas inteligentes para la planificación y personalización terapéutica 89

2.2.1. Modelos predictivos de recuperación funcional y pronóstico de rehabilitación 89

2.2.2. Algoritmos para la selección, dosificación y progresión de ejercicios terapéuticos 92

2.2.3. Sistemas de recomendación clínica y adaptación dinámica de programas de tratamiento 95

2.2.4. Inteligencia artificial generativa y asistentes virtuales como apoyo al fisioterapeuta 98

2.3. Analítica avanzada y toma de decisiones clínicas basada en datos 101

2.3.1. Big Data y análisis de información clínica en rehabilitación 101

2.3.2. Indicadores digitales para el seguimiento de la evolución funcional 104

2.3.3. Modelos de predicción de riesgos, recaídas y adherencia terapéutica 107

2.3.4. Inteligencia artificial explicable, supervisión profesional y seguridad de las decisiones clínicas..... 110

CAPÍTULO III 114

Tecnologías emergentes y nuevos entornos de rehabilitación 114

3.1. Robótica inteligente y dispositivos de asistencia terapéutica..... 114

3.1.1. Robótica de rehabilitación y sistemas automatizados de entrenamiento motor 114

3.1.2. Exoesqueletos inteligentes y tecnologías de asistencia a la movilidad..... 118

3.1.3. Prótesis, órtesis inteligentes y dispositivos de apoyo funcional 121

3.1.4. Integración de sensores, robótica colaborativa y retroalimentación en tiempo real 125

3.2. Realidad virtual, realidad aumentada y entornos inmersivos..... 129

3.2.1. Realidad virtual inmersiva y no inmersiva aplicada a la recuperación motora..... 129

3.2.2. Realidad aumentada y realidad mixta en el entrenamiento terapéutico..... 132

3.2.3. Gamificación, videojuegos terapéuticos y motivación del paciente 136

3.2.4. Diseño de experiencias inmersivas para rehabilitación neurológica, musculoesquelética y geriátrica 139

3.3. Sensores inteligentes, dispositivos vestibles y rehabilitación conectada 143

3.3.1. Dispositivos wearables y monitorización continua del movimiento y la actividad física..... 143

3.3.2. Internet de las Cosas Médicas y ecosistemas de rehabilitación interconectados 146

3.3.3. Electromiografía de superficie, sensores inerciales y plataformas digitales de análisis funcional 150

3.3.4. Biofeedback inteligente y sistemas de seguimiento remoto del ejercicio terapéutico..... 153

CAPÍTULO IV..... 158

Transformación digital, innovación clínica y futuro de la fisioterapia..... 158

4.1. Telerehabilitación y nuevos modelos digitales de atención fisioterapéutica..... 158

4.1.1. Fundamentos y modalidades de telerehabilitación sincrónica y asincrónica..... 158

4.1.2. Plataformas digitales para la evaluación, intervención y seguimiento fisioterapéutico..... 163

4.1.3. Modelos híbridos de rehabilitación presencial y remota centrados en el paciente..... 168

4.1.4. Accesibilidad, adherencia terapéutica y continuidad asistencial mediante tecnologías digitales 173

4.2. Ética, seguridad y gobernanza de la inteligencia artificial en rehabilitación 178

4.2.1. Bioética, autonomía del paciente y responsabilidad profesional en la fisioterapia inteligente..... 178

4.2.2. Protección de datos personales, privacidad clínica y ciberseguridad sanitaria 183

4.2.3. Sesgos algorítmicos, equidad tecnológica y accesibilidad en los servicios de rehabilitación..... 187

4.2.4. Regulación sanitaria, validación clínica y evaluación de riesgos de las tecnologías inteligentes 192

4.3. Innovación, investigación y escenarios futuros de la fisioterapia inteligente 197

4.3.1. Gemelos digitales y simulación personalizada del proceso de rehabilitación humana 197

4.3.2. Investigación clínica digital y evaluación de la efectividad de intervenciones tecnológicas 201

4.3.3. Nuevas competencias profesionales, formación universitaria e investigación interdisciplinaria 206

4.3.4. Perspectivas de la fisioterapia hacia 2035: inteligencia artificial responsable, rehabilitación de precisión y atención humanizada 211

REFERENCIAS 218

PRÓLOGO

La fisioterapia contemporánea atraviesa una transformación significativa impulsada por la convergencia entre las ciencias de la rehabilitación, la inteligencia artificial, la neurociencia y las tecnologías emergentes; este proceso está modificando las formas de comprender el movimiento humano, evaluar las alteraciones funcionales y desarrollar intervenciones terapéuticas adaptadas a las necesidades individuales; la incorporación de herramientas digitales permite ampliar las posibilidades de análisis, seguimiento y recuperación funcional, aunque también plantea desafíos relacionados con la formación profesional, la seguridad clínica y la accesibilidad tecnológica; en este escenario, la innovación adquiere sentido cuando contribuye a mejorar la autonomía, la funcionalidad y la calidad de vida de las personas.

La evolución de la fisioterapia hacia modelos inteligentes responde a la necesidad de fortalecer los procedimientos tradicionales mediante recursos científicos y tecnológicos que complementen la valoración y el razonamiento clínico; durante décadas, la profesión ha consolidado sus fundamentos en la anatomía, la fisiología, la

biomecánica y la aplicación de intervenciones sustentadas en evidencia, mientras que actualmente dispone de nuevas posibilidades para integrar información clínica, funcional y neuromuscular; esta transformación favorece una comprensión más amplia de los procesos de recuperación, en la que los datos obtenidos mediante tecnologías digitales pueden contribuir a identificar cambios, reconocer necesidades y orientar decisiones terapéuticas, sin sustituir la experiencia profesional ni la atención individualizada.

En este contexto surge Fisioterapia Inteligente: Inteligencia Artificial, Tecnologías Emergentes y Transformación Digital en la Rehabilitación Humana, una obra orientada a comprender las relaciones entre los fundamentos científicos de la fisioterapia y las oportunidades que ofrecen las innovaciones tecnológicas; su propósito consiste en analizar críticamente las aplicaciones de la inteligencia artificial, la biomecánica digital, los sistemas predictivos y las herramientas computacionales en los procesos de rehabilitación; esta perspectiva reconoce que la tecnología no constituye una solución universal, sino un conjunto de recursos complementarios cuya incorporación

debe responder a necesidades clínicas concretas, criterios de seguridad y evidencia científica que respalde su utilización.

La inteligencia artificial representa uno de los componentes centrales de esta evolución, debido a sus posibilidades para reconocer patrones de movimiento, analizar información funcional y desarrollar modelos de apoyo a la planificación terapéutica; mediante técnicas de aprendizaje automático, aprendizaje profundo y visión artificial es posible explorar nuevas estrategias de evaluación biomecánica, seguimiento de ejercicios y estimación de determinados resultados clínicos; sin embargo, la utilización de estos sistemas exige considerar la calidad de los datos, la transparencia de los algoritmos, la validación de sus resultados y la supervisión profesional, especialmente cuando las recomendaciones tecnológicas pueden influir en decisiones relacionadas con la recuperación y el bienestar de los pacientes.

Las tecnologías emergentes también están ampliando los escenarios de intervención fisioterapéutica mediante la incorporación de robótica de rehabilitación, exoesqueletos, dispositivos vestibles y entornos de realidad virtual y aumentada; estos recursos ofrecen posibilidades para

complementar el entrenamiento motor, proporcionar retroalimentación durante la ejecución de actividades y registrar indicadores relacionados con la movilidad, la coordinación y el desempeño funcional; asimismo, los sistemas de biofeedback y las plataformas digitales pueden favorecer la participación del paciente y facilitar el seguimiento de determinadas actividades terapéuticas, siempre que su aplicación considere las características individuales, los objetivos clínicos y las condiciones de seguridad necesarias para una intervención responsable.

La transformación digital también está modificando la organización de los servicios fisioterapéuticos mediante la telerehabilitación, las plataformas de seguimiento remoto y los modelos híbridos de atención; estas modalidades pueden contribuir a fortalecer la continuidad asistencial y reducir determinadas barreras geográficas, especialmente en poblaciones con dificultades para acceder regularmente a los centros de rehabilitación; no obstante, su implementación requiere considerar la conectividad, la alfabetización digital, la protección de datos personales y las desigualdades en el acceso tecnológico; desde esta perspectiva, la fisioterapia inteligente debe fundamentarse en principios éticos que

garanticen la autonomía del paciente, la responsabilidad profesional, la equidad y la humanización de los procesos terapéuticos.

La presente obra se estructura en cuatro capítulos que permiten comprender progresivamente los fundamentos, aplicaciones y perspectivas de la fisioterapia inteligente; el primer capítulo examina la evolución de la profesión, sus bases neurocientíficas y biomecánicas, así como los paradigmas emergentes de rehabilitación personalizada; el segundo analiza las aplicaciones de la inteligencia artificial en la evaluación funcional, la planificación terapéutica y la toma de decisiones basada en datos; el tercero desarrolla las posibilidades de la robótica, los entornos inmersivos, los sensores inteligentes y los dispositivos conectados; finalmente, el cuarto aborda la telerehabilitación, los desafíos éticos, la innovación clínica, la investigación interdisciplinaria y las perspectivas de transformación profesional hacia el año 2035.

En definitiva, la fisioterapia inteligente representa una oportunidad para fortalecer la relación entre conocimiento científico, innovación tecnológica y atención humanizada, reconociendo que la recuperación funcional

constituye un proceso complejo que no puede reducirse exclusivamente a mediciones, algoritmos o dispositivos avanzados; el futuro de la rehabilitación dependerá de la capacidad para integrar responsablemente estas herramientas en intervenciones seguras, accesibles y fundamentadas en evidencia, preservando el juicio clínico y la participación activa del paciente; desde esta visión, el libro invita a estudiantes, docentes, investigadores y profesionales de las ciencias de la salud a reflexionar sobre las transformaciones contemporáneas de la fisioterapia y a contribuir al desarrollo de una rehabilitación más personalizada, ética y comprometida con la dignidad humana.

INTRODUCCIÓN

La fisioterapia contemporánea atraviesa un proceso de transformación impulsado por los avances de la inteligencia artificial, las tecnologías emergentes y la digitalización de los servicios sanitarios; esta evolución ha ampliado las posibilidades de evaluación, intervención y seguimiento de los procesos de recuperación funcional, favoreciendo el desarrollo de modelos terapéuticos más personalizados, conectados y orientados a las necesidades individuales; en este escenario, la integración tecnológica representa una oportunidad para fortalecer la práctica fisioterapéutica mediante herramientas capaces de analizar el movimiento humano, interpretar información clínica y apoyar la toma de decisiones profesionales, sin desplazar el componente humano que caracteriza la atención en rehabilitación.

La incorporación de tecnologías inteligentes en fisioterapia responde a la necesidad de superar determinadas limitaciones de los modelos convencionales de atención, especialmente aquellas relacionadas con el seguimiento continuo, la precisión de las mediciones y la adaptación de los tratamientos; los avances en neurociencia, biomecánica

computacional, aprendizaje motor y análisis de datos permiten comprender con mayor profundidad los mecanismos que intervienen en la recuperación funcional, mientras que los sistemas digitales facilitan el registro de indicadores relacionados con la movilidad, la coordinación y el desempeño físico; esta convergencia científica y tecnológica plantea nuevas perspectivas para desarrollar intervenciones fundamentadas en evidencia, considerando las características clínicas, funcionales y sociales de cada paciente.

Desde esta perspectiva, la fisioterapia inteligente puede comprenderse como un enfoque integrador que articula los fundamentos científicos de la rehabilitación con la inteligencia artificial, los sistemas computacionales y las tecnologías digitales para fortalecer la evaluación y la intervención terapéutica; su propósito no consiste en sustituir las competencias del fisioterapeuta, sino en proporcionar recursos complementarios que permitan identificar patrones funcionales, analizar respuestas al tratamiento y orientar procesos de recuperación individualizados; por consiguiente, la implementación de estas herramientas requiere profesionales capaces de

interpretar críticamente los resultados tecnológicos, reconocer sus limitaciones y mantener el razonamiento clínico como fundamento de las decisiones asistenciales.

La inteligencia artificial constituye uno de los componentes más relevantes de esta transformación, debido a sus posibilidades para analizar grandes volúmenes de información, reconocer patrones del movimiento y desarrollar modelos predictivos relacionados con la evolución funcional; mediante técnicas de aprendizaje automático, aprendizaje profundo y visión artificial es posible explorar aplicaciones orientadas a la valoración biomecánica, la identificación de alteraciones motoras y el seguimiento del ejercicio terapéutico; sin embargo, su utilización debe fundamentarse en procesos rigurosos de validación clínica, supervisión profesional y evaluación de riesgos, considerando que la precisión de los algoritmos puede variar según las características de los pacientes, la calidad de los datos y las condiciones en las que se emplean.

Paralelamente, la robótica de rehabilitación, los exoesqueletos inteligentes, la realidad virtual, la realidad aumentada y los dispositivos vestibles están configurando nuevos entornos de intervención fisioterapéutica; estas

tecnologías ofrecen posibilidades para complementar el entrenamiento motor, proporcionar retroalimentación durante la ejecución de ejercicios y registrar información funcional en diferentes contextos asistenciales; asimismo, los sistemas de biofeedback y las plataformas conectadas pueden favorecer la participación del paciente y facilitar determinados procesos de seguimiento, aunque su efectividad depende de la pertinencia clínica, las condiciones de aplicación y la evidencia disponible; de esta manera, la innovación tecnológica adquiere sentido cuando responde a objetivos terapéuticos concretos y contribuye al bienestar de las personas.

La transformación digital también ha impulsado el desarrollo de modalidades de atención como la telerehabilitación y los programas híbridos que combinan intervenciones presenciales con seguimiento remoto; estas alternativas pueden contribuir a mejorar la continuidad asistencial, especialmente en poblaciones que enfrentan dificultades geográficas, económicas o de movilidad para acceder regularmente a los servicios de fisioterapia; no obstante, su implementación exige considerar aspectos relacionados con la conectividad, la alfabetización digital, la

accesibilidad tecnológica y la seguridad de la información clínica; en consecuencia, el desarrollo de modelos inteligentes de rehabilitación debe acompañarse de principios éticos que garanticen la autonomía del paciente, la equidad en el acceso y la responsabilidad profesional.

El presente libro, titulado “Fisioterapia Inteligente: Inteligencia Artificial, Tecnologías Emergentes y Transformación Digital en la Rehabilitación Humana”, tiene como propósito analizar los fundamentos científicos, las aplicaciones tecnológicas y los desafíos profesionales que caracterizan la evolución de la fisioterapia hacia modelos de atención inteligentes; su contenido se organiza en cuatro capítulos, el primero aborda los fundamentos de la fisioterapia inteligente, la neuroplasticidad, la biomecánica digital y la rehabilitación personalizada; el segundo examina las aplicaciones de la inteligencia artificial en la evaluación funcional, la planificación terapéutica y la toma de decisiones basada en datos; el tercero desarrolla las posibilidades de la robótica, los entornos inmersivos y los dispositivos inteligentes; finalmente, el cuarto analiza la telerehabilitación, la ética, la innovación clínica y las perspectivas de transformación de la fisioterapia hacia 2035.

En definitiva, la fisioterapia inteligente representa una perspectiva de evolución profesional en la que el conocimiento científico, la innovación tecnológica y la atención humanizada deben desarrollarse de manera complementaria; el futuro de la rehabilitación no dependerá exclusivamente de la incorporación de dispositivos avanzados o algoritmos sofisticados, sino de la capacidad para integrar estas herramientas en procesos terapéuticos seguros, accesibles y fundamentados en evidencia; desde esta visión, la obra invita a estudiantes, docentes, investigadores y profesionales de las ciencias de la salud a comprender críticamente las transformaciones contemporáneas de la fisioterapia, promoviendo una práctica orientada a la recuperación funcional, la autonomía personal y el mejoramiento de la calidad de vida.

CAPÍTULO I

Fundamentos de la fisioterapia inteligente y la nueva rehabilitación humana

1.1. Evolución de la fisioterapia hacia los ecosistemas digitales de salud

1.1.1. Transformaciones históricas de la fisioterapia y nuevos paradigmas de rehabilitación

El estudio de la evolución de una práctica predominantemente presencial hacia servicios que combinan evaluación clínica, ejercicio terapéutico y tecnologías de información constituye un punto de partida para analizar la fisioterapia inteligente; esta transición no invalida los procedimientos consolidados de exploración y tratamiento, sino que demanda identificar qué necesidades pueden abordarse mejor mediante recursos complementarios y qué resultados deben mantenerse como indicadores prioritarios; En ese sentido, la Organización Mundial de la Salud ha destacado que ampliar la rehabilitación exige fortalecer la equidad, la disponibilidad de servicios y la planificación

basada en necesidades poblacionales (Organización Mundial de la Salud, 2022; Organización Mundial de la Salud, 2023).

Desde una perspectiva clínica, la continuidad histórica entre el conocimiento anatómico y funcional y los actuales instrumentos de medición digital exige superar explicaciones exclusivamente tecnológicas; el diseño de la intervención requiere reconocer diferencias en diagnóstico, edad, comorbilidades, capacidades, preferencias y posibilidades materiales, de manera que la propuesta tecnológica no imponga un recorrido uniforme a personas con trayectorias distintas; la participación del paciente en las decisiones permite diferenciar las preferencias personales de las hipótesis técnicas y favorece una atención que no reduzca la recuperación a la mera ejecución de ejercicios (Sumner et al., 2023; Merolli et al., 2024).

En el plano metodológico, el reconocimiento de la rehabilitación como servicio esencial en los sistemas sanitarios introduce posibilidades de observación y análisis; la información obtenida debe interpretarse a la luz de la calidad de las mediciones, la reproducibilidad de los protocolos y el significado funcional de los cambios observados, porque un resultado numérico aislado no

equivale necesariamente a una mejora clínicamente importante; por ello, resulta indispensable describir las condiciones de obtención de datos, comparar las mediciones con estándares apropiados y documentar las limitaciones del procedimiento antes de formular recomendaciones (Molina-Garcia et al., 2024; Organización Mundial de la Salud, 2023).

La evidencia contemporánea permite situar la progresiva ampliación de objetivos desde la recuperación de una lesión hacia la participación y el funcionamiento cotidiano dentro de un marco de evaluación prudente; Las revisiones recientes sobre inteligencia artificial y telerehabilitación muestran oportunidades de acceso y seguimiento, pero también heterogeneidad de resultados y vacíos de validación, lo que desaconseja extrapolar beneficios de una herramienta a todas las poblaciones; La prudencia interpretativa resulta especialmente importante cuando se analizan sistemas novedosos, cuyos resultados pueden ser prometedores sin disponer todavía de ensayos suficientes para establecer superioridad clínica (Prisco et al., 2025; Mao et al., 2024).

En la práctica asistencial, la incorporación prudente de plataformas y recursos tecnológicos en escenarios asistenciales diversos debe traducirse en decisiones verificables; Es conveniente definir objetivos observables, seleccionar instrumentos pertinentes y establecer momentos de reevaluación, de forma que las decisiones puedan justificarse y modificarse cuando la respuesta individual no coincida con lo esperado; el seguimiento debe considerar tanto la función como la participación y la experiencia del usuario, evitando confundir frecuencia de uso de una plataforma con eficacia terapéutica demostrada (Sumner et al., 2023; Organización Mundial de la Salud, 2022).

Una dificultad relevante consiste en abordar la necesidad de evaluar efectividad, costos y accesibilidad antes de generalizar innovaciones sin perder de vista la diversidad de contextos; Las diferencias de conectividad, formación, costos y accesibilidad pueden alterar la utilidad de un sistema, mientras que los errores de registro y los sesgos de selección limitan la validez de cualquier interpretación automatizada; una estrategia responsable contempla alternativas presenciales o de baja complejidad para quienes no puedan utilizar los dispositivos, con el fin de

impedir que la innovación incremente desigualdades preexistentes (Merolli et al., 2024; Sumner et al., 2023).

En consecuencia, una identidad profesional que preserve el razonamiento clínico y aproveche los recursos digitales representa una oportunidad de innovación condicionada por criterios profesionales; La implementación sostenible requiere colaboración interdisciplinaria, consentimiento informado, protocolos de seguridad y evaluación de resultados relevantes para la vida diaria, manteniendo al fisioterapeuta como responsable del proceso terapéutico; La perspectiva aquí propuesta integra tecnología y humanización: los datos apoyan la reflexión clínica, pero la finalidad de la rehabilitación continúa siendo ampliar autonomía, bienestar y participación (Organización Mundial de la Salud, 2023; Molina-Garcia et al., 2024).

1.1.2. De la rehabilitación convencional a los modelos inteligentes centrados en la persona

El estudio del desplazamiento de programas estandarizados hacia decisiones ajustadas a metas y capacidades individuales constituye un punto de partida para analizar la fisioterapia inteligente; esta transición no invalida

los procedimientos consolidados de exploración y tratamiento, sino que demanda identificar qué necesidades pueden abordarse mejor mediante recursos complementarios y qué resultados deben mantenerse como indicadores prioritarios; En ese sentido, la Organización Mundial de la Salud ha destacado que ampliar la rehabilitación exige fortalecer la equidad, la disponibilidad de servicios y la planificación basada en necesidades poblacionales (Organización Mundial de la Salud, 2022; Organización Mundial de la Salud, 2023).

Desde una perspectiva clínica, la valoración compartida de necesidades, preferencias y barreras del paciente exige superar explicaciones exclusivamente tecnológicas; el diseño de la intervención requiere reconocer diferencias en diagnóstico, edad, comorbilidades, capacidades, preferencias y posibilidades materiales, de manera que la propuesta tecnológica no imponga un recorrido uniforme a personas con trayectorias distintas; la participación del paciente en las decisiones permite diferenciar las preferencias personales de las hipótesis técnicas y favorece una atención que no reduzca la

recuperación a la mera ejecución de ejercicios (Sumner et al., 2023; Merolli et al., 2024).

En el plano metodológico, la incorporación de información funcional y seguimiento longitudinal para ajustar las intervenciones introduce posibilidades de observación y análisis; la información obtenida debe interpretarse a la luz de la calidad de las mediciones, la reproducibilidad de los protocolos y el significado funcional de los cambios observados, porque un resultado numérico aislado no equivale necesariamente a una mejora clínicamente importante; por ello, resulta indispensable describir las condiciones de obtención de datos, comparar las mediciones con estándares apropiados y documentar las limitaciones del procedimiento antes de formular recomendaciones (Molina-Garcia et al., 2024; Organización Mundial de la Salud, 2023).

La evidencia contemporánea permite situar la importancia de la adherencia, el contexto doméstico y el apoyo familiar dentro de un marco de evaluación prudente; Las revisiones recientes sobre inteligencia artificial y telerehabilitación muestran oportunidades de acceso y seguimiento, pero también heterogeneidad de resultados y

vacíos de validación, lo que desaconseja extrapolar beneficios de una herramienta a todas las poblaciones; La prudencia interpretativa resulta especialmente importante cuando se analizan sistemas novedosos, cuyos resultados pueden ser prometedores sin disponer todavía de ensayos suficientes para establecer superioridad clínica (Prisco et al., 2025; Mao et al., 2024).

En la práctica asistencial, la distinción entre automatizar tareas y proporcionar verdaderamente atención personalizada debe traducirse en decisiones verificables; Es conveniente definir objetivos observables, seleccionar instrumentos pertinentes y establecer momentos de reevaluación, de forma que las decisiones puedan justificarse y modificarse cuando la respuesta individual no coincida con lo esperado; el seguimiento debe considerar tanto la función como la participación y la experiencia del usuario, evitando confundir frecuencia de uso de una plataforma con eficacia terapéutica demostrada (Sumner et al., 2023; Organización Mundial de la Salud, 2022).

Una dificultad relevante consiste en abordar la evaluación de resultados significativos para el paciente, además de métricas instrumentales sin perder de vista la

diversidad de contextos; Las diferencias de conectividad, formación, costos y accesibilidad pueden alterar la utilidad de un sistema, mientras que los errores de registro y los sesgos de selección limitan la validez de cualquier interpretación automatizada; una estrategia responsable contempla alternativas presenciales o de baja complejidad para quienes no puedan utilizar los dispositivos, con el fin de impedir que la innovación incremente desigualdades preexistentes (Merolli et al., 2024; Sumner et al., 2023).

En consecuencia, la corresponsabilidad entre profesional y usuario como principio del modelo inteligente representa una oportunidad de innovación condicionada por criterios profesionales; La implementación sostenible requiere colaboración interdisciplinaria, consentimiento informado, protocolos de seguridad y evaluación de resultados relevantes para la vida diaria, manteniendo al fisioterapeuta como responsable del proceso terapéutico; La perspectiva aquí propuesta integra tecnología y humanización: los datos apoyan la reflexión clínica, pero la finalidad de la rehabilitación continúa siendo ampliar autonomía, bienestar y participación (Organización Mundial de la Salud, 2023; Molina-Garcia et al., 2024).

1.1.3. Salud digital, conectividad clínica y transformación de los servicios fisioterapéuticos

El estudio de la articulación de consultas, registros y seguimiento mediante entornos digitales interoperables constituye un punto de partida para analizar la fisioterapia inteligente; esta transición no invalida los procedimientos consolidados de exploración y tratamiento, sino que demanda identificar qué necesidades pueden abordarse mejor mediante recursos complementarios y qué resultados deben mantenerse como indicadores prioritarios; En ese sentido, la Organización Mundial de la Salud ha destacado que ampliar la rehabilitación exige fortalecer la equidad, la disponibilidad de servicios y la planificación basada en necesidades poblacionales (Organización Mundial de la Salud, 2022; Organización Mundial de la Salud, 2023).

Desde una perspectiva clínica, la continuidad asistencial entre hospital, consulta, domicilio y comunidad exige superar explicaciones exclusivamente tecnológicas; el diseño de la intervención requiere reconocer diferencias en diagnóstico, edad, comorbilidades, capacidades, preferencias y posibilidades materiales, de manera que la propuesta tecnológica no imponga un recorrido uniforme a personas con trayectorias distintas; la participación del paciente en las decisiones permite diferenciar las preferencias personales de las hipótesis técnicas y favorece

una atención que no reduzca la recuperación a la mera ejecución de ejercicios (Sumner et al., 2023; Merolli et al., 2024).

En el plano metodológico, las posibilidades y restricciones de la telerehabilitación sincrónica y asincrónica introduce posibilidades de observación y análisis; la información obtenida debe interpretarse a la luz de la calidad de las mediciones, la reproducibilidad de los protocolos y el significado funcional de los cambios observados, porque un resultado numérico aislado no equivale necesariamente a una mejora clínicamente importante; por ello, resulta indispensable describir las condiciones de obtención de datos, comparar las mediciones con estándares apropiados y documentar las limitaciones del procedimiento antes de formular recomendaciones (Molina-Garcia et al., 2024; Organización Mundial de la Salud, 2023).

La evidencia contemporánea permite situar la organización de flujos de información con criterios de calidad y pertinencia clínica dentro de un marco de evaluación prudente; Las revisiones recientes sobre inteligencia artificial y telerehabilitación muestran oportunidades de acceso y seguimiento, pero también

heterogeneidad de resultados y vacíos de validación, lo que desaconseja extrapolar beneficios de una herramienta a todas las poblaciones; La prudencia interpretativa resulta especialmente importante cuando se analizan sistemas novedosos, cuyos resultados pueden ser prometedores sin disponer todavía de ensayos suficientes para establecer superioridad clínica (Prisco et al., 2025; Mao et al., 2024).

En la práctica asistencial, las barreras de conectividad, alfabetización y disponibilidad de equipos debe traducirse en decisiones verificables; Es conveniente definir objetivos observables, seleccionar instrumentos pertinentes y establecer momentos de reevaluación, de forma que las decisiones puedan justificarse y modificarse cuando la respuesta individual no coincida con lo esperado; el seguimiento debe considerar tanto la función como la participación y la experiencia del usuario, evitando confundir frecuencia de uso de una plataforma con eficacia terapéutica demostrada (Sumner et al., 2023; Organización Mundial de la Salud, 2022).

Una dificultad relevante consiste en abordar la necesidad de proteger los datos personales y garantizar accesibilidad sin perder de vista la diversidad de contextos;

Las diferencias de conectividad, formación, costos y accesibilidad pueden alterar la utilidad de un sistema, mientras que los errores de registro y los sesgos de selección limitan la validez de cualquier interpretación automatizada; una estrategia responsable contempla alternativas presenciales o de baja complejidad para quienes no puedan utilizar los dispositivos, con el fin de impedir que la innovación incremente desigualdades preexistentes (Merolli et al., 2024; Sumner et al., 2023).

En consecuencia, la transformación organizacional como condición para que la conectividad genere valor asistencial representa una oportunidad de innovación condicionada por criterios profesionales; La implementación sostenible requiere colaboración interdisciplinaria, consentimiento informado, protocolos de seguridad y evaluación de resultados relevantes para la vida diaria, manteniendo al fisioterapeuta como responsable del proceso terapéutico; La perspectiva aquí propuesta integra tecnología y humanización: los datos apoyan la reflexión clínica, pero la finalidad de la rehabilitación continúa siendo ampliar autonomía, bienestar y participación (Organización Mundial de la Salud, 2023; Molina-Garcia et al., 2024).

1.1.4. Competencias digitales del fisioterapeuta en los escenarios sanitarios del siglo XXI

El estudio de la alfabetización digital como competencia profesional vinculada con la seguridad del paciente constituye un punto de partida para analizar la fisioterapia inteligente; esta transición no invalida los procedimientos consolidados de exploración y tratamiento, sino que demanda identificar qué necesidades pueden abordarse mejor mediante recursos complementarios y qué resultados deben mantenerse como indicadores prioritarios; En ese sentido, la Organización Mundial de la Salud ha destacado que ampliar la rehabilitación exige fortalecer la equidad, la disponibilidad de servicios y la planificación basada en necesidades poblacionales (Organización Mundial de la Salud, 2022; Organización Mundial de la Salud, 2023).

Desde una perspectiva clínica, la selección crítica de plataformas según evidencia, facilidad de uso y necesidades clínicas exige superar explicaciones exclusivamente tecnológicas; el diseño de la intervención requiere reconocer diferencias en diagnóstico, edad, comorbilidades, capacidades, preferencias y posibilidades materiales, de manera que la propuesta tecnológica no imponga un

recorrido uniforme a personas con trayectorias distintas; la participación del paciente en las decisiones permite diferenciar las preferencias personales de las hipótesis técnicas y favorece una atención que no reduzca la recuperación a la mera ejecución de ejercicios (Sumner et al., 2023; Merolli et al., 2024).

En el plano metodológico, la capacidad para interpretar métricas digitales sin confundir precisión instrumental con validez clínica introduce posibilidades de observación y análisis; la información obtenida debe interpretarse a la luz de la calidad de las mediciones, la reproducibilidad de los protocolos y el significado funcional de los cambios observados, porque un resultado numérico aislado no equivale necesariamente a una mejora clínicamente importante; por ello, resulta indispensable describir las condiciones de obtención de datos, comparar las mediciones con estándares apropiados y documentar las limitaciones del procedimiento antes de formular recomendaciones (Molina-Garcia et al., 2024; Organización Mundial de la Salud, 2023).

La evidencia contemporánea permite situar la comunicación terapéutica a distancia y la obtención del

consentimiento informado dentro de un marco de evaluación prudente; Las revisiones recientes sobre inteligencia artificial y telerehabilitación muestran oportunidades de acceso y seguimiento, pero también heterogeneidad de resultados y vacíos de validación, lo que desaconseja extrapolar beneficios de una herramienta a todas las poblaciones; La prudencia interpretativa resulta especialmente importante cuando se analizan sistemas novedosos, cuyos resultados pueden ser prometedores sin disponer todavía de ensayos suficientes para establecer superioridad clínica (Prisco et al., 2025; Mao et al., 2024).

En la práctica asistencial, la protección de datos y la identificación de riesgos de ciberseguridad debe traducirse en decisiones verificables; Es conveniente definir objetivos observables, seleccionar instrumentos pertinentes y establecer momentos de reevaluación, de forma que las decisiones puedan justificarse y modificarse cuando la respuesta individual no coincida con lo esperado; el seguimiento debe considerar tanto la función como la participación y la experiencia del usuario, evitando confundir frecuencia de uso de una plataforma con eficacia

terapéutica demostrada (Sumner et al., 2023; Organización Mundial de la Salud, 2022).

Una dificultad relevante consiste en abordar la colaboración interdisciplinaria con ingeniería, informática y gestión sanitaria sin perder de vista la diversidad de contextos; Las diferencias de conectividad, formación, costos y accesibilidad pueden alterar la utilidad de un sistema, mientras que los errores de registro y los sesgos de selección limitan la validez de cualquier interpretación automatizada; una estrategia responsable contempla alternativas presenciales o de baja complejidad para quienes no puedan utilizar los dispositivos, con el fin de impedir que la innovación incremente desigualdades preexistentes (Merolli et al., 2024; Sumner et al., 2023).

En consecuencia, la formación continua y la evaluación reflexiva de la propia práctica digital representa una oportunidad de innovación condicionada por criterios profesionales; La implementación sostenible requiere colaboración interdisciplinaria, consentimiento informado, protocolos de seguridad y evaluación de resultados relevantes para la vida diaria, manteniendo al fisioterapeuta como responsable del proceso terapéutico; La perspectiva

aquí propuesta integra tecnología y humanización: los datos apoyan la reflexión clínica, pero la finalidad de la rehabilitación continúa siendo ampliar autonomía, bienestar y participación (Organización Mundial de la Salud, 2023; Molina-Garcia et al., 2024).

1.2. Fundamentos científicos y tecnológicos de la fisioterapia inteligente

1.2.1. Neuroplasticidad, aprendizaje motor y recuperación funcional en entornos tecnológicos

El estudio de la reorganización funcional del sistema nervioso como base de determinados procesos de reaprendizaje motor constituye un punto de partida para analizar la fisioterapia inteligente; esta transición no invalida los procedimientos consolidados de exploración y tratamiento, sino que demanda identificar qué necesidades pueden abordarse mejor mediante recursos complementarios y qué resultados deben mantenerse como indicadores prioritarios; En ese sentido, la Organización Mundial de la Salud ha destacado que ampliar la rehabilitación exige fortalecer la equidad, la disponibilidad de servicios y la planificación basada en necesidades poblacionales

(Organización Mundial de la Salud, 2022; Organización Mundial de la Salud, 2023).

Desde una perspectiva clínica, la relevancia de la práctica orientada a tareas, la repetición significativa y la retroalimentación exige superar explicaciones exclusivamente tecnológicas; el diseño de la intervención requiere reconocer diferencias en diagnóstico, edad, comorbilidades, capacidades, preferencias y posibilidades materiales, de manera que la propuesta tecnológica no imponga un recorrido uniforme a personas con trayectorias distintas; la participación del paciente en las decisiones permite diferenciar las preferencias personales de las hipótesis técnicas y favorece una atención que no reduzca la recuperación a la mera ejecución de ejercicios (Sumner et al., 2023; Merolli et al., 2024).

En el plano metodológico, el uso de experiencias virtuales para modular la práctica sin sustituir la terapia convencional introduce posibilidades de observación y análisis; la información obtenida debe interpretarse a la luz de la calidad de las mediciones, la reproducibilidad de los protocolos y el significado funcional de los cambios observados, porque un resultado numérico aislado no

equivale necesariamente a una mejora clínicamente importante; por ello, resulta indispensable describir las condiciones de obtención de datos, comparar las mediciones con estándares apropiados y documentar las limitaciones del procedimiento antes de formular recomendaciones (Molina-Garcia et al., 2024; Organización Mundial de la Salud, 2023).

La evidencia contemporánea permite situar la relación entre motivación, atención y participación activa durante el entrenamiento dentro de un marco de evaluación prudente; Las revisiones recientes sobre inteligencia artificial y telerehabilitación muestran oportunidades de acceso y seguimiento, pero también heterogeneidad de resultados y vacíos de validación, lo que desaconseja extrapolar beneficios de una herramienta a todas las poblaciones; La prudencia interpretativa resulta especialmente importante cuando se analizan sistemas novedosos, cuyos resultados pueden ser prometedores sin disponer todavía de ensayos suficientes para establecer superioridad clínica (Prisco et al., 2025; Mao et al., 2024).

En la práctica asistencial, la variabilidad de respuestas según lesión, tiempo de evolución y capacidades

conservadas debe traducirse en decisiones verificables; Es conveniente definir objetivos observables, seleccionar instrumentos pertinentes y establecer momentos de reevaluación, de forma que las decisiones puedan justificarse y modificarse cuando la respuesta individual no coincida con lo esperado; el seguimiento debe considerar tanto la función como la participación y la experiencia del usuario, evitando confundir frecuencia de uso de una plataforma con eficacia terapéutica demostrada (Sumner et al., 2023; Organización Mundial de la Salud, 2022).

Una dificultad relevante consiste en abordar la necesidad de medir transferencia a actividades reales y no solo mejoras en tareas simuladas sin perder de vista la diversidad de contextos; Las diferencias de conectividad, formación, costos y accesibilidad pueden alterar la utilidad de un sistema, mientras que los errores de registro y los sesgos de selección limitan la validez de cualquier interpretación automatizada; una estrategia responsable contempla alternativas presenciales o de baja complejidad para quienes no puedan utilizar los dispositivos, con el fin de impedir que la innovación incremente desigualdades preexistentes (Merolli et al., 2024; Sumner et al., 2023).

En consecuencia, una integración entre fundamentos neurocientíficos y decisiones individualizadas de dosificación representa una oportunidad de innovación condicionada por criterios profesionales; La implementación sostenible requiere colaboración interdisciplinaria, consentimiento informado, protocolos de seguridad y evaluación de resultados relevantes para la vida diaria, manteniendo al fisioterapeuta como responsable del proceso terapéutico; La perspectiva aquí propuesta integra tecnología y humanización: los datos apoyan la reflexión clínica, pero la finalidad de la rehabilitación continúa siendo ampliar autonomía, bienestar y participación (Organización Mundial de la Salud, 2023; Molina-Garcia et al., 2024).

1.2.2. Biomecánica digital y análisis computacional del movimiento humano

El estudio cuantitativo del movimiento mediante variables cinemáticas y temporoespaciales constituye un punto de partida para analizar la fisioterapia inteligente; esta transición no invalida los procedimientos consolidados de exploración y tratamiento, sino que demanda identificar qué necesidades pueden abordarse mejor mediante recursos complementarios y qué resultados deben mantenerse como

indicadores prioritarios; En ese sentido, la Organización Mundial de la Salud ha destacado que ampliar la rehabilitación exige fortalecer la equidad, la disponibilidad de servicios y la planificación basada en necesidades poblacionales (Organización Mundial de la Salud, 2022; Organización Mundial de la Salud, 2023).

Desde una perspectiva clínica, el empleo de cámaras, sensores inerciales y plataformas de análisis como recursos complementarios exige superar explicaciones exclusivamente tecnológicas; el diseño de la intervención requiere reconocer diferencias en diagnóstico, edad, comorbilidades, capacidades, preferencias y posibilidades materiales, de manera que la propuesta tecnológica no imponga un recorrido uniforme a personas con trayectorias distintas; la participación del paciente en las decisiones permite diferenciar las preferencias personales de las hipótesis técnicas y favorece una atención que no reduzca la recuperación a la mera ejecución de ejercicios (Sumner et al., 2023; Merolli et al., 2024).

En el plano metodológico, las diferencias entre mediciones en laboratorio y registros realizados en ambientes cotidianos introduce posibilidades de observación

y análisis; la información obtenida debe interpretarse a la luz de la calidad de las mediciones, la reproducibilidad de los protocolos y el significado funcional de los cambios observados, porque un resultado numérico aislado no equivale necesariamente a una mejora clínicamente importante; por ello, resulta indispensable describir las condiciones de obtención de datos, comparar las mediciones con estándares apropiados y documentar las limitaciones del procedimiento antes de formular recomendaciones (Molina-Garcia et al., 2024; Organización Mundial de la Salud, 2023).

La evidencia contemporánea permite situar la calibración, ubicación de sensores y calidad de señal como fuentes de error dentro de un marco de evaluación prudente; Las revisiones recientes sobre inteligencia artificial y telerehabilitación muestran oportunidades de acceso y seguimiento, pero también heterogeneidad de resultados y vacíos de validación, lo que desaconseja extrapolar beneficios de una herramienta a todas las poblaciones; La prudencia interpretativa resulta especialmente importante cuando se analizan sistemas novedosos, cuyos resultados pueden ser prometedores sin disponer todavía de ensayos

suficientes para establecer superioridad clínica (Prisco et al., 2025; Mao et al., 2024).

En la práctica asistencial, la interpretación de asimetrías y compensaciones en relación con el examen clínico debe traducirse en decisiones verificables; Es conveniente definir objetivos observables, seleccionar instrumentos pertinentes y establecer momentos de reevaluación, de forma que las decisiones puedan justificarse y modificarse cuando la respuesta individual no coincida con lo esperado; el seguimiento debe considerar tanto la función como la participación y la experiencia del usuario, evitando confundir frecuencia de uso de una plataforma con eficacia terapéutica demostrada (Sumner et al., 2023; Organización Mundial de la Salud, 2022).

Una dificultad relevante consiste en abordar el uso de series temporales para seguir cambios durante un programa de ejercicios sin perder de vista la diversidad de contextos; Las diferencias de conectividad, formación, costos y accesibilidad pueden alterar la utilidad de un sistema, mientras que los errores de registro y los sesgos de selección limitan la validez de cualquier interpretación automatizada; una estrategia responsable contempla alternativas

presenciales o de baja complejidad para quienes no puedan utilizar los dispositivos, con el fin de impedir que la innovación incremente desigualdades preexistentes (Merolli et al., 2024; Sumner et al., 2023).

En consecuencia, la necesidad de protocolos reproducibles y validación antes de convertir datos en decisiones representa una oportunidad de innovación condicionada por criterios profesionales; La implementación sostenible requiere colaboración interdisciplinaria, consentimiento informado, protocolos de seguridad y evaluación de resultados relevantes para la vida diaria, manteniendo al fisioterapeuta como responsable del proceso terapéutico; La perspectiva aquí propuesta integra tecnología y humanización: los datos apoyan la reflexión clínica, pero la finalidad de la rehabilitación continúa siendo ampliar autonomía, bienestar y participación (Organización Mundial de la Salud, 2023; Molina-Garcia et al., 2024).

1.2.3. Neurociencia aplicada y mecanismos de adaptación en la rehabilitación física

El estudio de la interacción entre control neural, sistema musculoesquelético y demandas del entorno

constituye un punto de partida para analizar la fisioterapia inteligente; esta transición no invalida los procedimientos consolidados de exploración y tratamiento, sino que demanda identificar qué necesidades pueden abordarse mejor mediante recursos complementarios y qué resultados deben mantenerse como indicadores prioritarios; En ese sentido, la Organización Mundial de la Salud ha destacado que ampliar la rehabilitación exige fortalecer la equidad, la disponibilidad de servicios y la planificación basada en necesidades poblacionales (Organización Mundial de la Salud, 2022; Organización Mundial de la Salud, 2023).

Desde una perspectiva clínica, los procesos de adaptación motora que acompañan la práctica terapéutica exige superar explicaciones exclusivamente tecnológicas; el diseño de la intervención requiere reconocer diferencias en diagnóstico, edad, comorbilidades, capacidades, preferencias y posibilidades materiales, de manera que la propuesta tecnológica no imponga un recorrido uniforme a personas con trayectorias distintas; la participación del paciente en las decisiones permite diferenciar las preferencias personales de las hipótesis técnicas y favorece una atención que no reduzca la recuperación a la mera

ejecución de ejercicios (Sumner et al., 2023; Merolli et al., 2024).

En el plano metodológico, la participación de señales sensoriales y retroalimentación en el ajuste del movimiento introduce posibilidades de observación y análisis; la información obtenida debe interpretarse a la luz de la calidad de las mediciones, la reproducibilidad de los protocolos y el significado funcional de los cambios observados, porque un resultado numérico aislado no equivale necesariamente a una mejora clínicamente importante; por ello, resulta indispensable describir las condiciones de obtención de datos, comparar las mediciones con estándares apropiados y documentar las limitaciones del procedimiento antes de formular recomendaciones (Molina-Garcia et al., 2024; Organización Mundial de la Salud, 2023).

La evidencia contemporánea permite situar la utilidad potencial de interfaces y tareas inmersivas para favorecer entrenamiento específico dentro de un marco de evaluación prudente; Las revisiones recientes sobre inteligencia artificial y telerehabilitación muestran oportunidades de acceso y seguimiento, pero también heterogeneidad de resultados y vacíos de validación, lo que

desaconseja extrapolar beneficios de una herramienta a todas las poblaciones; La prudencia interpretativa resulta especialmente importante cuando se analizan sistemas novedosos, cuyos resultados pueden ser prometedores sin disponer todavía de ensayos suficientes para establecer superioridad clínica (Prisco et al., 2025; Mao et al., 2024).

En la práctica asistencial, las diferencias entre cambios en desempeño inmediato y aprendizaje duradero debe traducirse en decisiones verificables; Es conveniente definir objetivos observables, seleccionar instrumentos pertinentes y establecer momentos de reevaluación, de forma que las decisiones puedan justificarse y modificarse cuando la respuesta individual no coincida con lo esperado; el seguimiento debe considerar tanto la función como la participación y la experiencia del usuario, evitando confundir frecuencia de uso de una plataforma con eficacia terapéutica demostrada (Sumner et al., 2023; Organización Mundial de la Salud, 2022).

Una dificultad relevante consiste en abordar la importancia de combinar indicadores clínicos con medidas funcionales sin perder de vista la diversidad de contextos; Las diferencias de conectividad, formación, costos y

accesibilidad pueden alterar la utilidad de un sistema, mientras que los errores de registro y los sesgos de selección limitan la validez de cualquier interpretación automatizada; una estrategia responsable contempla alternativas presenciales o de baja complejidad para quienes no puedan utilizar los dispositivos, con el fin de impedir que la innovación incremente desigualdades preexistentes (Merolli et al., 2024; Sumner et al., 2023).

En consecuencia, la prudencia al atribuir mecanismos neurobiológicos a intervenciones sin medición directa representa una oportunidad de innovación condicionada por criterios profesionales; La implementación sostenible requiere colaboración interdisciplinaria, consentimiento informado, protocolos de seguridad y evaluación de resultados relevantes para la vida diaria, manteniendo al fisioterapeuta como responsable del proceso terapéutico; La perspectiva aquí propuesta integra tecnología y humanización: los datos apoyan la reflexión clínica, pero la finalidad de la rehabilitación continúa siendo ampliar autonomía, bienestar y participación (Organización Mundial de la Salud, 2023; Molina-Garcia et al., 2024).

1.2.4. Integración de datos clínicos, funcionales y biomecánicos para la toma de decisiones

El estudio de la construcción de una visión longitudinal mediante historia clínica y mediciones funcionales constituye un punto de partida para analizar la fisioterapia inteligente; esta transición no invalida los procedimientos consolidados de exploración y tratamiento, sino que demanda identificar qué necesidades pueden abordarse mejor mediante recursos complementarios y qué resultados deben mantenerse como indicadores prioritarios; En ese sentido, la Organización Mundial de la Salud ha destacado que ampliar la rehabilitación exige fortalecer la equidad, la disponibilidad de servicios y la planificación basada en necesidades poblacionales (Organización Mundial de la Salud, 2022; Organización Mundial de la Salud, 2023).

Desde una perspectiva clínica, la estandarización de definiciones y unidades antes de combinar registros heterogéneos exige superar explicaciones exclusivamente tecnológicas; el diseño de la intervención requiere reconocer diferencias en diagnóstico, edad, comorbilidades, capacidades, preferencias y posibilidades materiales, de manera que la propuesta tecnológica no imponga un

recorrido uniforme a personas con trayectorias distintas; la participación del paciente en las decisiones permite diferenciar las preferencias personales de las hipótesis técnicas y favorece una atención que no reduzca la recuperación a la mera ejecución de ejercicios (Sumner et al., 2023; Merolli et al., 2024).

En el plano metodológico, la triangulación entre resultados instrumentales, observación clínica y percepción del paciente introduce posibilidades de observación y análisis; la información obtenida debe interpretarse a la luz de la calidad de las mediciones, la reproducibilidad de los protocolos y el significado funcional de los cambios observados, porque un resultado numérico aislado no equivale necesariamente a una mejora clínicamente importante; por ello, resulta indispensable describir las condiciones de obtención de datos, comparar las mediciones con estándares apropiados y documentar las limitaciones del procedimiento antes de formular recomendaciones (Molina-Garcia et al., 2024; Organización Mundial de la Salud, 2023).

La evidencia contemporánea permite situar los riesgos de datos incompletos, sesgados o procedentes de

dispositivos no equivalentes dentro de un marco de evaluación prudente; Las revisiones recientes sobre inteligencia artificial y telerehabilitación muestran oportunidades de acceso y seguimiento, pero también heterogeneidad de resultados y vacíos de validación, lo que desaconseja extrapolar beneficios de una herramienta a todas las poblaciones; La prudencia interpretativa resulta especialmente importante cuando se analizan sistemas novedosos, cuyos resultados pueden ser prometedores sin disponer todavía de ensayos suficientes para establecer superioridad clínica (Prisco et al., 2025; Mao et al., 2024).

En la práctica asistencial, el uso de modelos computacionales como apoyo y no como sustitutos del juicio profesional debe traducirse en decisiones verificables; Es conveniente definir objetivos observables, seleccionar instrumentos pertinentes y establecer momentos de reevaluación, de forma que las decisiones puedan justificarse y modificarse cuando la respuesta individual no coincida con lo esperado; el seguimiento debe considerar tanto la función como la participación y la experiencia del usuario, evitando confundir frecuencia de uso de una plataforma con eficacia

terapéutica demostrada (Sumner et al., 2023; Organización Mundial de la Salud, 2022).

Una dificultad relevante consiste en abordar la necesidad de transparencia, trazabilidad y revisión de recomendaciones automatizadas sin perder de vista la diversidad de contextos; Las diferencias de conectividad, formación, costos y accesibilidad pueden alterar la utilidad de un sistema, mientras que los errores de registro y los sesgos de selección limitan la validez de cualquier interpretación automatizada; una estrategia responsable contempla alternativas presenciales o de baja complejidad para quienes no puedan utilizar los dispositivos, con el fin de impedir que la innovación incremente desigualdades preexistentes (Merolli et al., 2024; Sumner et al., 2023).

En consecuencia, la integración responsable de información para formular objetivos y reevaluar tratamientos representa una oportunidad de innovación condicionada por criterios profesionales; La implementación sostenible requiere colaboración interdisciplinaria, consentimiento informado, protocolos de seguridad y evaluación de resultados relevantes para la vida diaria, manteniendo al fisioterapeuta como responsable del proceso

terapéutico; La perspectiva aquí propuesta integra tecnología y humanización: los datos apoyan la reflexión clínica, pero la finalidad de la rehabilitación continúa siendo ampliar autonomía, bienestar y participación (Organización Mundial de la Salud, 2023; Molina-Garcia et al., 2024).

1.3. Paradigmas emergentes en la rehabilitación personalizada

1.3.1. Medicina de precisión y fisioterapia personalizada basada en datos

El estudio de la adaptación de decisiones terapéuticas a perfiles funcionales y contextuales específicos constituye un punto de partida para analizar la fisioterapia inteligente; esta transición no invalida los procedimientos consolidados de exploración y tratamiento, sino que demanda identificar qué necesidades pueden abordarse mejor mediante recursos complementarios y qué resultados deben mantenerse como indicadores prioritarios; En ese sentido, la Organización Mundial de la Salud ha destacado que ampliar la rehabilitación exige fortalecer la equidad, la disponibilidad de servicios y la planificación basada en necesidades

poblacionales (Organización Mundial de la Salud, 2022; Organización Mundial de la Salud, 2023).

Desde una perspectiva clínica, la diferenciación entre estratificación de riesgo y predicción individual clínicamente validada exige superar explicaciones exclusivamente tecnológicas; el diseño de la intervención requiere reconocer diferencias en diagnóstico, edad, comorbilidades, capacidades, preferencias y posibilidades materiales, de manera que la propuesta tecnológica no imponga un recorrido uniforme a personas con trayectorias distintas; la participación del paciente en las decisiones permite diferenciar las preferencias personales de las hipótesis técnicas y favorece una atención que no reduzca la recuperación a la mera ejecución de ejercicios (Sumner et al., 2023; Merolli et al., 2024).

En el plano metodológico, la combinación de resultados reportados por pacientes y métricas objetivas introduce posibilidades de observación y análisis; la información obtenida debe interpretarse a la luz de la calidad de las mediciones, la reproducibilidad de los protocolos y el significado funcional de los cambios observados, porque un resultado numérico aislado no equivale necesariamente a

una mejora clínicamente importante; por ello, resulta indispensable describir las condiciones de obtención de datos, comparar las mediciones con estándares apropiados y documentar las limitaciones del procedimiento antes de formular recomendaciones (Molina-Garcia et al., 2024; Organización Mundial de la Salud, 2023).

La evidencia contemporánea permite situar la evaluación periódica para modificar cargas, tareas y progresión de ejercicios dentro de un marco de evaluación prudente; Las revisiones recientes sobre inteligencia artificial y telerehabilitación muestran oportunidades de acceso y seguimiento, pero también heterogeneidad de resultados y vacíos de validación, lo que desaconseja extrapolar beneficios de una herramienta a todas las poblaciones; La prudencia interpretativa resulta especialmente importante cuando se analizan sistemas novedosos, cuyos resultados pueden ser prometedores sin disponer todavía de ensayos suficientes para establecer superioridad clínica (Prisco et al., 2025; Mao et al., 2024).

En la práctica asistencial, la heterogeneidad de los datos y los límites de generalización de algoritmos debe traducirse en decisiones verificables; Es conveniente definir

objetivos observables, seleccionar instrumentos pertinentes y establecer momentos de reevaluación, de forma que las decisiones puedan justificarse y modificarse cuando la respuesta individual no coincida con lo esperado; el seguimiento debe considerar tanto la función como la participación y la experiencia del usuario, evitando confundir frecuencia de uso de una plataforma con eficacia terapéutica demostrada (Sumner et al., 2023; Organización Mundial de la Salud, 2022).

Una dificultad relevante consiste en abordar la evaluación de beneficio clínico real frente a la sofisticación tecnológica sin perder de vista la diversidad de contextos; Las diferencias de conectividad, formación, costos y accesibilidad pueden alterar la utilidad de un sistema, mientras que los errores de registro y los sesgos de selección limitan la validez de cualquier interpretación automatizada; una estrategia responsable contempla alternativas presenciales o de baja complejidad para quienes no puedan utilizar los dispositivos, con el fin de impedir que la innovación incremente desigualdades preexistentes (Merolli et al., 2024; Sumner et al., 2023).

En consecuencia, una personalización que considere preferencias, recursos y metas de vida representa una oportunidad de innovación condicionada por criterios profesionales; La implementación sostenible requiere colaboración interdisciplinaria, consentimiento informado, protocolos de seguridad y evaluación de resultados relevantes para la vida diaria, manteniendo al fisioterapeuta como responsable del proceso terapéutico; La perspectiva aquí propuesta integra tecnología y humanización: los datos apoyan la reflexión clínica, pero la finalidad de la rehabilitación continúa siendo ampliar autonomía, bienestar y participación (Organización Mundial de la Salud, 2023; Molina-Garcia et al., 2024).

1.3.2. Modelos biopsicosociales y atención integral apoyada por tecnologías inteligentes

El estudio de la comprensión de la funcionalidad como interacción de dimensiones físicas, psicológicas y sociales constituye un punto de partida para analizar la fisioterapia inteligente; esta transición no invalida los procedimientos consolidados de exploración y tratamiento, sino que demanda identificar qué necesidades pueden abordarse mejor mediante recursos complementarios y qué

resultados deben mantenerse como indicadores prioritarios; En ese sentido, la Organización Mundial de la Salud ha destacado que ampliar la rehabilitación exige fortalecer la equidad, la disponibilidad de servicios y la planificación basada en necesidades poblacionales (Organización Mundial de la Salud, 2022; Organización Mundial de la Salud, 2023).

Desde una perspectiva clínica, la valoración de dolor, participación, entorno y expectativas en la planificación exige superar explicaciones exclusivamente tecnológicas; el diseño de la intervención requiere reconocer diferencias en diagnóstico, edad, comorbilidades, capacidades, preferencias y posibilidades materiales, de manera que la propuesta tecnológica no imponga un recorrido uniforme a personas con trayectorias distintas; la participación del paciente en las decisiones permite diferenciar las preferencias personales de las hipótesis técnicas y favorece una atención que no reduzca la recuperación a la mera ejecución de ejercicios (Sumner et al., 2023; Merolli et al., 2024).

En el plano metodológico, el uso de recursos digitales para sostener educación terapéutica y comunicación introduce posibilidades de observación y

análisis; la información obtenida debe interpretarse a la luz de la calidad de las mediciones, la reproducibilidad de los protocolos y el significado funcional de los cambios observados, porque un resultado numérico aislado no equivale necesariamente a una mejora clínicamente importante; por ello, resulta indispensable describir las condiciones de obtención de datos, comparar las mediciones con estándares apropiados y documentar las limitaciones del procedimiento antes de formular recomendaciones (Molina-Garcia et al., 2024; Organización Mundial de la Salud, 2023).

La evidencia contemporánea permite situar la identificación de barreras culturales y económicas que afectan adherencia dentro de un marco de evaluación prudente; Las revisiones recientes sobre inteligencia artificial y telerehabilitación muestran oportunidades de acceso y seguimiento, pero también heterogeneidad de resultados y vacíos de validación, lo que desaconseja extrapolar beneficios de una herramienta a todas las poblaciones; La prudencia interpretativa resulta especialmente importante cuando se analizan sistemas novedosos, cuyos resultados pueden ser prometedores sin

disponer todavía de ensayos suficientes para establecer superioridad clínica (Prisco et al., 2025; Mao et al., 2024).

En la práctica asistencial, la prevención de una mirada reduccionista centrada exclusivamente en sensores debe traducirse en decisiones verificables; Es conveniente definir objetivos observables, seleccionar instrumentos pertinentes y establecer momentos de reevaluación, de forma que las decisiones puedan justificarse y modificarse cuando la respuesta individual no coincida con lo esperado; el seguimiento debe considerar tanto la función como la participación y la experiencia del usuario, evitando confundir frecuencia de uso de una plataforma con eficacia terapéutica demostrada (Sumner et al., 2023; Organización Mundial de la Salud, 2022).

Una dificultad relevante consiste en abordar la participación activa de pacientes y cuidadores en decisiones compartidas sin perder de vista la diversidad de contextos; Las diferencias de conectividad, formación, costos y accesibilidad pueden alterar la utilidad de un sistema, mientras que los errores de registro y los sesgos de selección limitan la validez de cualquier interpretación automatizada; una estrategia responsable contempla alternativas

presenciales o de baja complejidad para quienes no puedan utilizar los dispositivos, con el fin de impedir que la innovación incremente desigualdades preexistentes (Merolli et al., 2024; Sumner et al., 2023).

En consecuencia, la evaluación de resultados vinculados con autonomía y calidad de vida representa una oportunidad de innovación condicionada por criterios profesionales; La implementación sostenible requiere colaboración interdisciplinaria, consentimiento informado, protocolos de seguridad y evaluación de resultados relevantes para la vida diaria, manteniendo al fisioterapeuta como responsable del proceso terapéutico; La perspectiva aquí propuesta integra tecnología y humanización: los datos apoyan la reflexión clínica, pero la finalidad de la rehabilitación continúa siendo ampliar autonomía, bienestar y participación (Organización Mundial de la Salud, 2023; Molina-Garcia et al., 2024).

1.3.3. Rehabilitación predictiva, preventiva y adaptativa

El estudio de la identificación temprana de cambios funcionales que podrían requerir reevaluación constituye un

punto de partida para analizar la fisioterapia inteligente; esta transición no invalida los procedimientos consolidados de exploración y tratamiento, sino que demanda identificar qué necesidades pueden abordarse mejor mediante recursos complementarios y qué resultados deben mantenerse como indicadores prioritarios; En ese sentido, la Organización Mundial de la Salud ha destacado que ampliar la rehabilitación exige fortalecer la equidad, la disponibilidad de servicios y la planificación basada en necesidades poblacionales (Organización Mundial de la Salud, 2022; Organización Mundial de la Salud, 2023).

Desde una perspectiva clínica, el uso exploratorio de patrones longitudinales para apoyar la estratificación de riesgos exige superar explicaciones exclusivamente tecnológicas; el diseño de la intervención requiere reconocer diferencias en diagnóstico, edad, comorbilidades, capacidades, preferencias y posibilidades materiales, de manera que la propuesta tecnológica no imponga un recorrido uniforme a personas con trayectorias distintas; la participación del paciente en las decisiones permite diferenciar las preferencias personales de las hipótesis técnicas y favorece una atención que no reduzca la

recuperación a la mera ejecución de ejercicios (Sumner et al., 2023; Merolli et al., 2024).

En el plano metodológico, la prevención de recaídas mediante educación, seguimiento y ejercicio dosificado introduce posibilidades de observación y análisis; la información obtenida debe interpretarse a la luz de la calidad de las mediciones, la reproducibilidad de los protocolos y el significado funcional de los cambios observados, porque un resultado numérico aislado no equivale necesariamente a una mejora clínicamente importante; por ello, resulta indispensable describir las condiciones de obtención de datos, comparar las mediciones con estándares apropiados y documentar las limitaciones del procedimiento antes de formular recomendaciones (Molina-Garcia et al., 2024; Organización Mundial de la Salud, 2023).

La evidencia contemporánea permite situar la adaptación de programas según tolerancia, evolución y objetivos dentro de un marco de evaluación prudente; Las revisiones recientes sobre inteligencia artificial y telerehabilitación muestran oportunidades de acceso y seguimiento, pero también heterogeneidad de resultados y vacíos de validación, lo que desaconseja extrapolar

beneficios de una herramienta a todas las poblaciones; La prudencia interpretativa resulta especialmente importante cuando se analizan sistemas novedosos, cuyos resultados pueden ser prometedores sin disponer todavía de ensayos suficientes para establecer superioridad clínica (Prisco et al., 2025; Mao et al., 2024).

En la práctica asistencial, las limitaciones de modelos entrenados con poblaciones pequeñas o poco representativas debe traducirse en decisiones verificables; Es conveniente definir objetivos observables, seleccionar instrumentos pertinentes y establecer momentos de reevaluación, de forma que las decisiones puedan justificarse y modificarse cuando la respuesta individual no coincida con lo esperado; el seguimiento debe considerar tanto la función como la participación y la experiencia del usuario, evitando confundir frecuencia de uso de una plataforma con eficacia terapéutica demostrada (Sumner et al., 2023; Organización Mundial de la Salud, 2022).

Una dificultad relevante consiste en abordar la importancia de validar calibración, seguridad y utilidad antes de la implementación sin perder de vista la diversidad de contextos; Las diferencias de conectividad, formación,

costos y accesibilidad pueden alterar la utilidad de un sistema, mientras que los errores de registro y los sesgos de selección limitan la validez de cualquier interpretación automatizada; una estrategia responsable contempla alternativas presenciales o de baja complejidad para quienes no puedan utilizar los dispositivos, con el fin de impedir que la innovación incremente desigualdades preexistentes (Merolli et al., 2024; Sumner et al., 2023).

En consecuencia, un enfoque de prevención que complemente la evaluación clínica y no prometa certezas representa una oportunidad de innovación condicionada por criterios profesionales; La implementación sostenible requiere colaboración interdisciplinaria, consentimiento informado, protocolos de seguridad y evaluación de resultados relevantes para la vida diaria, manteniendo al fisioterapeuta como responsable del proceso terapéutico; La perspectiva aquí propuesta integra tecnología y humanización: los datos apoyan la reflexión clínica, pero la finalidad de la rehabilitación continúa siendo ampliar autonomía, bienestar y participación (Organización Mundial de la Salud, 2023; Molina-Garcia et al., 2024).

1.3.4. Humanización de la atención fisioterapéutica en escenarios de transformación digital

El estudio de la centralidad de la dignidad, la autonomía y la experiencia vivida del paciente constituye un punto de partida para analizar la fisioterapia inteligente; esta transición no invalida los procedimientos consolidados de exploración y tratamiento, sino que demanda identificar qué necesidades pueden abordarse mejor mediante recursos complementarios y qué resultados deben mantenerse como indicadores prioritarios; En ese sentido, la Organización Mundial de la Salud ha destacado que ampliar la rehabilitación exige fortalecer la equidad, la disponibilidad de servicios y la planificación basada en necesidades poblacionales (Organización Mundial de la Salud, 2022; Organización Mundial de la Salud, 2023).

Desde una perspectiva clínica, la preservación de la escucha activa y la alianza terapéutica en consultas conectadas exige superar explicaciones exclusivamente tecnológicas; el diseño de la intervención requiere reconocer diferencias en diagnóstico, edad, comorbilidades, capacidades, preferencias y posibilidades materiales, de manera que la propuesta tecnológica no imponga un

recorrido uniforme a personas con trayectorias distintas; la participación del paciente en las decisiones permite diferenciar las preferencias personales de las hipótesis técnicas y favorece una atención que no reduzca la recuperación a la mera ejecución de ejercicios (Sumner et al., 2023; Merolli et al., 2024).

En el plano metodológico, el consentimiento informado como proceso comprensible y continuo introduce posibilidades de observación y análisis; la información obtenida debe interpretarse a la luz de la calidad de las mediciones, la reproducibilidad de los protocolos y el significado funcional de los cambios observados, porque un resultado numérico aislado no equivale necesariamente a una mejora clínicamente importante; por ello, resulta indispensable describir las condiciones de obtención de datos, comparar las mediciones con estándares apropiados y documentar las limitaciones del procedimiento antes de formular recomendaciones (Molina-Garcia et al., 2024; Organización Mundial de la Salud, 2023).

La evidencia contemporánea permite situar la accesibilidad para personas con discapacidad y distintos niveles de alfabetización digital dentro de un marco de

evaluación prudente; Las revisiones recientes sobre inteligencia artificial y telerehabilitación muestran oportunidades de acceso y seguimiento, pero también heterogeneidad de resultados y vacíos de validación, lo que desaconseja extrapolar beneficios de una herramienta a todas las poblaciones; La prudencia interpretativa resulta especialmente importante cuando se analizan sistemas novedosos, cuyos resultados pueden ser prometedores sin disponer todavía de ensayos suficientes para establecer superioridad clínica (Prisco et al., 2025; Mao et al., 2024).

En la práctica asistencial, la evaluación de sesgos y desigualdades derivadas de sistemas automatizados debe traducirse en decisiones verificables; Es conveniente definir objetivos observables, seleccionar instrumentos pertinentes y establecer momentos de reevaluación, de forma que las decisiones puedan justificarse y modificarse cuando la respuesta individual no coincida con lo esperado; el seguimiento debe considerar tanto la función como la participación y la experiencia del usuario, evitando confundir frecuencia de uso de una plataforma con eficacia terapéutica demostrada (Sumner et al., 2023; Organización Mundial de la Salud, 2022).

Una dificultad relevante consiste en abordar la responsabilidad profesional ante recomendaciones algorítmicas y errores técnicos sin perder de vista la diversidad de contextos; Las diferencias de conectividad, formación, costos y accesibilidad pueden alterar la utilidad de un sistema, mientras que los errores de registro y los sesgos de selección limitan la validez de cualquier interpretación automatizada; una estrategia responsable contempla alternativas presenciales o de baja complejidad para quienes no puedan utilizar los dispositivos, con el fin de impedir que la innovación incremente desigualdades preexistentes (Merolli et al., 2024; Sumner et al., 2023).

En consecuencia, una innovación orientada al bienestar humano y no al reemplazo del vínculo clínico representa una oportunidad de innovación condicionada por criterios profesionales; La implementación sostenible requiere colaboración interdisciplinaria, consentimiento informado, protocolos de seguridad y evaluación de resultados relevantes para la vida diaria, manteniendo al fisioterapeuta como responsable del proceso terapéutico; La perspectiva aquí propuesta integra tecnología y humanización: los datos apoyan la reflexión clínica, pero la

finalidad de la rehabilitación continúa siendo ampliar autonomía, bienestar y participación (Organización Mundial de la Salud, 2023; Molina-Garcia et al., 2024).

Figura 1



Fisioterapia Inteligente

CAPÍTULO II

Inteligencia artificial y análisis inteligente en fisioterapia

2.1. Inteligencia artificial aplicada a la evaluación y al diagnóstico funcional

2.1.1. Fundamentos de inteligencia artificial, aprendizaje automático y aprendizaje profundo en fisioterapia

El abordaje de diferencias entre sistemas basados en reglas, aprendizaje automático y redes profundas permite delimitar una dimensión concreta de fundamentos de inteligencia artificial, aprendizaje automático y aprendizaje profundo en fisioterapia; la definición precisa del problema clínico precede a cualquier elección tecnológica, porque un sistema sofisticado no corrige por sí solo una valoración incompleta; de este modo, la innovación se vincula con necesidades reales de recuperación y no con la mera incorporación de dispositivos (Sumner et al., 2023).

En la práctica asistencial, datos de entrenamiento, validación y prueba en entornos clínicos exige relacionar los recursos disponibles con la situación funcional de cada persona; la planificación compartida debe considerar preferencias, tolerancia al esfuerzo, condiciones de salud y barreras de acceso, evitando aplicar protocolos uniformes a trayectorias heterogéneas; esta orientación favorece la adherencia y protege la autonomía durante la rehabilitación (Turner et al., 2024).

Desde el punto de vista metodológico, clasificación, regresión y reconocimiento de secuencias funcionales debe analizarse mediante procedimientos transparentes y reproducibles; es necesario describir población, instrumentos, condiciones de registro y criterios de comparación, ya que la calidad de la medición determina la credibilidad de las inferencias; la comparación con medidas clínicas pertinentes permite distinguir precisión instrumental de utilidad asistencial (Zhang et al., 2026).

Una cuestión relevante consiste en examinar riesgos del sobreajuste y de los conjuntos de datos pequeños sin confundir posibilidades técnicas con eficacia terapéutica demostrada; los resultados disponibles deben interpretarse

según el tipo de intervención, la población estudiada y los desenlaces evaluados, sin extrapolar hallazgos de manera automática; la lectura crítica de la evidencia resulta indispensable para evitar promesas de efectividad no sustentadas (Sumner et al., 2023).

Para trasladar este conocimiento al servicio de fisioterapia, interpretación de las predicciones y utilidad clínica requiere objetivos observables y decisiones justificadas; conviene establecer una línea de base, momentos de reevaluación y umbrales para modificar el plan, manteniendo trazabilidad de las decisiones profesionales; la supervisión humana conserva un papel decisivo cuando aparecen respuestas inesperadas o signos de alarma (Organización Mundial de la Salud, 2024).

Entre las principales limitaciones destaca que requisitos de infraestructura y formación profesional puede verse condicionado por diferencias entre pacientes, dispositivos y contextos; la variabilidad de señales, la selección de muestras y las dificultades de implementación pueden producir errores o inequidades que no se aprecian en demostraciones controladas; la evaluación de seguridad,

accesibilidad y costo debe acompañar cualquier proceso de adopción tecnológica (Zhang et al., 2026).

Como proyección de esta línea de trabajo, integración responsable de modelos con la valoración fisioterapéutica debe integrarse en un modelo de atención centrado en la persona; la tecnología debe complementar la exploración, la comunicación terapéutica y el seguimiento funcional, y su continuidad ha de depender de beneficios verificables; el criterio final continúa siendo la mejora de la funcionalidad, la participación y la calidad de vida (Organización Mundial de la Salud, 2024).

2.1.2. Visión artificial y reconocimiento de patrones del movimiento humano

El abordaje de captura de vídeo y estimación de puntos anatómicos sin marcadores permite delimitar una dimensión concreta de visión artificial y reconocimiento de patrones del movimiento humano; la definición precisa del problema clínico precede a cualquier elección tecnológica, porque un sistema sofisticado no corrige por sí solo una valoración incompleta; de este modo, la innovación se

vincula con necesidades reales de recuperación y no con la mera incorporación de dispositivos (Sumner et al., 2023).

En la práctica asistencial, segmentación temporal de la marcha y tareas funcionales exige relacionar los recursos disponibles con la situación funcional de cada persona; la planificación compartida debe considerar preferencias, tolerancia al esfuerzo, condiciones de salud y barreras de acceso, evitando aplicar protocolos uniformes a trayectorias heterogéneas; esta orientación favorece la adherencia y protege la autonomía durante la rehabilitación (Turner et al., 2024).

Desde el punto de vista metodológico, estimación de ángulos articulares y trayectorias tridimensionales debe analizarse mediante procedimientos transparentes y reproducibles; es necesario describir población, instrumentos, condiciones de registro y criterios de comparación, ya que la calidad de la medición determina la credibilidad de las inferencias; la comparación con medidas clínicas pertinentes permite distinguir precisión instrumental de utilidad asistencial (Zhang et al., 2026).

Una cuestión relevante consiste en examinar oclusiones, iluminación y calibración de cámaras sin confundir posibilidades técnicas con eficacia terapéutica demostrada; los resultados disponibles deben interpretarse según el tipo de intervención, la población estudiada y los desenlaces evaluados, sin extrapolar hallazgos de manera automática; la lectura crítica de la evidencia resulta indispensable para evitar promesas de efectividad no sustentadas (Sumner et al., 2023).

Para trasladar este conocimiento al servicio de fisioterapia, diferencias entre desempeño en laboratorio y entorno doméstico requiere objetivos observables y decisiones justificadas; conviene establecer una línea de base, momentos de reevaluación y umbrales para modificar el plan, manteniendo trazabilidad de las decisiones profesionales; la supervisión humana conserva un papel decisivo cuando aparecen respuestas inesperadas o signos de alarma (Organización Mundial de la Salud, 2024).

Entre las principales limitaciones destaca que comparación con sistemas de referencia y fiabilidad entre sesiones puede verse condicionado por diferencias entre pacientes, dispositivos y contextos; la variabilidad de

señales, la selección de muestras y las dificultades de implementación pueden producir errores o inequidades que no se aprecian en demostraciones controladas; la evaluación de seguridad, accesibilidad y costo debe acompañar cualquier proceso de adopción tecnológica (Zhang et al., 2026).

Como proyección de esta línea de trabajo, aplicación prudente al seguimiento de la recuperación motora debe integrarse en un modelo de atención centrado en la persona; la tecnología debe complementar la exploración, la comunicación terapéutica y el seguimiento funcional, y su continuidad ha de depender de beneficios verificables; el criterio final continúa siendo la mejora de la funcionalidad, la participación y la calidad de vida (Organización Mundial de la Salud, 2024).

2.1.3. Algoritmos de apoyo a la valoración funcional y detección de alteraciones musculoesqueléticas

El abordaje de análisis de asimetrías durante sentadillas, marcha y alcance permite delimitar una dimensión concreta de algoritmos de apoyo a la valoración

funcional y detección de alteraciones musculoesqueléticas; la definición precisa del problema clínico precede a cualquier elección tecnológica, porque un sistema sofisticado no corrige por sí solo una valoración incompleta; de este modo, la innovación se vincula con necesidades reales de recuperación y no con la mera incorporación de dispositivos (Sumner et al., 2023).

En la práctica asistencial, identificación de patrones compatibles con compensaciones motoras exige relacionar los recursos disponibles con la situación funcional de cada persona; la planificación compartida debe considerar preferencias, tolerancia al esfuerzo, condiciones de salud y barreras de acceso, evitando aplicar protocolos uniformes a trayectorias heterogéneas; esta orientación favorece la adherencia y protege la autonomía durante la rehabilitación (Turner et al., 2024).

Desde el punto de vista metodológico, combinación de escalas clínicas y señales de sensores debe analizarse mediante procedimientos transparentes y reproducibles; es necesario describir población, instrumentos, condiciones de registro y criterios de comparación, ya que la calidad de la medición determina la credibilidad de las inferencias; la

comparación con medidas clínicas pertinentes permite distinguir precisión instrumental de utilidad asistencial (Zhang et al., 2026).

Una cuestión relevante consiste en examinar sensibilidad y especificidad ante diferentes alteraciones sin confundir posibilidades técnicas con eficacia terapéutica demostrada; los resultados disponibles deben interpretarse según el tipo de intervención, la población estudiada y los desenlaces evaluados, sin extrapolar hallazgos de manera automática; la lectura crítica de la evidencia resulta indispensable para evitar promesas de efectividad no sustentadas (Sumner et al., 2023).

Para trasladar este conocimiento al servicio de fisioterapia, errores por variación anatómica, dolor y fatiga requiere objetivos observables y decisiones justificadas; conviene establecer una línea de base, momentos de reevaluación y umbrales para modificar el plan, manteniendo trazabilidad de las decisiones profesionales; la supervisión humana conserva un papel decisivo cuando aparecen respuestas inesperadas o signos de alarma (Organización Mundial de la Salud, 2024).

Entre las principales limitaciones destaca que necesidad de evaluación diferencial por un profesional puede verse condicionado por diferencias entre pacientes, dispositivos y contextos; la variabilidad de señales, la selección de muestras y las dificultades de implementación pueden producir errores o inequidades que no se aprecian en demostraciones controladas; la evaluación de seguridad, accesibilidad y costo debe acompañar cualquier proceso de adopción tecnológica (Zhang et al., 2026).

Como proyección de esta línea de trabajo, uso de alertas como apoyo y no como diagnóstico autónomo debe integrarse en un modelo de atención centrado en la persona; la tecnología debe complementar la exploración, la comunicación terapéutica y el seguimiento funcional, y su continuidad ha de depender de beneficios verificables; el criterio final continúa siendo la mejora de la funcionalidad, la participación y la calidad de vida (Organización Mundial de la Salud, 2024).

2.1.4. Interpretación clínica, validación y limitaciones de los sistemas inteligentes de evaluación

El abordaje de validez de constructo y pertinencia del resultado medido permite delimitar una dimensión concreta de interpretación clínica, validación y limitaciones de los sistemas inteligentes de evaluación; la definición precisa del problema clínico precede a cualquier elección tecnológica, porque un sistema sofisticado no corrige por sí solo una valoración incompleta; de este modo, la innovación se vincula con necesidades reales de recuperación y no con la mera incorporación de dispositivos (Sumner et al., 2023).

En la práctica asistencial, validación externa con poblaciones clínicas diversas exige relacionar los recursos disponibles con la situación funcional de cada persona; la planificación compartida debe considerar preferencias, tolerancia al esfuerzo, condiciones de salud y barreras de acceso, evitando aplicar protocolos uniformes a trayectorias heterogéneas; esta orientación favorece la adherencia y protege la autonomía durante la rehabilitación (Turner et al., 2024).

Desde el punto de vista metodológico, calibración, discriminación y análisis de errores debe analizarse mediante procedimientos transparentes y reproducibles; es necesario describir población, instrumentos, condiciones de registro y criterios de comparación, ya que la calidad de la medición determina la credibilidad de las inferencias; la comparación con medidas clínicas pertinentes permite distinguir precisión instrumental de utilidad asistencial (Zhang et al., 2026).

Una cuestión relevante consiste en examinar explicación de resultados a pacientes y profesionales sin confundir posibilidades técnicas con eficacia terapéutica demostrada; los resultados disponibles deben interpretarse según el tipo de intervención, la población estudiada y los desenlaces evaluados, sin extrapolar hallazgos de manera automática; la lectura crítica de la evidencia resulta indispensable para evitar promesas de efectividad no sustentadas (Sumner et al., 2023).

Para trasladar este conocimiento al servicio de fisioterapia, sesgos de selección y cambios entre centros asistenciales requiere objetivos observables y decisiones justificadas; conviene establecer una línea de base,

momentos de reevaluación y umbrales para modificar el plan, manteniendo trazabilidad de las decisiones profesionales; la supervisión humana conserva un papel decisivo cuando aparecen respuestas inesperadas o signos de alarma (Organización Mundial de la Salud, 2024).

Entre las principales limitaciones destaca que monitorización del rendimiento tras implementar un sistema puede verse condicionado por diferencias entre pacientes, dispositivos y contextos; la variabilidad de señales, la selección de muestras y las dificultades de implementación pueden producir errores o inequidades que no se aprecian en demostraciones controladas; la evaluación de seguridad, accesibilidad y costo debe acompañar cualquier proceso de adopción tecnológica (Zhang et al., 2026).

Como proyección de esta línea de trabajo, criterios de suspensión y revisión humana de recomendaciones debe integrarse en un modelo de atención centrado en la persona; la tecnología debe complementar la exploración, la comunicación terapéutica y el seguimiento funcional, y su continuidad ha de depender de beneficios verificables; el criterio final continúa siendo la mejora de la funcionalidad,

la participación y la calidad de vida (Organización Mundial de la Salud, 2024).

2.2. Sistemas inteligentes para la planificación y personalización terapéutica

2.2.1. Modelos predictivos de recuperación funcional y pronóstico de rehabilitación

El abordaje de selección de desenlaces relevantes para el paciente permite delimitar una dimensión concreta de modelos predictivos de recuperación funcional y pronóstico de rehabilitación; la definición precisa del problema clínico precede a cualquier elección tecnológica, porque un sistema sofisticado no corrige por sí solo una valoración incompleta; de este modo, la innovación se vincula con necesidades reales de recuperación y no con la mera incorporación de dispositivos (Sumner et al., 2023).

En la práctica asistencial, variables basales de movilidad, comorbilidad y actividad exige relacionar los recursos disponibles con la situación funcional de cada persona; la planificación compartida debe considerar preferencias, tolerancia al esfuerzo, condiciones de salud y barreras de acceso, evitando aplicar protocolos uniformes a

trayectorias heterogéneas; esta orientación favorece la adherencia y protege la autonomía durante la rehabilitación (Turner et al., 2024).

Desde el punto de vista metodológico, diferencia entre asociación estadística y causalidad debe analizarse mediante procedimientos transparentes y reproducibles; es necesario describir población, instrumentos, condiciones de registro y criterios de comparación, ya que la calidad de la medición determina la credibilidad de las inferencias; la comparación con medidas clínicas pertinentes permite distinguir precisión instrumental de utilidad asistencial (Zhang et al., 2026).

Una cuestión relevante consiste en examinar predicciones con incertidumbre y horizontes temporales definidos sin confundir posibilidades técnicas con eficacia terapéutica demostrada; los resultados disponibles deben interpretarse según el tipo de intervención, la población estudiada y los desenlaces evaluados, sin extrapolar hallazgos de manera automática; la lectura crítica de la evidencia resulta indispensable para evitar promesas de efectividad no sustentadas (Sumner et al., 2023).

Para trasladar este conocimiento al servicio de fisioterapia, validación prospectiva y transportabilidad entre servicios requiere objetivos observables y decisiones justificadas; conviene establecer una línea de base, momentos de reevaluación y umbrales para modificar el plan, manteniendo trazabilidad de las decisiones profesionales; la supervisión humana conserva un papel decisivo cuando aparecen respuestas inesperadas o signos de alarma (Organización Mundial de la Salud, 2024).

Entre las principales limitaciones destaca que comunicación prudente de pronósticos individuales puede verse condicionado por diferencias entre pacientes, dispositivos y contextos; la variabilidad de señales, la selección de muestras y las dificultades de implementación pueden producir errores o inequidades que no se aprecian en demostraciones controladas; la evaluación de seguridad, accesibilidad y costo debe acompañar cualquier proceso de adopción tecnológica (Zhang et al., 2026).

Como proyección de esta línea de trabajo, reevaluación periódica de las predicciones debe integrarse en un modelo de atención centrado en la persona; la tecnología debe complementar la exploración, la

comunicación terapéutica y el seguimiento funcional, y su continuidad ha de depender de beneficios verificables; el criterio final continúa siendo la mejora de la funcionalidad, la participación y la calidad de vida (Organización Mundial de la Salud, 2024).

2.2.2. Algoritmos para la selección, dosificación y progresión de ejercicios terapéuticos

El abordaje de elección de tareas según objetivos funcionales permite delimitar una dimensión concreta de algoritmos para la selección, dosificación y progresión de ejercicios terapéuticos; la definición precisa del problema clínico precede a cualquier elección tecnológica, porque un sistema sofisticado no corrige por sí solo una valoración incompleta; de este modo, la innovación se vincula con necesidades reales de recuperación y no con la mera incorporación de dispositivos (Sumner et al., 2023).

En la práctica asistencial, dosificación de intensidad, frecuencia y duración exige relacionar los recursos disponibles con la situación funcional de cada persona; la planificación compartida debe considerar preferencias, tolerancia al esfuerzo, condiciones de salud y barreras de

acceso, evitando aplicar protocolos uniformes a trayectorias heterogéneas; esta orientación favorece la adherencia y protege la autonomía durante la rehabilitación (Turner et al., 2024).

Desde el punto de vista metodológico, monitorización de esfuerzo, dolor y tolerancia debe analizarse mediante procedimientos transparentes y reproducibles; es necesario describir población, instrumentos, condiciones de registro y criterios de comparación, ya que la calidad de la medición determina la credibilidad de las inferencias; la comparación con medidas clínicas pertinentes permite distinguir precisión instrumental de utilidad asistencial (Zhang et al., 2026).

Una cuestión relevante consiste en examinar reglas de progresión y regresión con umbrales clínicos sin confundir posibilidades técnicas con eficacia terapéutica demostrada; los resultados disponibles deben interpretarse según el tipo de intervención, la población estudiada y los desenlaces evaluados, sin extrapolar hallazgos de manera automática; la lectura crítica de la evidencia resulta indispensable para evitar promesas de efectividad no sustentadas (Sumner et al., 2023).

Para trasladar este conocimiento al servicio de fisioterapia, adaptación a adherencia, fatiga y barreras domiciliarias requiere objetivos observables y decisiones justificadas; conviene establecer una línea de base, momentos de reevaluación y umbrales para modificar el plan, manteniendo trazabilidad de las decisiones profesionales; la supervisión humana conserva un papel decisivo cuando aparecen respuestas inesperadas o signos de alarma (Organización Mundial de la Salud, 2024).

Entre las principales limitaciones destaca que prevención de cargas inapropiadas por automatización puede verse condicionado por diferencias entre pacientes, dispositivos y contextos; la variabilidad de señales, la selección de muestras y las dificultades de implementación pueden producir errores o inequidades que no se aprecian en demostraciones controladas; la evaluación de seguridad, accesibilidad y costo debe acompañar cualquier proceso de adopción tecnológica (Zhang et al., 2026).

Como proyección de esta línea de trabajo, supervisión y ajuste individual del programa debe integrarse en un modelo de atención centrado en la persona; la tecnología debe complementar la exploración, la

comunicación terapéutica y el seguimiento funcional, y su continuidad ha de depender de beneficios verificables; el criterio final continúa siendo la mejora de la funcionalidad, la participación y la calidad de vida (Organización Mundial de la Salud, 2024).

2.2.3. Sistemas de recomendación clínica y adaptación dinámica de programas de tratamiento

El abordaje de recomendaciones basadas en preferencias y metas compartidas permite delimitar una dimensión concreta de sistemas de recomendación clínica y adaptación dinámica de programas de tratamiento; la definición precisa del problema clínico precede a cualquier elección tecnológica, porque un sistema sofisticado no corrige por sí solo una valoración incompleta; de este modo, la innovación se vincula con necesidades reales de recuperación y no con la mera incorporación de dispositivos (Sumner et al., 2023).

En la práctica asistencial, combinación de guías clínicas con información longitudinal exige relacionar los recursos disponibles con la situación funcional de cada persona; la planificación compartida debe considerar

preferencias, tolerancia al esfuerzo, condiciones de salud y barreras de acceso, evitando aplicar protocolos uniformes a trayectorias heterogéneas; esta orientación favorece la adherencia y protege la autonomía durante la rehabilitación (Turner et al., 2024).

Desde el punto de vista metodológico, retroalimentación tras cada sesión terapéutica debe analizarse mediante procedimientos transparentes y reproducibles; es necesario describir población, instrumentos, condiciones de registro y criterios de comparación, ya que la calidad de la medición determina la credibilidad de las inferencias; la comparación con medidas clínicas pertinentes permite distinguir precisión instrumental de utilidad asistencial (Zhang et al., 2026).

Una cuestión relevante consiste en examinar gestión de datos faltantes y mediciones contradictorias sin confundir posibilidades técnicas con eficacia terapéutica demostrada; los resultados disponibles deben interpretarse según el tipo de intervención, la población estudiada y los desenlaces evaluados, sin extrapolar hallazgos de manera automática; la lectura crítica de la evidencia resulta indispensable para

evitar promesas de efectividad no sustentadas (Sumner et al., 2023).

Para trasladar este conocimiento al servicio de fisioterapia, equidad en pacientes poco representados requiere objetivos observables y decisiones justificadas; conviene establecer una línea de base, momentos de reevaluación y umbrales para modificar el plan, manteniendo trazabilidad de las decisiones profesionales; la supervisión humana conserva un papel decisivo cuando aparecen respuestas inesperadas o signos de alarma (Organización Mundial de la Salud, 2024).

Entre las principales limitaciones destaca que explicabilidad de cada modificación sugerida puede verse condicionado por diferencias entre pacientes, dispositivos y contextos; la variabilidad de señales, la selección de muestras y las dificultades de implementación pueden producir errores o inequidades que no se aprecian en demostraciones controladas; la evaluación de seguridad, accesibilidad y costo debe acompañar cualquier proceso de adopción tecnológica (Zhang et al., 2026).

Como proyección de esta línea de trabajo, auditoría clínica de resultados y decisiones debe integrarse en un modelo de atención centrado en la persona; la tecnología debe complementar la exploración, la comunicación terapéutica y el seguimiento funcional, y su continuidad ha de depender de beneficios verificables; el criterio final continúa siendo la mejora de la funcionalidad, la participación y la calidad de vida (Organización Mundial de la Salud, 2024).

2.2.4. Inteligencia artificial generativa y asistentes virtuales como apoyo al fisioterapeuta

El abordaje de redacción asistida de materiales de educación terapéutica permite delimitar una dimensión concreta de inteligencia artificial generativa y asistentes virtuales como apoyo al fisioterapeuta; la definición precisa del problema clínico precede a cualquier elección tecnológica, porque un sistema sofisticado no corrige por sí solo una valoración incompleta; de este modo, la innovación se vincula con necesidades reales de recuperación y no con la mera incorporación de dispositivos (Sumner et al., 2023).

En la práctica asistencial, organización de notas clínicas y resúmenes revisables exige relacionar los recursos disponibles con la situación funcional de cada persona; la planificación compartida debe considerar preferencias, tolerancia al esfuerzo, condiciones de salud y barreras de acceso, evitando aplicar protocolos uniformes a trayectorias heterogéneas; esta orientación favorece la adherencia y protege la autonomía durante la rehabilitación (Turner et al., 2024).

Desde el punto de vista metodológico, simulación de preguntas frecuentes y orientación general debe analizarse mediante procedimientos transparentes y reproducibles; es necesario describir población, instrumentos, condiciones de registro y criterios de comparación, ya que la calidad de la medición determina la credibilidad de las inferencias; la comparación con medidas clínicas pertinentes permite distinguir precisión instrumental de utilidad asistencial (Zhang et al., 2026).

Una cuestión relevante consiste en examinar alucinaciones y respuestas clínicas aparentemente convincentes sin confundir posibilidades técnicas con eficacia terapéutica demostrada; los resultados disponibles

deben interpretarse según el tipo de intervención, la población estudiada y los desenlaces evaluados, sin extrapolar hallazgos de manera automática; la lectura crítica de la evidencia resulta indispensable para evitar promesas de efectividad no sustentadas (Sumner et al., 2023).

Para trasladar este conocimiento al servicio de fisioterapia, privacidad y prohibición de ingresar datos sin autorización requiere objetivos observables y decisiones justificadas; conviene establecer una línea de base, momentos de reevaluación y umbrales para modificar el plan, manteniendo trazabilidad de las decisiones profesionales; la supervisión humana conserva un papel decisivo cuando aparecen respuestas inesperadas o signos de alarma (Organización Mundial de la Salud, 2024).

Entre las principales limitaciones destaca que límites de los asistentes en triage y prescripción puede verse condicionado por diferencias entre pacientes, dispositivos y contextos; la variabilidad de señales, la selección de muestras y las dificultades de implementación pueden producir errores o inequidades que no se aprecian en demostraciones controladas; la evaluación de seguridad,

accesibilidad y costo debe acompañar cualquier proceso de adopción tecnológica (Zhang et al., 2026).

Como proyección de esta línea de trabajo, validación humana antes de compartir indicaciones con pacientes debe integrarse en un modelo de atención centrado en la persona; la tecnología debe complementar la exploración, la comunicación terapéutica y el seguimiento funcional, y su continuidad ha de depender de beneficios verificables; el criterio final continúa siendo la mejora de la funcionalidad, la participación y la calidad de vida (Organización Mundial de la Salud, 2024).

2.3. Analítica avanzada y toma de decisiones clínicas basada en datos

2.3.1. Big Data y análisis de información clínica en rehabilitación

El abordaje de fuentes heterogéneas de historias clínicas y dispositivos permite delimitar una dimensión concreta de big data y análisis de información clínica en rehabilitación; la definición precisa del problema clínico precede a cualquier elección tecnológica, porque un sistema sofisticado no corrige por sí solo una valoración incompleta;

de este modo, la innovación se vincula con necesidades reales de recuperación y no con la mera incorporación de dispositivos (Sumner et al., 2023).

En la práctica asistencial, interoperabilidad semántica y estandarización de variables exige relacionar los recursos disponibles con la situación funcional de cada persona; la planificación compartida debe considerar preferencias, tolerancia al esfuerzo, condiciones de salud y barreras de acceso, evitando aplicar protocolos uniformes a trayectorias heterogéneas; esta orientación favorece la adherencia y protege la autonomía durante la rehabilitación (Turner et al., 2024).

Desde el punto de vista metodológico, calidad, completitud y procedencia de registros debe analizarse mediante procedimientos transparentes y reproducibles; es necesario describir población, instrumentos, condiciones de registro y criterios de comparación, ya que la calidad de la medición determina la credibilidad de las inferencias; la comparación con medidas clínicas pertinentes permite distinguir precisión instrumental de utilidad asistencial (Zhang et al., 2026).

Una cuestión relevante consiste en examinar análisis longitudinal y estratificación de poblaciones sin confundir posibilidades técnicas con eficacia terapéutica demostrada; los resultados disponibles deben interpretarse según el tipo de intervención, la población estudiada y los desenlaces evaluados, sin extrapolar hallazgos de manera automática; la lectura crítica de la evidencia resulta indispensable para evitar promesas de efectividad no sustentadas (Sumner et al., 2023).

Para trasladar este conocimiento al servicio de fisioterapia, riesgos de confusión y sesgos en datos observacionales requiere objetivos observables y decisiones justificadas; conviene establecer una línea de base, momentos de reevaluación y umbrales para modificar el plan, manteniendo trazabilidad de las decisiones profesionales; la supervisión humana conserva un papel decisivo cuando aparecen respuestas inesperadas o signos de alarma (Organización Mundial de la Salud, 2024).

Entre las principales limitaciones destaca que gobernanza y acceso proporcional a la información puede verse condicionado por diferencias entre pacientes, dispositivos y contextos; la variabilidad de señales, la

selección de muestras y las dificultades de implementación pueden producir errores o inequidades que no se aprecian en demostraciones controladas; la evaluación de seguridad, accesibilidad y costo debe acompañar cualquier proceso de adopción tecnológica (Zhang et al., 2026).

Como proyección de esta línea de trabajo, conversión de hallazgos analíticos en mejoras asistenciales debe integrarse en un modelo de atención centrado en la persona; la tecnología debe complementar la exploración, la comunicación terapéutica y el seguimiento funcional, y su continuidad ha de depender de beneficios verificables; el criterio final continúa siendo la mejora de la funcionalidad, la participación y la calidad de vida (Organización Mundial de la Salud, 2024).

2.3.2. Indicadores digitales para el seguimiento de la evolución funcional

El abordaje de selección de medidas de movilidad y participación permite delimitar una dimensión concreta de indicadores digitales para el seguimiento de la evolución funcional; la definición precisa del problema clínico precede a cualquier elección tecnológica, porque un sistema

sofisticado no corrige por sí solo una valoración incompleta; de este modo, la innovación se vincula con necesidades reales de recuperación y no con la mera incorporación de dispositivos (Sumner et al., 2023).

En la práctica asistencial, indicadores temporoespaciales de la marcha exige relacionar los recursos disponibles con la situación funcional de cada persona; la planificación compartida debe considerar preferencias, tolerancia al esfuerzo, condiciones de salud y barreras de acceso, evitando aplicar protocolos uniformes a trayectorias heterogéneas; esta orientación favorece la adherencia y protege la autonomía durante la rehabilitación (Turner et al., 2024).

Desde el punto de vista metodológico, actividad diaria registrada por sensores vestibles debe analizarse mediante procedimientos transparentes y reproducibles; es necesario describir población, instrumentos, condiciones de registro y criterios de comparación, ya que la calidad de la medición determina la credibilidad de las inferencias; la comparación con medidas clínicas pertinentes permite distinguir precisión instrumental de utilidad asistencial (Zhang et al., 2026).

Una cuestión relevante consiste en examinar resultados informados por el paciente y calidad de vida sin confundir posibilidades técnicas con eficacia terapéutica demostrada; los resultados disponibles deben interpretarse según el tipo de intervención, la población estudiada y los desenlaces evaluados, sin extrapolar hallazgos de manera automática; la lectura crítica de la evidencia resulta indispensable para evitar promesas de efectividad no sustentadas (Sumner et al., 2023).

Para trasladar este conocimiento al servicio de fisioterapia, cambio mínimo detectable y relevancia clínica requiere objetivos observables y decisiones justificadas; conviene establecer una línea de base, momentos de reevaluación y umbrales para modificar el plan, manteniendo trazabilidad de las decisiones profesionales; la supervisión humana conserva un papel decisivo cuando aparecen respuestas inesperadas o signos de alarma (Organización Mundial de la Salud, 2024).

Entre las principales limitaciones destaca que visualización comprensible de tendencias individuales puede verse condicionado por diferencias entre pacientes, dispositivos y contextos; la variabilidad de señales, la

selección de muestras y las dificultades de implementación pueden producir errores o inequidades que no se aprecian en demostraciones controladas; la evaluación de seguridad, accesibilidad y costo debe acompañar cualquier proceso de adopción tecnológica (Zhang et al., 2026).

Como proyección de esta línea de trabajo, revisión de objetivos mediante decisiones compartidas debe integrarse en un modelo de atención centrado en la persona; la tecnología debe complementar la exploración, la comunicación terapéutica y el seguimiento funcional, y su continuidad ha de depender de beneficios verificables; el criterio final continúa siendo la mejora de la funcionalidad, la participación y la calidad de vida (Organización Mundial de la Salud, 2024).

2.3.3. Modelos de predicción de riesgos, recaídas y adherencia terapéutica

El abordaje de definición precisa de recaída y abandono terapéutico permite delimitar una dimensión concreta de modelos de predicción de riesgos, recaídas y adherencia terapéutica; la definición precisa del problema clínico precede a cualquier elección tecnológica, porque un

sistema sofisticado no corrige por sí solo una valoración incompleta; de este modo, la innovación se vincula con necesidades reales de recuperación y no con la mera incorporación de dispositivos (Sumner et al., 2023).

En la práctica asistencial, factores clínicos, sociales y conductuales exige relacionar los recursos disponibles con la situación funcional de cada persona; la planificación compartida debe considerar preferencias, tolerancia al esfuerzo, condiciones de salud y barreras de acceso, evitando aplicar protocolos uniformes a trayectorias heterogéneas; esta orientación favorece la adherencia y protege la autonomía durante la rehabilitación (Turner et al., 2024).

Desde el punto de vista metodológico, manejo de desequilibrios entre grupos de riesgo debe analizarse mediante procedimientos transparentes y reproducibles; es necesario describir población, instrumentos, condiciones de registro y criterios de comparación, ya que la calidad de la medición determina la credibilidad de las inferencias; la comparación con medidas clínicas pertinentes permite distinguir precisión instrumental de utilidad asistencial (Zhang et al., 2026).

Una cuestión relevante consiste en examinar calibración y utilidad de las alertas tempranas sin confundir posibilidades técnicas con eficacia terapéutica demostrada; los resultados disponibles deben interpretarse según el tipo de intervención, la población estudiada y los desenlaces evaluados, sin extrapolar hallazgos de manera automática; la lectura crítica de la evidencia resulta indispensable para evitar promesas de efectividad no sustentadas (Sumner et al., 2023).

Para trasladar este conocimiento al servicio de fisioterapia, evitar estigmatización por puntuaciones algorítmicas requiere objetivos observables y decisiones justificadas; conviene establecer una línea de base, momentos de reevaluación y umbrales para modificar el plan, manteniendo trazabilidad de las decisiones profesionales; la supervisión humana conserva un papel decisivo cuando aparecen respuestas inesperadas o signos de alarma (Organización Mundial de la Salud, 2024).

Entre las principales limitaciones destaca que intervenciones preventivas proporcionales al riesgo puede verse condicionado por diferencias entre pacientes, dispositivos y contextos; la variabilidad de señales, la

selección de muestras y las dificultades de implementación pueden producir errores o inequidades que no se aprecian en demostraciones controladas; la evaluación de seguridad, accesibilidad y costo debe acompañar cualquier proceso de adopción tecnológica (Zhang et al., 2026).

Como proyección de esta línea de trabajo, evaluación del efecto real de las alertas en la atención debe integrarse en un modelo de atención centrado en la persona; la tecnología debe complementar la exploración, la comunicación terapéutica y el seguimiento funcional, y su continuidad ha de depender de beneficios verificables; el criterio final continúa siendo la mejora de la funcionalidad, la participación y la calidad de vida (Organización Mundial de la Salud, 2024).

2.3.4. Inteligencia artificial explicable, supervisión profesional y seguridad de las decisiones clínicas

El abordaje de explicaciones locales y globales de los modelos permite delimitar una dimensión concreta de inteligencia artificial explicable, supervisión profesional y seguridad de las decisiones clínicas; la definición precisa del

problema clínico precede a cualquier elección tecnológica, porque un sistema sofisticado no corrige por sí solo una valoración incompleta; de este modo, la innovación se vincula con necesidades reales de recuperación y no con la mera incorporación de dispositivos (Sumner et al., 2023).

En la práctica asistencial, diferencia entre explicación estadística y causalidad exige relacionar los recursos disponibles con la situación funcional de cada persona; la planificación compartida debe considerar preferencias, tolerancia al esfuerzo, condiciones de salud y barreras de acceso, evitando aplicar protocolos uniformes a trayectorias heterogéneas; esta orientación favorece la adherencia y protege la autonomía durante la rehabilitación (Turner et al., 2024).

Desde el punto de vista metodológico, detección de desplazamiento de datos y deterioro del modelo debe analizarse mediante procedimientos transparentes y reproducibles; es necesario describir población, instrumentos, condiciones de registro y criterios de comparación, ya que la calidad de la medición determina la credibilidad de las inferencias; la comparación con medidas

clínicas pertinentes permite distinguir precisión instrumental de utilidad asistencial (Zhang et al., 2026).

Una cuestión relevante consiste en examinar responsabilidad clínica ante decisiones asistidas sin confundir posibilidades técnicas con eficacia terapéutica demostrada; los resultados disponibles deben interpretarse según el tipo de intervención, la población estudiada y los desenlaces evaluados, sin extrapolar hallazgos de manera automática; la lectura crítica de la evidencia resulta indispensable para evitar promesas de efectividad no sustentadas (Sumner et al., 2023).

Para trasladar este conocimiento al servicio de fisioterapia, documentación de incertidumbre y límites de uso requiere objetivos observables y decisiones justificadas; conviene establecer una línea de base, momentos de reevaluación y umbrales para modificar el plan, manteniendo trazabilidad de las decisiones profesionales; la supervisión humana conserva un papel decisivo cuando aparecen respuestas inesperadas o signos de alarma (Organización Mundial de la Salud, 2024).

La implementación de sistemas inteligentes en fisioterapia requiere considerar las diferencias entre pacientes, dispositivos y contextos clínicos, así como los riesgos asociados con la variabilidad de los datos, la ciberseguridad y las limitaciones de accesibilidad, seguridad y costos (Zhang et al., 2026); por ello, la incorporación tecnológica debe preservar la autonomía del paciente y el juicio profesional, complementando la evaluación clínica, la comunicación terapéutica y el seguimiento funcional, con el propósito de garantizar intervenciones centradas en la persona que contribuyan a mejorar su funcionalidad, participación y calidad de vida (Organización Mundial de la Salud, 2024).

Figura 2



Inteligencia artificial y análisis inteligente en fisioterapia

CAPÍTULO III

Tecnologías emergentes y nuevos entornos de rehabilitación

3.1. Robótica inteligente y dispositivos de asistencia terapéutica

3.1.1. Robótica de rehabilitación y sistemas automatizados de entrenamiento motor

Los robots de rehabilitación pueden clasificarse según su interacción mecánica con el cuerpo, desde sistemas de efector final hasta dispositivos que acompañan segmentos articulares; esta distinción influye en el grado de libertad, la trayectoria posible y la selección de tareas terapéuticas; Su elección debe relacionarse con el objetivo funcional y no únicamente con la disponibilidad tecnológica; en términos de aplicación, conviene documentar las condiciones iniciales del paciente, la finalidad de la tarea y los criterios empleados para valorar el cambio; esta información facilita comparar sesiones y reconocer cuándo una modificación observada tiene relevancia para la vida cotidiana.

La repetición de movimientos asistidos permite estructurar sesiones de práctica intensiva y registrar de manera consistente parámetros de ejecución; sin embargo, repetir una trayectoria no garantiza aprendizaje motor si la persona participa de forma pasiva o si la tarea carece de significado funcional; La planificación debe combinar dosis de práctica, atención y participación voluntaria; para que la intervención sea reproducible, deben describirse los parámetros de configuración, la duración de la práctica y el grado de ayuda proporcionado; la reevaluación permite ajustar las exigencias sin asumir que todos los pacientes responden del mismo modo.

Los modos de asistencia pasiva, activa, asistida según necesidad y resistida responden a capacidades diferentes; en pacientes con debilidad marcada puede ser pertinente facilitar el inicio del movimiento, mientras que en fases posteriores interesa reducir gradualmente la ayuda; La progresión requiere valorar fatiga, control motor y tolerancia; la información obtenida necesita contrastarse con instrumentos clínicos pertinentes y con la percepción del usuario; una diferencia numérica puede originarse en variaciones del procedimiento, por lo que es importante

registrar las condiciones de medición y la incertidumbre asociada.

Los sistemas automatizados pueden registrar velocidad, rango de movimiento, fuerza aplicada y regularidad de la trayectoria; estas métricas describen el desempeño durante la sesión, pero no equivalen por sí solas a recuperación de la independencia cotidiana; La interpretación debe complementarse con escalas clínicas y actividades funcionales; en la interpretación de resultados, debe distinguirse la viabilidad técnica de la efectividad clínica; la evidencia favorable en un contexto controlado no asegura que se obtengan beneficios equivalentes en otros servicios, edades o condiciones de salud.

La transferencia del entrenamiento robótico a caminar, alcanzar objetos o realizar actividades domésticas constituye una pregunta central de investigación; para responderla conviene medir resultados fuera del dispositivo y considerar el seguimiento después de finalizar la intervención; Los efectos deben compararse con programas convencionales bien definidos; el plan de aplicación debe establecer responsabilidades, criterios de progresión y mecanismos de seguimiento; las decisiones clínicas

requieren considerar tanto la respuesta inmediata como la posibilidad de transferir las habilidades adquiridas a actividades funcionales significativas.

La selección de pacientes exige valorar dolor, limitaciones articulares, estabilidad cardiovascular, integridad cutánea y capacidad de comprender instrucciones; también se requieren protocolos de parada, supervisión y respuesta ante fallas técnicas; La seguridad forma parte del diseño terapéutico desde la primera sesión; desde la gestión asistencial, resulta necesario prever formación, mantenimiento, accesibilidad y respuesta ante incidentes; las limitaciones económicas o tecnológicas pueden afectar la continuidad, incluso cuando el recurso presenta características técnicas prometedoras.

La robótica debe incorporarse como complemento de un programa clínico integral que incluya ejercicio activo, educación y metas acordadas; su valor se determina por beneficios funcionales relevantes, aceptabilidad y recursos disponibles; La revisión de Rajashekar et al. (2024) ofrece un marco reciente para examinar estas aplicaciones; por ello, la valoración final debe integrar indicadores funcionales, experiencia del paciente y viabilidad de implementación; la

continuidad del recurso se justifica cuando aporta una ventaja clínica relevante y puede utilizarse de manera segura y sostenible.

3.1.2. Exoesqueletos inteligentes y tecnologías de asistencia a la movilidad

Los exoesqueletos son estructuras portables capaces de transmitir fuerzas o torques para asistir segmentos corporales; algunos se orientan al entrenamiento de la marcha y otros al apoyo de miembros superiores, con diferencias importantes en arquitectura y control; La indicación depende de la tarea y de la capacidad residual del usuario; en términos de aplicación, conviene documentar las condiciones iniciales del paciente, la finalidad de la tarea y los criterios empleados para valorar el cambio; esta información facilita comparar sesiones y reconocer cuándo una modificación observada tiene relevancia para la vida cotidiana.

La detección de intención motora puede combinar sensores inerciales, presión plantar y señales electromiográficas; estos registros permiten estimar fases del movimiento, aunque su precisión puede deteriorarse por

ruido, colocación incorrecta o patrones atípicos; El sistema debe funcionar de manera segura incluso ante señales ambiguas; para que la intervención sea reproducible, deben describirse los parámetros de configuración, la duración de la práctica y el grado de ayuda proporcionado; la reevaluación permite ajustar las exigencias sin asumir que todos los pacientes responden del mismo modo.

El ajuste antropométrico resulta esencial porque la desalineación entre articulaciones humanas y mecánicas puede producir molestias y movimientos no deseados; la adaptación requiere considerar talla, rango articular, distribución de peso y puntos de contacto; El confort es una condición clínica y no un detalle secundario; la información obtenida necesita contrastarse con instrumentos clínicos pertinentes y con la percepción del usuario; una diferencia numérica puede originarse en variaciones del procedimiento, por lo que es importante registrar las condiciones de medición y la incertidumbre asociada.

En entrenamiento locomotor, la asistencia debe graduarse para evitar que el dispositivo sustituya de forma innecesaria el esfuerzo del paciente; una estrategia de reducción progresiva puede favorecer la participación

cuando la evolución funcional lo permite; Los parámetros de control requieren revisión durante cada fase; en la interpretación de resultados, debe distinguirse la viabilidad técnica de la efectividad clínica; la evidencia favorable en un contexto controlado no asegura que se obtengan beneficios equivalentes en otros servicios, edades o condiciones de salud.

La prevención de caídas exige dispositivos de soporte apropiados, supervisión entrenada y procedimientos claros para detener el movimiento; además, deben vigilarse fatiga, cambios de presión arterial y lesiones por contacto prolongado; La evaluación del riesgo debe preceder a la utilización del equipo; el plan de aplicación debe establecer responsabilidades, criterios de progresión y mecanismos de seguimiento; las decisiones clínicas requieren considerar tanto la respuesta inmediata como la posibilidad de transferir las habilidades adquiridas a actividades funcionales significativas.

La adquisición y mantenimiento de exoesqueletos supone costos de capacitación, calibración, reparación y adecuación del espacio; estos factores afectan su viabilidad en instituciones con recursos limitados; La equidad obliga a

comparar el beneficio esperado con alternativas accesibles; desde la gestión asistencial, resulta necesario prever formación, mantenimiento, accesibilidad y respuesta ante incidentes; las limitaciones económicas o tecnológicas pueden afectar la continuidad, incluso cuando el recurso presenta características técnicas prometedoras.

La eficacia no debe medirse únicamente por distancia recorrida con asistencia mecánica; también importa la capacidad de desplazamiento sin el equipo, la participación y la experiencia del usuario; La literatura sobre robótica y recuperación motora recomienda interpretar los resultados según población e intervención (Rajashekar et al., 2024); por ello, la valoración final debe integrar indicadores funcionales, experiencia del paciente y viabilidad de implementación; la continuidad del recurso se justifica cuando aporta una ventaja clínica relevante y puede utilizarse de manera segura y sostenible.

3.1.3. Prótesis, órtesis inteligentes y dispositivos de apoyo funcional

Las prótesis inteligentes integran componentes mecánicos y sistemas de control que responden a señales del

usuario o del entorno; en algunos diseños, los sensores mioeléctricos permiten traducir actividad muscular residual en comandos funcionales; El éxito depende tanto de la tecnología como del proceso de adaptación; en términos de aplicación, conviene documentar las condiciones iniciales del paciente, la finalidad de la tarea y los criterios empleados para valorar el cambio; esta información facilita comparar sesiones y reconocer cuándo una modificación observada tiene relevancia para la vida cotidiana.

Las órtesis activas pueden facilitar determinados movimientos, estabilizar articulaciones o modificar la asistencia durante una tarea; su indicación debe partir de una evaluación biomecánica y funcional que determine qué déficit se pretende compensar; No todos los usuarios requieren un dispositivo motorizado; para que la intervención sea reproducible, deben describirse los parámetros de configuración, la duración de la práctica y el grado de ayuda proporcionado; la reevaluación permite ajustar las exigencias sin asumir que todos los pacientes responden del mismo modo.

La interfaz entre dispositivo y cuerpo condiciona comodidad, transmisión de fuerzas y seguridad; un encaje

inadecuado puede limitar el tiempo de uso incluso cuando el algoritmo de control es técnicamente preciso; La valoración de la piel y la tolerancia debe ser periódica; la información obtenida necesita contrastarse con instrumentos clínicos pertinentes y con la percepción del usuario; una diferencia numérica puede originarse en variaciones del procedimiento, por lo que es importante registrar las condiciones de medición y la incertidumbre asociada.

La retroalimentación sensorial, mediante vibración o señales visuales, busca ofrecer información sobre contacto, fuerza o posición; estos recursos pueden apoyar el aprendizaje de uso, pero su utilidad varía según la capacidad sensorial y cognitiva; Es necesario evitar sobrecargar la atención del paciente; en la interpretación de resultados, debe distinguirse la viabilidad técnica de la efectividad clínica; la evidencia favorable en un contexto controlado no asegura que se obtengan beneficios equivalentes en otros servicios, edades o condiciones de salud.

Los dispositivos requieren mantenimiento preventivo, calibración y sustitución de componentes expuestos al desgaste; la continuidad del tratamiento puede verse comprometida cuando no existe soporte técnico

disponible; La sostenibilidad debe evaluarse antes de la prescripción; el plan de aplicación debe establecer responsabilidades, criterios de progresión y mecanismos de seguimiento; las decisiones clínicas requieren considerar tanto la respuesta inmediata como la posibilidad de transferir las habilidades adquiridas a actividades funcionales significativas.

El entrenamiento progresivo incluye tareas básicas de control, manipulación o marcha y posteriormente actividades de la vida diaria; las metas deben ajustarse a los entornos reales en los que la persona utilizará la ayuda; La práctica contextualizada facilita valorar utilidad y limitaciones; desde la gestión asistencial, resulta necesario prever formación, mantenimiento, accesibilidad y respuesta ante incidentes; las limitaciones económicas o tecnológicas pueden afectar la continuidad, incluso cuando el recurso presenta características técnicas prometedoras.

La evaluación de resultados debe incluir autonomía, satisfacción, participación y carga de uso además de métricas técnicas; la perspectiva centrada en la persona permite distinguir innovación útil de complejidad innecesaria; La tecnología conserva un carácter instrumental

frente al objetivo de mejorar la vida cotidiana; por ello, la valoración final debe integrar indicadores funcionales, experiencia del paciente y viabilidad de implementación; la continuidad del recurso se justifica cuando aporta una ventaja clínica relevante y puede utilizarse de manera segura y sostenible.

3.1.4. Integración de sensores, robótica colaborativa y retroalimentación en tiempo real

La robótica colaborativa combina actuación mecánica con información capturada durante el movimiento; sensores de fuerza, posición e inercia pueden aportar una representación parcial del estado del paciente y del dispositivo; Su integración exige definir qué señales son relevantes para cada tarea; en términos de aplicación, conviene documentar las condiciones iniciales del paciente, la finalidad de la tarea y los criterios empleados para valorar el cambio; esta información facilita comparar sesiones y reconocer cuándo una modificación observada tiene relevancia para la vida cotidiana.

El control en lazo cerrado utiliza mediciones recientes para modificar la asistencia, la resistencia o la

velocidad; esta adaptación puede hacer más flexible el entrenamiento, aunque depende de la estabilidad del controlador y de límites seguros; La respuesta automática no debe generar movimientos bruscos; para que la intervención sea reproducible, deben describirse los parámetros de configuración, la duración de la práctica y el grado de ayuda proporcionado; la reevaluación permite ajustar las exigencias sin asumir que todos los pacientes responden del mismo modo.

La retroalimentación visual, auditiva o háptica puede informar sobre precisión, ritmo y cumplimiento de objetivos; demasiadas señales simultáneas pueden distraer o dificultar el aprendizaje; La cantidad de información debe adaptarse al paciente; la información obtenida necesita contrastarse con instrumentos clínicos pertinentes y con la percepción del usuario; una diferencia numérica puede originarse en variaciones del procedimiento, por lo que es importante registrar las condiciones de medición y la incertidumbre asociada.

La latencia entre detección, procesamiento y actuación representa una variable crítica en sistemas interactivos; retrasos excesivos pueden modificar la

coordinación y aumentar la percepción de esfuerzo; Las pruebas técnicas deben incluir escenarios de señal deficiente; en la interpretación de resultados, debe distinguirse la viabilidad técnica de la efectividad clínica; la evidencia favorable en un contexto controlado no asegura que se obtengan beneficios equivalentes en otros servicios, edades o condiciones de salud.

Los mecanismos de seguridad incluyen límites de fuerza, paradas de emergencia y supervisión presencial cuando corresponda; también se requieren protocolos de registro de incidentes y revisión del funcionamiento; La automatización no elimina la responsabilidad clínica; el plan de aplicación debe establecer responsabilidades, criterios de progresión y mecanismos de seguimiento; las decisiones clínicas requieren considerar tanto la respuesta inmediata como la posibilidad de transferir las habilidades adquiridas a actividades funcionales significativas.

La experiencia del paciente aporta información sobre confianza, comodidad y carga cognitiva que los sensores no captan completamente; integrar estas percepciones mejora la pertinencia de los ajustes; Las decisiones compartidas deben acompañar la personalización tecnológica; desde la gestión

asistencial, resulta necesario prever formación, mantenimiento, accesibilidad y respuesta ante incidentes; las limitaciones económicas o tecnológicas pueden afectar la continuidad, incluso cuando el recurso presenta características técnicas prometedoras.

El futuro de estos sistemas depende de combinar interoperabilidad, validación clínica y mantenimiento accesible; las recomendaciones de gobernanza de IA sanitaria resaltan la necesidad de supervisión y gestión de riesgos (Organización Mundial de la Salud, 2024); La prioridad sigue siendo la seguridad y el beneficio funcional; por ello, la valoración final debe integrar indicadores funcionales, experiencia del paciente y viabilidad de implementación; la continuidad del recurso se justifica cuando aporta una ventaja clínica relevante y puede utilizarse de manera segura y sostenible.

3.2. Realidad virtual, realidad aumentada y entornos inmersivos

3.2.1. Realidad virtual inmersiva y no inmersiva aplicada a la recuperación motora

La realidad virtual no inmersiva suele presentar tareas interactivas en pantallas, mientras que la inmersiva emplea visores que modifican de manera más amplia la percepción del entorno; esta diferencia afecta requisitos de espacio, tolerancia sensorial y supervisión; La elección debe responder al objetivo clínico y al perfil del usuario; en términos de aplicación, conviene documentar las condiciones iniciales del paciente, la finalidad de la tarea y los criterios empleados para valorar el cambio; esta información facilita comparar sesiones y reconocer cuándo una modificación observada tiene relevancia para la vida cotidiana.

Los entornos virtuales pueden organizar tareas de alcance, equilibrio, coordinación y desplazamiento con niveles graduados de dificultad; la repetición adquiere mayor sentido cuando las acciones representan objetivos funcionales reconocibles; El diseño debe evitar ejercicios

atractivos pero clínicamente irrelevantes; para que la intervención sea reproducible, deben describirse los parámetros de configuración, la duración de la práctica y el grado de ayuda proporcionado; la reevaluación permite ajustar las exigencias sin asumir que todos los pacientes responden del mismo modo.

La retroalimentación inmediata permite mostrar aciertos, errores y progresos durante la tarea; sin embargo, la dependencia constante de señales externas podría dificultar la ejecución autónoma fuera del entorno virtual; Conviene reducir progresivamente las ayudas cuando sea pertinente; la información obtenida necesita contrastarse con instrumentos clínicos pertinentes y con la percepción del usuario; una diferencia numérica puede originarse en variaciones del procedimiento, por lo que es importante registrar las condiciones de medición y la incertidumbre asociada.

La dosificación debe considerar duración de exposición, esfuerzo, descanso y complejidad del estímulo; síntomas como mareo, náusea o fatiga visual requieren ajustes o suspensión de la sesión; La seguridad debe adaptarse a condiciones neurológicas y vestibulares; en la

interpretación de resultados, debe distinguirse la viabilidad técnica de la efectividad clínica; la evidencia favorable en un contexto controlado no asegura que se obtengan beneficios equivalentes en otros servicios, edades o condiciones de salud.

La eficacia de la realidad virtual no es uniforme entre diagnósticos, modalidades y desenlaces; por ello, las revisiones sistemáticas deben interpretarse atendiendo a calidad metodológica y comparadores utilizados; Los resultados prometedores no justifican generalizaciones indiscriminadas; el plan de aplicación debe establecer responsabilidades, criterios de progresión y mecanismos de seguimiento; las decisiones clínicas requieren considerar tanto la respuesta inmediata como la posibilidad de transferir las habilidades adquiridas a actividades funcionales significativas.

La transferencia a actividades cotidianas debe verificarse mediante pruebas funcionales independientes del videojuego o simulación; mejorar una puntuación digital puede reflejar familiaridad con la interfaz y no necesariamente recuperación general; El seguimiento fuera del entorno virtual resulta indispensable; desde la gestión

asistencial, resulta necesario prever formación, mantenimiento, accesibilidad y respuesta ante incidentes; las limitaciones económicas o tecnológicas pueden afectar la continuidad, incluso cuando el recurso presenta características técnicas prometedoras.

La realidad virtual puede complementar la fisioterapia convencional cuando se integra con objetivos claros y supervisión adecuada; la evidencia sobre rehabilitación tras accidente cerebrovascular ofrece un punto de partida para su evaluación crítica (Laver et al., 2025); La atención centrada en la persona orienta su utilización; por ello, la valoración final debe integrar indicadores funcionales, experiencia del paciente y viabilidad de implementación; la continuidad del recurso se justifica cuando aporta una ventaja clínica relevante y puede utilizarse de manera segura y sostenible.

3.2.2. Realidad aumentada y realidad mixta en el entrenamiento terapéutico

La realidad aumentada superpone información digital sobre un escenario físico, mientras que la realidad mixta permite formas más complejas de interacción entre

elementos virtuales y objetos reales; ambas buscan enriquecer la ejecución de tareas en contextos reconocibles; La diferencia técnica importa al planificar seguridad y objetivos; en términos de aplicación, conviene documentar las condiciones iniciales del paciente, la finalidad de la tarea y los criterios empleados para valorar el cambio; esta información facilita comparar sesiones y reconocer cuándo una modificación observada tiene relevancia para la vida cotidiana.

Las indicaciones visuales pueden orientar amplitud articular, alineación y secuencia de movimientos; su utilidad depende de que la información sea comprensible y no interfiera con la percepción corporal; La claridad del estímulo es preferible a la saturación gráfica; para que la intervención sea reproducible, deben describirse los parámetros de configuración, la duración de la práctica y el grado de ayuda proporcionado; la reevaluación permite ajustar las exigencias sin asumir que todos los pacientes responden del mismo modo.

La combinación de objetos reales y referencias virtuales permite diseñar actividades de alcance, marcha o coordinación con demandas funcionales específicas; estas

tareas deben adaptarse a capacidades sensoriales y motoras; El entrenamiento requiere progresión gradual de dificultad; la información obtenida necesita contrastarse con instrumentos clínicos pertinentes y con la percepción del usuario; una diferencia numérica puede originarse en variaciones del procedimiento, por lo que es importante registrar las condiciones de medición y la incertidumbre asociada.

La calibración espacial condiciona la precisión con la que se ubican los estímulos digitales; errores de registro pueden inducir movimientos inadecuados o interpretaciones falsas del desempeño; La validación técnica es un requisito de seguridad; en la interpretación de resultados, debe distinguirse la viabilidad técnica de la efectividad clínica; la evidencia favorable en un contexto controlado no asegura que se obtengan beneficios equivalentes en otros servicios, edades o condiciones de salud.

Las personas con alteraciones visuales, cognitivas o vestibulares pueden necesitar interfaces simplificadas y sesiones breves; no debe asumirse que una misma experiencia inmersiva será accesible para todos; La personalización incluye preferencias y tolerancia; el plan de

aplicación debe establecer responsabilidades, criterios de progresión y mecanismos de seguimiento; las decisiones clínicas requieren considerar tanto la respuesta inmediata como la posibilidad de transferir las habilidades adquiridas a actividades funcionales significativas.

La evaluación debe contemplar usabilidad, aceptación y resultados clínicos, además de precisión de la superposición digital; la factibilidad inicial no equivale a efectividad demostrada; Es necesario comparar con alternativas de menor complejidad; desde la gestión asistencial, resulta necesario prever formación, mantenimiento, accesibilidad y respuesta ante incidentes; las limitaciones económicas o tecnológicas pueden afectar la continuidad, incluso cuando el recurso presenta características técnicas prometedoras.

La decisión entre realidad aumentada, mixta o virtual depende de la necesidad de conservar contacto con el entorno físico y de los recursos disponibles; el fisioterapeuta debe justificar la elección mediante objetivos funcionales; La innovación debe permanecer subordinada al razonamiento clínico; por ello, la valoración final debe integrar indicadores funcionales, experiencia del paciente y

viabilidad de implementación; la continuidad del recurso se justifica cuando aporta una ventaja clínica relevante y puede utilizarse de manera segura y sostenible.

3.2.3. Gamificación, videojuegos terapéuticos y motivación del paciente

La gamificación introduce metas, retos y retroalimentación en actividades que conservan un propósito terapéutico; su diseño debe comenzar por los movimientos y capacidades que se pretende entrenar; Los elementos lúdicos no sustituyen una planificación clínica; en términos de aplicación, conviene documentar las condiciones iniciales del paciente, la finalidad de la tarea y los criterios empleados para valorar el cambio; esta información facilita comparar sesiones y reconocer cuándo una modificación observada tiene relevancia para la vida cotidiana.

Las recompensas pueden reforzar la participación cuando representan avances alcanzables y relevantes; en cambio, sistemas competitivos pueden desmotivar a personas con limitaciones importantes; La motivación requiere sensibilidad a las diferencias individuales; para que la intervención sea reproducible, deben describirse los

parámetros de configuración, la duración de la práctica y el grado de ayuda proporcionado; la reevaluación permite ajustar las exigencias sin asumir que todos los pacientes responden del mismo modo.

La novedad tecnológica puede aumentar inicialmente el interés, pero no garantiza adherencia sostenida; para evaluar su contribución conviene registrar continuidad, esfuerzo y cumplimiento fuera de las sesiones supervisadas; El compromiso terapéutico es más amplio que el tiempo de pantalla; la información obtenida necesita contrastarse con instrumentos clínicos pertinentes y con la percepción del usuario; una diferencia numérica puede originarse en variaciones del procedimiento, por lo que es importante registrar las condiciones de medición y la incertidumbre asociada.

Las tareas deben ajustarse a edad, preferencias culturales, alfabetización digital y capacidad cognitiva; una interfaz compleja puede desplazar la atención desde el movimiento hacia la resolución del juego; La accesibilidad es parte de la eficacia práctica; en la interpretación de resultados, debe distinguirse la viabilidad técnica de la efectividad clínica; la evidencia favorable en un contexto

controlado no asegura que se obtengan beneficios equivalentes en otros servicios, edades o condiciones de salud.

La búsqueda de puntuaciones altas puede incentivar compensaciones posturales o movimientos rápidos de baja calidad; por ello, el sistema de recompensas debe valorar ejecución segura y no solo velocidad; La supervisión profesional previene aprendizajes no deseados; el plan de aplicación debe establecer responsabilidades, criterios de progresión y mecanismos de seguimiento; las decisiones clínicas requieren considerar tanto la respuesta inmediata como la posibilidad de transferir las habilidades adquiridas a actividades funcionales significativas.

Los resultados funcionales deben medirse con instrumentos independientes del videojuego y compararse con objetivos pactados; la satisfacción del usuario aporta información, pero no reemplaza indicadores clínicos; Es conveniente distinguir diversión, adherencia y recuperación; desde la gestión asistencial, resulta necesario prever formación, mantenimiento, accesibilidad y respuesta ante incidentes; las limitaciones económicas o tecnológicas

pueden afectar la continuidad, incluso cuando el recurso presenta características técnicas prometedoras.

Los videojuegos terapéuticos tienen mayor sentido como componente de un programa multimodal que incluya educación y ejercicio orientado a tareas; la literatura sobre entornos virtuales permite analizar beneficios y límites de esta estrategia (Laver et al., 2025); La persona debe conservar capacidad de decidir y participar; por ello, la valoración final debe integrar indicadores funcionales, experiencia del paciente y viabilidad de implementación; la continuidad del recurso se justifica cuando aporta una ventaja clínica relevante y puede utilizarse de manera segura y sostenible.

3.2.4. Diseño de experiencias inmersivas para rehabilitación neurológica, musculoesquelética y geriátrica

El diseño de una experiencia inmersiva debe comenzar por la condición clínica, la meta funcional y el entorno de uso; no es adecuado trasladar sin ajustes una tarea diseñada para un adulto sano a personas con déficits motores o cognitivos; La evaluación inicial orienta intensidad y

complejidad; en términos de aplicación, conviene documentar las condiciones iniciales del paciente, la finalidad de la tarea y los criterios empleados para valorar el cambio; esta información facilita comparar sesiones y reconocer cuándo una modificación observada tiene relevancia para la vida cotidiana.

En rehabilitación neurológica pueden plantearse tareas de coordinación, alcance y equilibrio con ayudas graduadas; la selección debe considerar lateralidad afectada, atención y fatiga; La práctica requiere supervisión proporcional al riesgo; para que la intervención sea reproducible, deben describirse los parámetros de configuración, la duración de la práctica y el grado de ayuda proporcionado; la reevaluación permite ajustar las exigencias sin asumir que todos los pacientes responden del mismo modo.

En condiciones musculoesqueléticas interesa controlar rango, carga y calidad de ejecución, evitando estímulos que induzcan movimientos dolorosos o compensaciones; la progresión debe responder a tolerancia y evolución; La experiencia virtual complementa el ejercicio terapéutico; la información obtenida necesita contrastarse

con instrumentos clínicos pertinentes y con la percepción del usuario; una diferencia numérica puede originarse en variaciones del procedimiento, por lo que es importante registrar las condiciones de medición y la incertidumbre asociada.

En población geriátrica, los escenarios deben incorporar criterios de prevención de caídas y accesibilidad perceptiva; interfaces legibles, tiempos de respuesta amplios y apoyos físicos pueden mejorar la seguridad; La complejidad tecnológica no debe excluir a usuarios vulnerables; en la interpretación de resultados, debe distinguirse la viabilidad técnica de la efectividad clínica; la evidencia favorable en un contexto controlado no asegura que se obtengan beneficios equivalentes en otros servicios, edades o condiciones de salud.

La evaluación de aceptabilidad requiere observar mareo, ansiedad, fatiga visual y facilidad de aprendizaje; los comentarios de pacientes y cuidadores permiten detectar barreras invisibles en pruebas técnicas; La cocreación puede mejorar la pertinencia de la experiencia; el plan de aplicación debe establecer responsabilidades, criterios de progresión y mecanismos de seguimiento; las decisiones

clínicas requieren considerar tanto la respuesta inmediata como la posibilidad de transferir las habilidades adquiridas a actividades funcionales significativas.

Antes de generalizar un entorno conviene realizar pruebas piloto, registrar incidentes y comparar su desempeño con intervenciones habituales; el diseño iterativo permite corregir problemas antes de ampliar su aplicación; La validación clínica debe acompañar cada cambio sustantivo; desde la gestión asistencial, resulta necesario prever formación, mantenimiento, accesibilidad y respuesta ante incidentes; las limitaciones económicas o tecnológicas pueden afectar la continuidad, incluso cuando el recurso presenta características técnicas prometedoras.

La eficacia debe valorarse por cambios en movilidad, independencia y participación, no solo por completar escenarios simulados; la evidencia disponible en rehabilitación virtual recomienda atender a heterogeneidad de protocolos y desenlaces (Laver et al., 2025); La experiencia inmersiva es un medio, no el fin terapéutico; por ello, la valoración final debe integrar indicadores funcionales, experiencia del paciente y viabilidad de implementación; la continuidad del recurso se justifica

cuando aporta una ventaja clínica relevante y puede utilizarse de manera segura y sostenible.

3.3. Sensores inteligentes, dispositivos vestibles y rehabilitación conectada

3.3.1. Dispositivos wearables y monitorización continua del movimiento y la actividad física

Los dispositivos vestibles permiten registrar actividad física y determinados parámetros de movimiento durante la vida cotidiana; acelerómetros y giroscopios son frecuentes por su tamaño reducido y capacidad para producir series temporales; Su utilidad depende de la pregunta clínica que se desea responder; en términos de aplicación, conviene documentar las condiciones iniciales del paciente, la finalidad de la tarea y los criterios empleados para valorar el cambio; esta información facilita comparar sesiones y reconocer cuándo una modificación observada tiene relevancia para la vida cotidiana.

La estimación de pasos, tiempo sedentario o cambios posturales puede ayudar a describir hábitos de movilidad; sin embargo, los algoritmos pueden funcionar de manera diferente en personas que caminan lentamente o utilizan

ayudas; La validación debe incluir poblaciones con limitaciones funcionales; para que la intervención sea reproducible, deben describirse los parámetros de configuración, la duración de la práctica y el grado de ayuda proporcionado; la reevaluación permite ajustar las exigencias sin asumir que todos los pacientes responden del mismo modo.

La ubicación del sensor, su orientación y la adherencia al uso influyen en la calidad del registro; pequeñas diferencias entre sesiones pueden generar variaciones que no reflejan cambios reales en la capacidad del paciente; Los protocolos de colocación deben ser reproducibles; la información obtenida necesita contrastarse con instrumentos clínicos pertinentes y con la percepción del usuario; una diferencia numérica puede originarse en variaciones del procedimiento, por lo que es importante registrar las condiciones de medición y la incertidumbre asociada.

La actividad registrada no equivale necesariamente a participación social ni a independencia funcional; una persona puede aumentar sus pasos sin mejorar tareas que considera prioritarias; Las medidas digitales deben

complementarse con resultados informados por el paciente; en la interpretación de resultados, debe distinguirse la viabilidad técnica de la efectividad clínica; la evidencia favorable en un contexto controlado no asegura que se obtengan beneficios equivalentes en otros servicios, edades o condiciones de salud.

La duración de batería, el confort y la facilidad de sincronización condicionan el uso prolongado; un sistema técnicamente preciso puede resultar inviable si produce molestias o requiere procedimientos complejos; La experiencia del usuario debe evaluarse de forma sistemática; el plan de aplicación debe establecer responsabilidades, criterios de progresión y mecanismos de seguimiento; las decisiones clínicas requieren considerar tanto la respuesta inmediata como la posibilidad de transferir las habilidades adquiridas a actividades funcionales significativas.

El registro continuo plantea preguntas sobre consentimiento, almacenamiento y acceso a datos personales; la recopilación debe limitarse a información pertinente para la atención y cumplir las normas aplicables; La privacidad constituye una dimensión de la seguridad clínica; desde la gestión asistencial, resulta necesario prever

formación, mantenimiento, accesibilidad y respuesta ante incidentes; las limitaciones económicas o tecnológicas pueden afectar la continuidad, incluso cuando el recurso presenta características técnicas prometedoras.

Los indicadores vestibles pueden apoyar decisiones de seguimiento cuando se interpretan junto con exploración, síntomas y objetivos individuales; su adopción debe acompañarse de criterios de calidad y gobernanza (Organización Mundial de la Salud, 2024); El seguimiento inteligente no reemplaza la relación terapéutica; por ello, la valoración final debe integrar indicadores funcionales, experiencia del paciente y viabilidad de implementación; la continuidad del recurso se justifica cuando aporta una ventaja clínica relevante y puede utilizarse de manera segura y sostenible.

3.3.2. Internet de las Cosas Médicas y ecosistemas de rehabilitación interconectados

El Internet de las Cosas Médicas conecta dispositivos capaces de captar, transmitir y compartir información relacionada con la salud; en rehabilitación puede vincular sensores domiciliarios con plataformas de seguimiento

clínico; La arquitectura debe diseñarse según necesidades asistenciales reales; en términos de aplicación, conviene documentar las condiciones iniciales del paciente, la finalidad de la tarea y los criterios empleados para valorar el cambio; esta información facilita comparar sesiones y reconocer cuándo una modificación observada tiene relevancia para la vida cotidiana.

La comunicación entre dispositivos y sistemas de historia clínica exige formatos compatibles y definiciones consistentes; sin interoperabilidad, los datos pueden permanecer aislados y dificultar la continuidad de atención; La estandarización precede a cualquier análisis avanzado; para que la intervención sea reproducible, deben describirse los parámetros de configuración, la duración de la práctica y el grado de ayuda proporcionado; la reevaluación permite ajustar las exigencias sin asumir que todos los pacientes responden del mismo modo.

Los flujos de información deben especificar quién registra, quién consulta y quién responde ante una señal de alerta; transmitir datos sin asignar responsabilidades puede generar una falsa sensación de vigilancia clínica; La organización del servicio es tan importante como la

conectividad; la información obtenida necesita contrastarse con instrumentos clínicos pertinentes y con la percepción del usuario; una diferencia numérica puede originarse en variaciones del procedimiento, por lo que es importante registrar las condiciones de medición y la incertidumbre asociada.

Las alertas automáticas requieren umbrales justificados para evitar notificaciones excesivas o la omisión de situaciones relevantes; la revisión humana debe concentrarse en eventos con significado clínico; La sensibilidad del sistema debe equilibrarse con su carga operativa; en la interpretación de resultados, debe distinguirse la viabilidad técnica de la efectividad clínica; la evidencia favorable en un contexto controlado no asegura que se obtengan beneficios equivalentes en otros servicios, edades o condiciones de salud.

La ciberseguridad comprende autenticación, cifrado, actualizaciones y planes de respuesta a incidentes; un dispositivo vulnerable puede comprometer información sensible o afectar la disponibilidad del servicio; La gestión del riesgo debe mantenerse durante todo el ciclo de vida; el plan de aplicación debe establecer responsabilidades,

criterios de progresión y mecanismos de seguimiento; las decisiones clínicas requieren considerar tanto la respuesta inmediata como la posibilidad de transferir las habilidades adquiridas a actividades funcionales significativas.

Las desigualdades de conectividad y alfabetización digital pueden excluir a pacientes que más necesitan continuidad terapéutica; los servicios deben conservar alternativas presenciales y procedimientos de apoyo; La accesibilidad debe medirse y no presumirse; desde la gestión asistencial, resulta necesario prever formación, mantenimiento, accesibilidad y respuesta ante incidentes; las limitaciones económicas o tecnológicas pueden afectar la continuidad, incluso cuando el recurso presenta características técnicas prometedoras.

La sostenibilidad requiere costos previsibles, formación y evaluación de resultados asistenciales; los principios de gobernanza de tecnologías sanitarias e IA ayudan a orientar decisiones responsables (Organización Mundial de la Salud, 2024); La infraestructura digital debe servir a la continuidad de cuidados; por ello, la valoración final debe integrar indicadores funcionales, experiencia del paciente y viabilidad de implementación; la continuidad del

recurso se justifica cuando aporta una ventaja clínica relevante y puede utilizarse de manera segura y sostenible.

3.3.3. Electromiografía de superficie, sensores inerciales y plataformas digitales de análisis funcional

La electromiografía de superficie registra variaciones eléctricas asociadas con la actividad muscular mediante electrodos colocados sobre la piel; su interpretación depende de la localización, el tejido subcutáneo y las condiciones de la tarea; La señal no debe confundirse directamente con fuerza muscular; en términos de aplicación, conviene documentar las condiciones iniciales del paciente, la finalidad de la tarea y los criterios empleados para valorar el cambio; esta información facilita comparar sesiones y reconocer cuándo una modificación observada tiene relevancia para la vida cotidiana.

Los sensores inerciales estiman aceleraciones y velocidades angulares que pueden emplearse para describir orientación y movimiento; su integración con modelos biomecánicos permite estudiar determinadas tareas fuera de laboratorios especializados; Las estimaciones necesitan calibración y control de deriva; para que la intervención sea

reproducible, deben describirse los parámetros de configuración, la duración de la práctica y el grado de ayuda proporcionado; la reevaluación permite ajustar las exigencias sin asumir que todos los pacientes responden del mismo modo.

La sincronización entre electromiografía y cinemática permite explorar relaciones temporales entre activación muscular y ejecución del movimiento; esta combinación resulta útil para formular hipótesis sobre coordinación; La asociación temporal no demuestra por sí misma un mecanismo causal; la información obtenida necesita contrastarse con instrumentos clínicos pertinentes y con la percepción del usuario; una diferencia numérica puede originarse en variaciones del procedimiento, por lo que es importante registrar las condiciones de medición y la incertidumbre asociada.

El ruido eléctrico, los artefactos de movimiento y la interferencia entre músculos cercanos pueden modificar los registros; la preparación de la piel y los procedimientos de filtrado deben documentarse; La transparencia metodológica favorece la reproducibilidad; en la interpretación de resultados, debe distinguirse la viabilidad técnica de la

efectividad clínica; la evidencia favorable en un contexto controlado no asegura que se obtengan beneficios equivalentes en otros servicios, edades o condiciones de salud.

La normalización de señales y la selección de ventanas de análisis influyen en las comparaciones entre sesiones; cambios aparentes pueden reflejar diferencias técnicas y no adaptación fisiológica; Es indispensable definir protocolos antes de interpretar tendencias; el plan de aplicación debe establecer responsabilidades, criterios de progresión y mecanismos de seguimiento; las decisiones clínicas requieren considerar tanto la respuesta inmediata como la posibilidad de transferir las habilidades adquiridas a actividades funcionales significativas.

Las plataformas digitales facilitan visualizar trayectorias y señales, pero sus resultados requieren contrastarse con exploración y pruebas funcionales; las visualizaciones atractivas no garantizan validez clínica; El fisioterapeuta debe identificar incertidumbre y posibles errores; desde la gestión asistencial, resulta necesario prever formación, mantenimiento, accesibilidad y respuesta ante incidentes; las limitaciones económicas o tecnológicas

pueden afectar la continuidad, incluso cuando el recurso presenta características técnicas prometedoras.

La integración de estos instrumentos puede apoyar el ajuste de ejercicios cuando se vincula con metas observables y reevaluación periódica; las competencias digitales del profesional permiten convertir datos en decisiones justificadas; La atención continúa orientada a funcionalidad y participación; por ello, la valoración final debe integrar indicadores funcionales, experiencia del paciente y viabilidad de implementación; la continuidad del recurso se justifica cuando aporta una ventaja clínica relevante y puede utilizarse de manera segura y sostenible.

3.3.4. Biofeedback inteligente y sistemas de seguimiento remoto del ejercicio terapéutico

El biofeedback proporciona información sobre procesos motores o fisiológicos que la persona no percibe con facilidad; mediante señales visuales, auditivas o vibratorias puede apoyar la regulación de una tarea específica; Su indicación debe basarse en una dificultad funcional identificada; en términos de aplicación, conviene documentar las condiciones iniciales del paciente, la

finalidad de la tarea y los criterios empleados para valorar el cambio; esta información facilita comparar sesiones y reconocer cuándo una modificación observada tiene relevancia para la vida cotidiana.

La retroalimentación puede referirse a amplitud articular, ritmo, distribución de carga o actividad muscular; cada variable requiere un criterio claro de medición y una explicación comprensible para el usuario; El exceso de indicadores puede dificultar el aprendizaje; para que la intervención sea reproducible, deben describirse los parámetros de configuración, la duración de la práctica y el grado de ayuda proporcionado; la reevaluación permite ajustar las exigencias sin asumir que todos los pacientes responden del mismo modo.

Los umbrales de desempeño deben adaptarse a capacidad inicial, síntomas y evolución, evitando metas uniformes que generen frustración o sobreesfuerzo; la progresión debe acompañarse de valoración profesional; La personalización requiere seguimiento y revisión; la información obtenida necesita contrastarse con instrumentos clínicos pertinentes y con la percepción del usuario; una diferencia numérica puede originarse en variaciones del

procedimiento, por lo que es importante registrar las condiciones de medición y la incertidumbre asociada.

Las plataformas remotas pueden registrar sesiones completadas, dificultades comunicadas y tendencias de movimiento; estos datos permiten orientar contactos clínicos, aunque no garantizan por sí mismos la calidad de ejecución; La supervisión debe ser proporcional al riesgo; en la interpretación de resultados, debe distinguirse la viabilidad técnica de la efectividad clínica; la evidencia favorable en un contexto controlado no asegura que se obtengan beneficios equivalentes en otros servicios, edades o condiciones de salud.

La dependencia constante de señales externas puede limitar la autonomía en tareas sin dispositivo; una estrategia razonable consiste en reducir gradualmente las ayudas cuando el desempeño se estabiliza; El objetivo es favorecer control motor transferible; el plan de aplicación debe establecer responsabilidades, criterios de progresión y mecanismos de seguimiento; las decisiones clínicas requieren considerar tanto la respuesta inmediata como la posibilidad de transferir las habilidades adquiridas a actividades funcionales significativas.

Figura 3



Tecnologías emergentes en rehabilitación inteligente

El seguimiento domiciliario mediante tecnologías digitales requiere establecer signos de alarma, canales de comunicación, criterios de evaluación presencial y límites de supervisión, además de garantizar formación, mantenimiento, accesibilidad y respuesta ante incidentes; su efectividad debe valorarse mediante indicadores de adherencia, funcionalidad, confianza, participación y experiencia del paciente, considerando las limitaciones económicas y tecnológicas que pueden comprometer su continuidad; asimismo, los aportes de Camacho Marín et al. (2026) sobre neuroeducación digital ofrecen fundamentos conceptuales relacionados con la retroalimentación y el

aprendizaje, aunque requieren validación específica en fisioterapia; por consiguiente, la incorporación de estas herramientas debe sustentarse en evidencia clínica, beneficios funcionales verificables y condiciones de implementación seguras, accesibles y sostenibles.

CAPÍTULO IV

Transformación digital, innovación clínica y futuro de la fisioterapia

4.1. Telerehabilitación y nuevos modelos digitales de atención fisioterapéutica

4.1.1. Fundamentos y modalidades de telerehabilitación sincrónica y asincrónica

La telerehabilitación comprende servicios de evaluación, orientación, intervención y seguimiento que se desarrollan a distancia mediante tecnologías de comunicación; su fundamento no consiste en trasladar una consulta presencial a una pantalla, sino en reorganizar la atención para preservar seguridad, continuidad y objetivos funcionales; la indicación debe partir de una valoración de las necesidades, recursos y preferencias de cada persona; en la práctica, esta perspectiva exige registrar la situación funcional inicial, acordar objetivos verificables con el paciente y establecer momentos de reevaluación; de este modo, la decisión de mantener o modificar el procedimiento

se sustenta en la evolución observada y no solamente en las posibilidades de la herramienta.

La modalidad sincrónica facilita la interacción en tiempo real entre fisioterapeuta y paciente; mediante videoconferencia pueden observarse patrones de movimiento, corregirse ejercicios y resolverse dudas durante la ejecución; no obstante, la calidad de la observación depende del encuadre, la iluminación, la conectividad y la capacidad del usuario para seguir instrucciones; las limitaciones deben reconocerse en el registro clínico; la implementación también requiere identificar las barreras del contexto, los recursos de apoyo disponibles y las preferencias de la persona atendida; estos elementos condicionan la continuidad de las actividades y permiten reconocer cuándo es necesario ajustar la intensidad, la modalidad o el acompañamiento profesional.

La modalidad asincrónica utiliza materiales educativos, registros de actividad, mensajes y ejercicios previamente prescritos que el paciente consulta en momentos diferentes a la atención profesional; su principal ventaja es la flexibilidad temporal; su riesgo aparece cuando la autonomía se confunde con ausencia de supervisión, por

lo que conviene definir tiempos de respuesta, criterios de progresión y mecanismos para comunicar síntomas; para interpretar adecuadamente los resultados, conviene documentar las condiciones en las que se obtuvieron los datos y reconocer las fuentes de incertidumbre; la comparación entre sesiones debe relacionarse con cambios funcionales relevantes y con la experiencia cotidiana, evitando conclusiones derivadas de una sola medición.

La selección entre ambas modalidades requiere distinguir tareas que pueden realizarse de forma autónoma de aquellas que necesitan observación inmediata o contacto físico; la valoración de signos neurológicos nuevos, dolor intenso, inestabilidad y riesgos de caída puede justificar atención presencial; la decisión no depende exclusivamente del diagnóstico, sino de la situación clínica y del entorno domiciliario; esta consideración adquiere especial importancia cuando existen diferencias de edad, capacidad motora, alfabetización digital o acceso a recursos; la evaluación de la intervención debe examinar si tales diferencias modifican la seguridad, la participación y los beneficios alcanzados, en lugar de asumir una respuesta homogénea.

La educación terapéutica ocupa un lugar central en la atención remota porque permite explicar la finalidad del ejercicio, anticipar dificultades y fomentar decisiones informadas; las instrucciones deben utilizar lenguaje comprensible, demostraciones claras y objetivos verificables; cuando el paciente dispone de apoyo familiar, su participación requiere consentimiento y delimitación de responsabilidades para evitar dependencia innecesaria; la coordinación del equipo asistencial facilita que las recomendaciones sean comprensibles y coherentes a lo largo del proceso; definir responsables, canales de comunicación y criterios de derivación ayuda a prevenir interrupciones y favorece que las decisiones terapéuticas respondan oportunamente a cambios en la condición del paciente.

Una sesión remota bien organizada incluye identificación del paciente, verificación del espacio, revisión de síntomas, ejecución de tareas, retroalimentación y acuerdos para el seguimiento; también debe establecerse qué hacer ante una interrupción de conexión o una situación de riesgo; documentar estos procedimientos contribuye a mantener la trazabilidad de la intervención y a reducir errores evitables; desde una perspectiva de calidad, resulta

pertinente considerar tanto los resultados favorables como las dificultades, los abandonos y los incidentes; esta información permite distinguir la aceptación inicial de la utilidad sostenida y orienta mejoras progresivas en el diseño del servicio y en la formación del personal.

Las modalidades sincrónica y asincrónica pueden combinarse según la fase de recuperación; una persona con necesidades complejas podría requerir sesiones en vivo frecuentes, mientras que otra con mayor autonomía puede beneficiarse de seguimiento diferido; esta flexibilidad exige revisar periódicamente los resultados y evitar calendarios rígidos que ignoren cambios en la condición funcional; la incorporación de este enfoque debe acompañarse de información clara sobre sus alcances y limitaciones; el consentimiento y la participación activa de la persona no constituyen pasos aislados, sino condiciones que deben mantenerse cuando cambian las herramientas, los objetivos o la intensidad del tratamiento.

La telerehabilitación debe evaluarse mediante resultados clínicos, experiencia del usuario y continuidad del servicio; la satisfacción con la plataforma no equivale a efectividad terapéutica y la reducción de desplazamientos no

justifica una atención insuficiente; los principios de atención centrada en la persona y accesibilidad de la Organización Mundial de la Salud (2022) ofrecen criterios para valorar su implementación responsable; por consiguiente, la pertinencia de cada decisión debe juzgarse mediante indicadores clínicos, funcionales y de experiencia del usuario; el objetivo no es maximizar el uso de tecnología, sino favorecer una recuperación segura, accesible y compatible con la autonomía y la calidad de vida.

4.1.2. Plataformas digitales para la evaluación, intervención y seguimiento fisioterapéutico

Las plataformas digitales de fisioterapia reúnen funciones de comunicación, registro clínico, prescripción de ejercicios y seguimiento de resultados; su arquitectura debe responder al proceso asistencial antes que a la acumulación de herramientas; cuando la información se distribuye entre aplicaciones incompatibles, aumenta el riesgo de duplicación, pérdida de antecedentes y decisiones basadas en registros incompletos; en la práctica, esta perspectiva exige registrar la situación funcional inicial, acordar objetivos verificables con el paciente y establecer momentos de reevaluación; de este modo, la decisión de mantener o

modificar el procedimiento se sustenta en la evolución observada y no solamente en las posibilidades de la herramienta.

La evaluación remota puede incorporar cuestionarios funcionales, escalas de dolor, observación de tareas y pruebas autoadministradas bajo condiciones definidas; estos procedimientos no sustituyen todas las mediciones presenciales, especialmente cuando se requiere palpación, valoración manual o instrumentación específica; la plataforma debe distinguir datos declarados por el paciente de observaciones efectuadas por el profesional; la implementación también requiere identificar las barreras del contexto, los recursos de apoyo disponibles y las preferencias de la persona atendida; estos elementos condicionan la continuidad de las actividades y permiten reconocer cuándo es necesario ajustar la intensidad, la modalidad o el acompañamiento profesional.

Los módulos de ejercicio terapéutico permiten organizar actividades por objetivos, intensidad, frecuencia y progresión; para ser clínicamente útiles deben ofrecer instrucciones comprensibles, advertencias y opciones de adaptación; una biblioteca extensa de videos no representa

por sí sola un programa personalizado, porque la selección exige razonamiento clínico y evaluación de la respuesta individual; para interpretar adecuadamente los resultados, conviene documentar las condiciones en las que se obtuvieron los datos y reconocer las fuentes de incertidumbre; la comparación entre sesiones debe relacionarse con cambios funcionales relevantes y con la experiencia cotidiana, evitando conclusiones derivadas de una sola medición.

El seguimiento longitudinal facilita visualizar cambios en dolor, movilidad, capacidad de esfuerzo y participación; sin embargo, las gráficas pueden transmitir una precisión engañosa cuando los instrumentos cambian o los registros presentan omisiones; la comparación requiere utilizar medidas consistentes, señalar datos faltantes y contextualizar variaciones relevantes en el estado de salud; esta consideración adquiere especial importancia cuando existen diferencias de edad, capacidad motora, alfabetización digital o acceso a recursos; la evaluación de la intervención debe examinar si tales diferencias modifican la seguridad, la participación y los beneficios alcanzados, en lugar de asumir una respuesta homogénea.

La interoperabilidad con historias clínicas y sistemas institucionales es una condición estratégica; los estándares de intercambio pueden facilitar la continuidad entre atención primaria, especialistas y rehabilitación; su adopción necesita acuerdos sobre definiciones, permisos de acceso y responsabilidades, ya que la compatibilidad técnica no garantiza por sí sola una comunicación clínica adecuada; la coordinación del equipo asistencial facilita que las recomendaciones sean comprensibles y coherentes a lo largo del proceso; definir responsables, canales de comunicación y criterios de derivación ayuda a prevenir interrupciones y favorece que las decisiones terapéuticas respondan oportunamente a cambios en la condición del paciente.

La experiencia de uso influye directamente en la participación; interfaces con letra pequeña, navegación compleja o múltiples pasos de autenticación pueden excluir a personas mayores o con dificultades motoras y cognitivas; las pruebas de accesibilidad deben incorporar usuarios reales y contemplar opciones de lectura, subtitulado, contraste y asistencia sin comprometer su autonomía; desde una perspectiva de calidad, resulta pertinente considerar tanto los resultados favorables como las dificultades, los abandonos y

los incidentes; esta información permite distinguir la aceptación inicial de la utilidad sostenida y orienta mejoras progresivas en el diseño del servicio y en la formación del personal.

La seguridad de una plataforma exige control de identidades, cifrado, copias de respaldo, actualización de componentes y procedimientos de respuesta ante incidentes; también requiere minimizar los datos recopilados y definir plazos de conservación; las orientaciones de la Organización Mundial de la Salud (2024) sobre gobernanza de inteligencia artificial resultan pertinentes cuando se incorporan funciones automatizadas; la incorporación de este enfoque debe acompañarse de información clara sobre sus alcances y limitaciones; el consentimiento y la participación activa de la persona no constituyen pasos aislados, sino condiciones que deben mantenerse cuando cambian las herramientas, los objetivos o la intensidad del tratamiento.

Antes de adoptar una plataforma conviene realizar una evaluación piloto que incluya resultados funcionales, tiempo profesional, carga administrativa y costos de mantenimiento; la decisión de ampliar su uso debe considerar incidentes, abandonos y desigualdades de acceso;

una tecnología sostenible es aquella que mejora el proceso asistencial sin desplazar recursos indispensables de la atención directa; por consiguiente, la pertinencia de cada decisión debe juzgarse mediante indicadores clínicos, funcionales y de experiencia del usuario; el objetivo no es maximizar el uso de tecnología, sino favorecer una recuperación segura, accesible y compatible con la autonomía y la calidad de vida.

4.1.3. Modelos híbridos de rehabilitación presencial y remota centrados en el paciente

Los modelos híbridos articulan encuentros presenciales con intervenciones remotas dentro de un mismo plan terapéutico; su finalidad es asignar a cada modalidad las actividades para las que ofrece mejores condiciones; la combinación debe justificarse por las necesidades clínicas y no por una proporción fija de sesiones digitales, porque la recuperación presenta ritmos y barreras diferentes; en la práctica, esta perspectiva exige registrar la situación funcional inicial, acordar objetivos verificables con el paciente y establecer momentos de reevaluación; de este modo, la decisión de mantener o modificar el procedimiento

se sustenta en la evolución observada y no solamente en las posibilidades de la herramienta.

El contacto presencial conserva importancia cuando se requiere exploración física detallada, entrenamiento con asistencia manual o evaluación de riesgos complejos; las sesiones remotas pueden favorecer práctica domiciliaria, educación y seguimiento entre visitas; la distribución de funciones debe ser explícita para que el paciente comprenda cuándo y por qué se modifica la modalidad de atención; la implementación también requiere identificar las barreras del contexto, los recursos de apoyo disponibles y las preferencias de la persona atendida; estos elementos condicionan la continuidad de las actividades y permiten reconocer cuándo es necesario ajustar la intensidad, la modalidad o el acompañamiento profesional.

La transición desde el hospital hacia el domicilio constituye un momento particularmente relevante; una consulta presencial puede establecer parámetros de seguridad y enseñar ejercicios, mientras que el acompañamiento digital permite observar dificultades surgidas en el entorno habitual; esta continuidad puede mejorar la pertinencia de las indicaciones cuando existe

coordinación entre profesionales; para interpretar adecuadamente los resultados, conviene documentar las condiciones en las que se obtuvieron los datos y reconocer las fuentes de incertidumbre; la comparación entre sesiones debe relacionarse con cambios funcionales relevantes y con la experiencia cotidiana, evitando conclusiones derivadas de una sola medición.

El diseño del programa híbrido debe contemplar objetivos funcionales acordados, frecuencia de contacto y criterios para intensificar la supervisión; el empeoramiento del dolor, la aparición de síntomas nuevos o la reducción inesperada de la capacidad física pueden exigir reevaluación presencial; la flexibilidad del modelo depende de reglas clínicas claras y de canales de comunicación confiables; esta consideración adquiere especial importancia cuando existen diferencias de edad, capacidad motora, alfabetización digital o acceso a recursos; la evaluación de la intervención debe examinar si tales diferencias modifican la seguridad, la participación y los beneficios alcanzados, en lugar de asumir una respuesta homogénea.

La participación del paciente incluye elegir modalidades compatibles con sus horarios, posibilidades de

traslado y preferencias; no obstante, la decisión compartida requiere explicar beneficios, límites y alternativas de forma comprensible; la aceptación de una solución digital no debe interpretarse como renuncia a la atención presencial cuando esta sea clínicamente necesaria; la coordinación del equipo asistencial facilita que las recomendaciones sean comprensibles y coherentes a lo largo del proceso; definir responsables, canales de comunicación y criterios de derivación ayuda a prevenir interrupciones y favorece que las decisiones terapéuticas respondan oportunamente a cambios en la condición del paciente.

Los equipos interdisciplinarios necesitan compartir registros y acuerdos sobre responsabilidades para evitar recomendaciones contradictorias; la coordinación resulta especialmente importante en rehabilitación neurológica, geriátrica y de condiciones crónicas complejas; una plataforma común puede facilitar el intercambio, pero debe acompañarse de reuniones clínicas y protocolos de derivación; desde una perspectiva de calidad, resulta pertinente considerar tanto los resultados favorables como las dificultades, los abandonos y los incidentes; esta información permite distinguir la aceptación inicial de la

utilidad sostenida y orienta mejoras progresivas en el diseño del servicio y en la formación del personal.

La evaluación de modelos híbridos debe incluir resultados funcionales, adherencia, uso de recursos, satisfacción y eventos adversos; comparar únicamente el número de consultas puede ocultar diferencias de calidad; conviene analizar además si el modelo beneficia de manera semejante a personas con distintas condiciones socioeconómicas, niveles de alfabetización digital y necesidades de apoyo; la incorporación de este enfoque debe acompañarse de información clara sobre sus alcances y limitaciones; el consentimiento y la participación activa de la persona no constituyen pasos aislados, sino condiciones que deben mantenerse cuando cambian las herramientas, los objetivos o la intensidad del tratamiento.

La atención híbrida representa una reorganización del servicio y no una simple suma de tecnologías; su consolidación exige formación, infraestructura y revisión de resultados; el enfoque de salud digital de la Organización Mundial de la Salud (2021) respalda la necesidad de vincular la innovación con sistemas sanitarios inclusivos y centrados en las personas; por consiguiente, la pertinencia de cada

decisión debe juzgarse mediante indicadores clínicos, funcionales y de experiencia del usuario; el objetivo no es maximizar el uso de tecnología, sino favorecer una recuperación segura, accesible y compatible con la autonomía y la calidad de vida.

4.1.4. Accesibilidad, adherencia terapéutica y continuidad asistencial mediante tecnologías digitales

La accesibilidad de la rehabilitación depende de factores geográficos, económicos, culturales, físicos y tecnológicos; las herramientas digitales pueden reducir ciertos desplazamientos, pero también introducir nuevas barreras relacionadas con conectividad, dispositivos y competencias de uso; por ello, evaluar el acceso exige observar quién logra utilizar el servicio y quién permanece excluido; en la práctica, esta perspectiva exige registrar la situación funcional inicial, acordar objetivos verificables con el paciente y establecer momentos de reevaluación; de este modo, la decisión de mantener o modificar el procedimiento se sustenta en la evolución observada y no solamente en las posibilidades de la herramienta.

La adherencia terapéutica comprende la participación sostenida en actividades acordadas y no puede reducirse al número de veces que se abre una aplicación; los registros digitales pueden aportar información sobre sesiones realizadas, pero no siempre reflejan calidad de ejecución ni comprensión de las indicaciones; es necesario contrastarlos con entrevistas y medidas funcionales; la implementación también requiere identificar las barreras del contexto, los recursos de apoyo disponibles y las preferencias de la persona atendida; estos elementos condicionan la continuidad de las actividades y permiten reconocer cuándo es necesario ajustar la intensidad, la modalidad o el acompañamiento profesional.

Los recordatorios, mensajes educativos y sistemas de seguimiento pueden facilitar la organización de la práctica domiciliaria; su efecto depende de frecuencia, pertinencia y aceptación; notificaciones excesivas pueden producir cansancio o abandono, mientras que comunicaciones oportunas pueden apoyar la autonomía; la personalización debe considerar preferencias y capacidad de respuesta; para interpretar adecuadamente los resultados, conviene documentar las condiciones en las que se obtuvieron los

datos y reconocer las fuentes de incertidumbre; la comparación entre sesiones debe relacionarse con cambios funcionales relevantes y con la experiencia cotidiana, evitando conclusiones derivadas de una sola medición.

Las personas con limitaciones visuales, auditivas, motoras o cognitivas requieren interfaces accesibles y opciones alternativas de interacción; la inclusión demanda probar el sistema con usuarios diversos y no limitarse a comprobar su funcionamiento técnico; los principios de diseño universal favorecen que la tecnología se adapte a las personas en lugar de exigir lo contrario; esta consideración adquiere especial importancia cuando existen diferencias de edad, capacidad motora, alfabetización digital o acceso a recursos; la evaluación de la intervención debe examinar si tales diferencias modifican la seguridad, la participación y los beneficios alcanzados, en lugar de asumir una respuesta homogénea.

La continuidad asistencial también depende de una respuesta profesional organizada; recopilar datos sin establecer quién los revisa puede crear expectativas de vigilancia permanente que el servicio no puede cumplir; deben explicarse horarios, tiempos de respuesta y

situaciones que requieren asistencia urgente; esta transparencia protege tanto al paciente como al equipo clínico; la coordinación del equipo asistencial facilita que las recomendaciones sean comprensibles y coherentes a lo largo del proceso; definir responsables, canales de comunicación y criterios de derivación ayuda a prevenir interrupciones y favorece que las decisiones terapéuticas respondan oportunamente a cambios en la condición del paciente.

En comunidades con conectividad inestable pueden utilizarse materiales descargables, seguimiento telefónico y visitas programadas; las soluciones de baja complejidad merecen consideración cuando mantienen la calidad terapéutica; la transformación digital no exige sustituir todas las formas previas de comunicación, sino combinar recursos adecuados al contexto; desde una perspectiva de calidad, resulta pertinente considerar tanto los resultados favorables como las dificultades, los abandonos y los incidentes; esta información permite distinguir la aceptación inicial de la utilidad sostenida y orienta mejoras progresivas en el diseño del servicio y en la formación del personal.

La evaluación de equidad debe analizar tasas de ingreso, permanencia y resultados por grupos relevantes,

siempre respetando la privacidad; diferencias persistentes pueden indicar barreras de diseño o de organización; corregirlas requiere acciones específicas de capacitación, préstamo de dispositivos, acompañamiento y alternativas presenciales para quienes las necesiten; la incorporación de este enfoque debe acompañarse de información clara sobre sus alcances y limitaciones; el consentimiento y la participación activa de la persona no constituyen pasos aislados, sino condiciones que deben mantenerse cuando cambian las herramientas, los objetivos o la intensidad del tratamiento.

Una estrategia digital responsable vincula accesibilidad, adherencia y resultados de salud con mecanismos de mejora continua; el Plan de Acción Mundial de Tecnología de Asistencia de la Organización Mundial de la Salud (2022) subraya la importancia de disponibilidad y acceso a apoyos apropiados; en fisioterapia, la medida decisiva continúa siendo la participación funcional de la persona; por consiguiente, la pertinencia de cada decisión debe juzgarse mediante indicadores clínicos, funcionales y de experiencia del usuario; el objetivo no es maximizar el

uso de tecnología, sino favorecer una recuperación segura, accesible y compatible con la autonomía y la calidad de vida.

4.2. Ética, seguridad y gobernanza de la inteligencia artificial en rehabilitación

4.2.1. Bioética, autonomía del paciente y responsabilidad profesional en la fisioterapia inteligente

La fisioterapia inteligente plantea decisiones éticas relacionadas con autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia; estos principios deben orientar la selección de tecnologías y la interpretación de sus resultados; una herramienta innovadora no resulta adecuada si aumenta riesgos, reduce opciones del paciente o introduce desigualdades sin ofrecer beneficios funcionales suficientemente fundamentados; en la práctica, esta perspectiva exige registrar la situación funcional inicial, acordar objetivos verificables con el paciente y establecer momentos de reevaluación; de este modo, la decisión de mantener o modificar el procedimiento se sustenta en la evolución observada y no solamente en las posibilidades de la herramienta.

El consentimiento informado requiere explicar qué hace la tecnología, qué datos utiliza y cuáles son sus limitaciones relevantes; cuando intervienen algoritmos de recomendación, el paciente debe comprender que sus resultados son probabilísticos y pueden contener errores; la explicación debe adecuarse a sus capacidades de comprensión y permitir preguntas y decisiones libres; la implementación también requiere identificar las barreras del contexto, los recursos de apoyo disponibles y las preferencias de la persona atendida; estos elementos condicionan la continuidad de las actividades y permiten reconocer cuándo es necesario ajustar la intensidad, la modalidad o el acompañamiento profesional.

La autonomía no equivale a dejar al paciente solo frente a una plataforma; implica ofrecer información, alternativas y acompañamiento para que participe en decisiones significativas; el profesional debe respetar preferencias sobre modalidad de atención, uso de sensores y exposición de datos, siempre que ello sea compatible con una práctica clínica segura; para interpretar adecuadamente los resultados, conviene documentar las condiciones en las que se obtuvieron los datos y reconocer las fuentes de

incertidumbre; la comparación entre sesiones debe relacionarse con cambios funcionales relevantes y con la experiencia cotidiana, evitando conclusiones derivadas de una sola medición.

Los sistemas de inteligencia artificial pueden sugerir ejercicios, clasificar patrones de movimiento o estimar riesgos; sin embargo, la responsabilidad clínica exige contrastar esas salidas con antecedentes, exploración y objetivos terapéuticos; delegar decisiones sin supervisión puede invisibilizar errores y debilitar la rendición de cuentas cuando aparecen resultados adversos; esta consideración adquiere especial importancia cuando existen diferencias de edad, capacidad motora, alfabetización digital o acceso a recursos; la evaluación de la intervención debe examinar si tales diferencias modifican la seguridad, la participación y los beneficios alcanzados, en lugar de asumir una respuesta homogénea.

La transparencia también comprende reconocer conflictos de interés y dependencia de proveedores tecnológicos; las recomendaciones clínicas no deben confundirse con estrategias comerciales de una plataforma; documentar la evidencia disponible y los motivos de

elección ayuda a sostener decisiones justificables frente a pacientes, instituciones y organismos reguladores; la coordinación del equipo asistencial facilita que las recomendaciones sean comprensibles y coherentes a lo largo del proceso; definir responsables, canales de comunicación y criterios de derivación ayuda a prevenir interrupciones y favorece que las decisiones terapéuticas respondan oportunamente a cambios en la condición del paciente.

El principio de justicia exige considerar si las soluciones funcionan en grupos diversos y si su costo limita el acceso; una tecnología que mejora resultados en poblaciones altamente seleccionadas podría no beneficiar a usuarios con discapacidad compleja o escasos recursos; la evaluación ética debe contemplar efectos distributivos además del desempeño promedio; desde una perspectiva de calidad, resulta pertinente considerar tanto los resultados favorables como las dificultades, los abandonos y los incidentes; esta información permite distinguir la aceptación inicial de la utilidad sostenida y orienta mejoras progresivas en el diseño del servicio y en la formación del personal.

La relación terapéutica conserva una dimensión humana difícil de traducir en variables digitales; escuchar

preocupaciones, negociar metas y reconocer experiencias de dolor o discapacidad requiere juicio contextual; los sistemas automatizados pueden apoyar la organización de información, pero no reemplazan el vínculo de confianza ni la responsabilidad del profesional; la incorporación de este enfoque debe acompañarse de información clara sobre sus alcances y limitaciones; el consentimiento y la participación activa de la persona no constituyen pasos aislados, sino condiciones que deben mantenerse cuando cambian las herramientas, los objetivos o la intensidad del tratamiento.

La Organización Mundial de la Salud (2024) propone orientar la gobernanza de la inteligencia artificial sanitaria hacia seguridad, transparencia y protección de derechos; estos principios pueden trasladarse a la rehabilitación mediante supervisión profesional, consentimiento efectivo y evaluación periódica; la adopción responsable se mide por beneficios reales para la persona; por consiguiente, la pertinencia de cada decisión debe juzgarse mediante indicadores clínicos, funcionales y de experiencia del usuario; el objetivo no es maximizar el uso de tecnología, sino favorecer una recuperación segura, accesible y compatible con la autonomía y la calidad de vida.

4.2.2. Protección de datos personales, privacidad clínica y ciberseguridad sanitaria

Los sistemas de rehabilitación conectada pueden recopilar imágenes, videos, datos de movilidad, registros de dolor y antecedentes clínicos; la combinación de estas fuentes permite inferencias sensibles sobre la vida cotidiana; por ello, el tratamiento de información debe limitarse a finalidades legítimas, específicas y comprensibles para quienes participan en la atención; en la práctica, esta perspectiva exige registrar la situación funcional inicial, acordar objetivos verificables con el paciente y establecer momentos de reevaluación; de este modo, la decisión de mantener o modificar el procedimiento se sustenta en la evolución observada y no solamente en las posibilidades de la herramienta.

La minimización de datos consiste en recopilar únicamente información necesaria para una función definida; almacenar videos completos cuando bastan medidas derivadas puede incrementar riesgos sin mejorar la atención; la decisión debe equilibrar utilidad clínica, posibilidad de auditoría y protección de la intimidad, con procedimientos claros para eliminar registros innecesarios;

la implementación también requiere identificar las barreras del contexto, los recursos de apoyo disponibles y las preferencias de la persona atendida; estos elementos condicionan la continuidad de las actividades y permiten reconocer cuándo es necesario ajustar la intensidad, la modalidad o el acompañamiento profesional.

El control de acceso requiere asignar permisos según funciones profesionales y mantener registros de consulta o modificación; las credenciales compartidas y las cuentas sin actualización debilitan la trazabilidad; la seguridad no depende solo del software, sino también de prácticas institucionales, capacitación y revisión periódica de autorizaciones; para interpretar adecuadamente los resultados, conviene documentar las condiciones en las que se obtuvieron los datos y reconocer las fuentes de incertidumbre; la comparación entre sesiones debe relacionarse con cambios funcionales relevantes y con la experiencia cotidiana, evitando conclusiones derivadas de una sola medición.

El cifrado de comunicaciones y almacenamiento, la autenticación robusta y las copias de respaldo constituyen medidas relevantes; aun así, ningún sistema elimina

completamente el riesgo; deben existir procedimientos para detectar incidentes, contenerlos, evaluar consecuencias y comunicar los hechos a las autoridades y personas afectadas cuando corresponda; esta consideración adquiere especial importancia cuando existen diferencias de edad, capacidad motora, alfabetización digital o acceso a recursos; la evaluación de la intervención debe examinar si tales diferencias modifican la seguridad, la participación y los beneficios alcanzados, en lugar de asumir una respuesta homogénea.

Los dispositivos domiciliarios introducen desafíos particulares porque pueden conectarse mediante redes compartidas o equipos sin mantenimiento; las actualizaciones, configuraciones seguras y orientaciones al usuario reducen vulnerabilidades previsibles; la institución debe determinar quién responde por el soporte técnico y cómo se procede cuando un dispositivo deja de ser confiable; la coordinación del equipo asistencial facilita que las recomendaciones sean comprensibles y coherentes a lo largo del proceso; definir responsables, canales de comunicación y criterios de derivación ayuda a prevenir interrupciones y

favorece que las decisiones terapéuticas respondan oportunamente a cambios en la condición del paciente.

El uso secundario de información para investigación o entrenamiento de algoritmos exige distinguirlo de la atención asistencial; la autorización para recibir tratamiento no implica necesariamente consentimiento para nuevos usos de datos; las condiciones jurídicas y éticas deben evaluarse antes de transferir registros a terceros o servicios externos; desde una perspectiva de calidad, resulta pertinente considerar tanto los resultados favorables como las dificultades, los abandonos y los incidentes; esta información permite distinguir la aceptación inicial de la utilidad sostenida y orienta mejoras progresivas en el diseño del servicio y en la formación del personal.

En Ecuador, la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales establece un marco de obligaciones para el tratamiento de información personal; su aplicación concreta requiere revisar bases de legitimación, derechos de los titulares y responsabilidades institucionales; las prácticas de seguridad deben adaptarse también a las normas sanitarias y contractuales pertinentes; la incorporación de este enfoque debe acompañarse de información clara sobre sus alcances y

limitaciones; el consentimiento y la participación activa de la persona no constituyen pasos aislados, sino condiciones que deben mantenerse cuando cambian las herramientas, los objetivos o la intensidad del tratamiento.

La privacidad clínica debe concebirse como parte de la calidad del servicio y no como un trámite aislado; las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (2024) sobre gobernanza de IA refuerzan la necesidad de controles y supervisión; proteger los datos contribuye a preservar confianza, continuidad asistencial y autonomía; por consiguiente, la pertinencia de cada decisión debe juzgarse mediante indicadores clínicos, funcionales y de experiencia del usuario; el objetivo no es maximizar el uso de tecnología, sino favorecer una recuperación segura, accesible y compatible con la autonomía y la calidad de vida.

4.2.3. Sesgos algorítmicos, equidad tecnológica y accesibilidad en los servicios de rehabilitación

Los sesgos algorítmicos pueden surgir cuando los datos de entrenamiento no representan adecuadamente a las poblaciones atendidas; un modelo construido con movimientos de adultos jóvenes podría interpretar de

manera imprecisa patrones de personas mayores o con discapacidad; el problema no siempre se manifiesta en la exactitud global del sistema; en la práctica, esta perspectiva exige registrar la situación funcional inicial, acordar objetivos verificables con el paciente y establecer momentos de reevaluación; de este modo, la decisión de mantener o modificar el procedimiento se sustenta en la evolución observada y no solamente en las posibilidades de la herramienta.

La evaluación de equidad requiere analizar desempeño en subgrupos clínicamente relevantes, como diferentes niveles de movilidad, tipos de ayudas técnicas y condiciones neurológicas; las comparaciones deben considerar tamaño de muestra e incertidumbre; identificar una diferencia no basta, pues también es necesario comprender su origen y sus consecuencias terapéuticas; la implementación también requiere identificar las barreras del contexto, los recursos de apoyo disponibles y las preferencias de la persona atendida; estos elementos condicionan la continuidad de las actividades y permiten reconocer cuándo es necesario ajustar la intensidad, la modalidad o el acompañamiento profesional.

Los sensores y cámaras pueden producir registros de calidad desigual por condiciones de iluminación, vestimenta, posicionamiento y características del movimiento; cuando el algoritmo interpreta estas variaciones como diferencias funcionales, puede generar recomendaciones injustificadas; la validación debe reproducir las condiciones reales de uso; para interpretar adecuadamente los resultados, conviene documentar las condiciones en las que se obtuvieron los datos y reconocer las fuentes de incertidumbre; la comparación entre sesiones debe relacionarse con cambios funcionales relevantes y con la experiencia cotidiana, evitando conclusiones derivadas de una sola medición.

La brecha digital incluye dificultades de conectividad, costos, alfabetización tecnológica y accesibilidad de interfaces; un sistema disponible en internet no es necesariamente accesible para personas con limitaciones sensoriales o cognitivas; la inclusión exige alternativas de interacción y asistencia sin transformar el apoyo en una condición de dependencia; esta consideración adquiere especial importancia cuando existen diferencias de edad, capacidad motora, alfabetización digital o acceso a

recursos; la evaluación de la intervención debe examinar si tales diferencias modifican la seguridad, la participación y los beneficios alcanzados, en lugar de asumir una respuesta homogénea.

Los conjuntos de datos deben documentar procedencia, criterios de inclusión y exclusión y limitaciones conocidas; esta información permite juzgar si una herramienta es apropiada para una población específica; la falta de transparencia dificulta detectar usos fuera del contexto para el cual fue desarrollada; la coordinación del equipo asistencial facilita que las recomendaciones sean comprensibles y coherentes a lo largo del proceso; definir responsables, canales de comunicación y criterios de derivación ayuda a prevenir interrupciones y favorece que las decisiones terapéuticas respondan oportunamente a cambios en la condición del paciente.

Los profesionales necesitan reconocer señales de posible fallo, como resultados incompatibles con la observación clínica o cambios abruptos sin explicación; la posibilidad de revisar y corregir recomendaciones automatizadas constituye una salvaguarda esencial; la confianza no debe basarse en la apariencia técnica de una

interfaz; desde una perspectiva de calidad, resulta pertinente considerar tanto los resultados favorables como las dificultades, los abandonos y los incidentes; esta información permite distinguir la aceptación inicial de la utilidad sostenida y orienta mejoras progresivas en el diseño del servicio y en la formación del personal.

La equidad también se relaciona con la distribución de recursos; incorporar soluciones costosas en unos pocos centros puede ampliar diferencias si no se prevén estrategias de acceso territorial; los análisis de costo, mantenimiento y capacitación deben integrarse con indicadores de resultados funcionales en poblaciones diversas; la incorporación de este enfoque debe acompañarse de información clara sobre sus alcances y limitaciones; el consentimiento y la participación activa de la persona no constituyen pasos aislados, sino condiciones que deben mantenerse cuando cambian las herramientas, los objetivos o la intensidad del tratamiento.

Las orientaciones de la Organización Mundial de la Salud (2024) destacan la atención a riesgos de discriminación y desigualdad en sistemas de IA sanitaria; en fisioterapia, una gobernanza justa requiere evaluación continua, participación de usuarios y mecanismos para

retirar o corregir herramientas que produzcan perjuicios; por consiguiente, la pertinencia de cada decisión debe juzgarse mediante indicadores clínicos, funcionales y de experiencia del usuario; el objetivo no es maximizar el uso de tecnología, sino favorecer una recuperación segura, accesible y compatible con la autonomía y la calidad de vida.

4.2.4. Regulación sanitaria, validación clínica y evaluación de riesgos de las tecnologías inteligentes

Las tecnologías inteligentes utilizadas en rehabilitación presentan niveles de riesgo diferentes según su finalidad y capacidad de influir en decisiones clínicas; una aplicación educativa no plantea las mismas exigencias que un sistema que recomienda intervenciones o controla un dispositivo motorizado; la clasificación debe partir del uso previsto y de sus posibles consecuencias; en la práctica, esta perspectiva exige registrar la situación funcional inicial, acordar objetivos verificables con el paciente y establecer momentos de reevaluación; de este modo, la decisión de mantener o modificar el procedimiento se sustenta en la evolución observada y no solamente en las posibilidades de la herramienta.

La validación técnica examina funcionamiento, precisión, robustez y reproducibilidad de un sistema; la validación clínica determina si esos resultados contribuyen a decisiones o desenlaces relevantes para pacientes; confundir ambas etapas puede llevar a presentar una buena correlación instrumental como prueba suficiente de efectividad terapéutica; la implementación también requiere identificar las barreras del contexto, los recursos de apoyo disponibles y las preferencias de la persona atendida; estos elementos condicionan la continuidad de las actividades y permiten reconocer cuándo es necesario ajustar la intensidad, la modalidad o el acompañamiento profesional.

Los estudios de evaluación deben describir población, entorno, comparador y resultados previamente definidos; también deben informar fallos, exclusiones y eventos adversos; la ausencia de incidentes en muestras pequeñas no demuestra seguridad general, especialmente cuando el sistema se utilizará durante períodos prolongados; para interpretar adecuadamente los resultados, conviene documentar las condiciones en las que se obtuvieron los datos y reconocer las fuentes de incertidumbre; la comparación entre sesiones debe relacionarse con cambios

funcionales relevantes y con la experiencia cotidiana, evitando conclusiones derivadas de una sola medición.

El ciclo de vida de un algoritmo incluye desarrollo, pruebas, implementación, actualización y vigilancia posterior; los cambios de software o de datos pueden modificar su desempeño incluso si la interfaz permanece igual; cada actualización relevante necesita criterios de revisión y documentación de sus efectos; esta consideración adquiere especial importancia cuando existen diferencias de edad, capacidad motora, alfabetización digital o acceso a recursos; la evaluación de la intervención debe examinar si tales diferencias modifican la seguridad, la participación y los beneficios alcanzados, en lugar de asumir una respuesta homogénea.

La gestión de riesgos debe identificar peligros previsibles, estimar su gravedad y establecer medidas de mitigación; entre los ejemplos figuran recomendaciones de ejercicio inadecuadas, errores de identificación del paciente y fallas de dispositivos conectados; los procedimientos de respuesta deben ser conocidos por los equipos clínicos; la coordinación del equipo asistencial facilita que las recomendaciones sean comprensibles y coherentes a lo largo

del proceso; definir responsables, canales de comunicación y criterios de derivación ayuda a prevenir interrupciones y favorece que las decisiones terapéuticas respondan oportunamente a cambios en la condición del paciente.

La supervisión humana debe ser proporcional al riesgo y estar respaldada por competencias reales; exigir que el profesional valide una salida incomprensible sin acceso a información suficiente constituye una salvaguarda meramente formal; la explicabilidad útil permite reconocer variables, límites y situaciones de incertidumbre; desde una perspectiva de calidad, resulta pertinente considerar tanto los resultados favorables como las dificultades, los abandonos y los incidentes; esta información permite distinguir la aceptación inicial de la utilidad sostenida y orienta mejoras progresivas en el diseño del servicio y en la formación del personal.

El Reglamento de Inteligencia Artificial de la Unión Europea, aprobado en 2024, ilustra un enfoque regulatorio basado en niveles de riesgo, aunque su aplicación depende de jurisdicción y calendario normativo; en Ecuador corresponde revisar las disposiciones nacionales vigentes y los requisitos aplicables a dispositivos médicos y servicios

sanitarios; la incorporación de este enfoque debe acompañarse de información clara sobre sus alcances y limitaciones; el consentimiento y la participación activa de la persona no constituyen pasos aislados, sino condiciones que deben mantenerse cuando cambian las herramientas, los objetivos o la intensidad del tratamiento.

La regulación debe entenderse como un proceso de protección y mejora, no como obstáculo automático a la innovación; la Organización Mundial de la Salud (2024) enfatiza la gobernanza de sistemas de IA para salud; la adopción responsable exige evidencia clínica, vigilancia de seguridad y mecanismos de rendición de cuentas; por consiguiente, la pertinencia de cada decisión debe juzgarse mediante indicadores clínicos, funcionales y de experiencia del usuario; el objetivo no es maximizar el uso de tecnología, sino favorecer una recuperación segura, accesible y compatible con la autonomía y la calidad de vida.

4.3. Innovación, investigación y escenarios futuros de la fisioterapia inteligente

4.3.1. Gemelos digitales y simulación personalizada del proceso de rehabilitación humana

Un gemelo digital es una representación computacional de un sistema físico que puede actualizarse mediante datos observados; en rehabilitación se propone modelar aspectos del movimiento, la carga mecánica o la evolución funcional; sin embargo, no toda simulación biomecánica constituye un gemelo digital, pues la actualización y vinculación con el sujeto son elementos relevantes; en la práctica, esta perspectiva exige registrar la situación funcional inicial, acordar objetivos verificables con el paciente y establecer momentos de reevaluación; de este modo, la decisión de mantener o modificar el procedimiento se sustenta en la evolución observada y no solamente en las posibilidades de la herramienta.

La construcción de modelos personalizados requiere integrar información anatómica, cinemática, clínica y contextual; cada fuente presenta errores y niveles distintos de resolución; un modelo detallado puede producir

resultados engañosos si sus parámetros no representan adecuadamente la condición individual o si se extrapola fuera del escenario de validación; la implementación también requiere identificar las barreras del contexto, los recursos de apoyo disponibles y las preferencias de la persona atendida; estos elementos condicionan la continuidad de las actividades y permiten reconocer cuándo es necesario ajustar la intensidad, la modalidad o el acompañamiento profesional.

Las simulaciones podrían utilizarse para explorar cómo cambian ciertas variables ante modificaciones de una tarea o un dispositivo de asistencia; estos escenarios son hipótesis computacionales y no predicciones clínicas confirmadas; la interpretación exige contrastar las salidas con observaciones reales y reconocer incertidumbres; para interpretar adecuadamente los resultados, conviene documentar las condiciones en las que se obtuvieron los datos y reconocer las fuentes de incertidumbre; la comparación entre sesiones debe relacionarse con cambios funcionales relevantes y con la experiencia cotidiana, evitando conclusiones derivadas de una sola medición.

Los modelos musculoesqueléticos permiten estudiar relaciones entre movimiento, fuerzas estimadas y restricciones mecánicas; su potencial aumenta cuando se combinan con medidas longitudinales; aun así, las estimaciones dependen de supuestos sobre activación muscular, propiedades tisulares y estrategias motoras que pueden variar entre pacientes; esta consideración adquiere especial importancia cuando existen diferencias de edad, capacidad motora, alfabetización digital o acceso a recursos; la evaluación de la intervención debe examinar si tales diferencias modifican la seguridad, la participación y los beneficios alcanzados, en lugar de asumir una respuesta homogénea.

El uso de gemelos digitales plantea retos de interoperabilidad y gobernanza porque necesita actualizar datos provenientes de múltiples instrumentos; la trazabilidad de versiones y parámetros resulta indispensable para comparar simulaciones; además, deben definirse condiciones para conservar, compartir o eliminar información sensible; la coordinación del equipo asistencial facilita que las recomendaciones sean comprensibles y coherentes a lo largo del proceso; definir responsables,

canales de comunicación y criterios de derivación ayuda a prevenir interrupciones y favorece que las decisiones terapéuticas respondan oportunamente a cambios en la condición del paciente.

Una línea de investigación consiste en estudiar si las simulaciones mejoran la selección de ejercicios o la adaptación de ayudas técnicas frente al razonamiento clínico habitual; estas preguntas requieren estudios comparativos y resultados funcionales, no únicamente demostraciones visuales; el valor clínico debe comprobarse en poblaciones reales; desde una perspectiva de calidad, resulta pertinente considerar tanto los resultados favorables como las dificultades, los abandonos y los incidentes; esta información permite distinguir la aceptación inicial de la utilidad sostenida y orienta mejoras progresivas en el diseño del servicio y en la formación del personal.

El desarrollo interdisciplinario reúne fisioterapia, biomecánica, informática, ingeniería y ética; esta colaboración permite formular modelos con sentido clínico y detectar supuestos inadecuados; también exige comunicación clara para evitar que decisiones basadas en modelos opacos se presenten como verdades

incuestionables; la incorporación de este enfoque debe acompañarse de información clara sobre sus alcances y limitaciones; el consentimiento y la participación activa de la persona no constituyen pasos aislados, sino condiciones que deben mantenerse cuando cambian las herramientas, los objetivos o la intensidad del tratamiento.

Hacia el futuro, los gemelos digitales podrían apoyar una rehabilitación más individualizada, pero su aplicación generalizada permanece condicionada por evidencia, costos y calidad de datos; la perspectiva de gobernanza responsable de la Organización Mundial de la Salud (2024) resulta pertinente para orientar su evaluación y supervisión; por consiguiente, la pertinencia de cada decisión debe juzgarse mediante indicadores clínicos, funcionales y de experiencia del usuario; el objetivo no es maximizar el uso de tecnología, sino favorecer una recuperación segura, accesible y compatible con la autonomía y la calidad de vida.

4.3.2. Investigación clínica digital y evaluación de la efectividad de intervenciones tecnológicas

La investigación clínica digital utiliza plataformas, sensores y sistemas de comunicación para captar

información o desarrollar intervenciones; estas herramientas pueden ampliar el seguimiento fuera del consultorio y reducir algunas barreras logísticas; no obstante, también introducen problemas de selección de participantes, pérdidas de datos y heterogeneidad de condiciones domiciliarias; en la práctica, esta perspectiva exige registrar la situación funcional inicial, acordar objetivos verificables con el paciente y establecer momentos de reevaluación; de este modo, la decisión de mantener o modificar el procedimiento se sustenta en la evolución observada y no solamente en las posibilidades de la herramienta.

El diseño de un estudio debe comenzar con una pregunta clínica precisa y con resultados importantes para el paciente; la disponibilidad de miles de variables digitales no justifica analizarlas sin hipótesis ni criterios definidos; conviene distinguir indicadores exploratorios de desenlaces primarios y establecer protocolos antes de iniciar la recolección; la implementación también requiere identificar las barreras del contexto, los recursos de apoyo disponibles y las preferencias de la persona atendida; estos elementos condicionan la continuidad de las actividades y permiten

reconocer cuándo es necesario ajustar la intensidad, la modalidad o el acompañamiento profesional.

Los ensayos de intervenciones tecnológicas necesitan comparadores apropiados y descripciones suficientes de la dosis, la supervisión y el contenido terapéutico; comparar una plataforma intensiva con atención convencional mal definida puede atribuir a la tecnología beneficios derivados simplemente de mayor contacto profesional; para interpretar adecuadamente los resultados, conviene documentar las condiciones en las que se obtuvieron los datos y reconocer las fuentes de incertidumbre; la comparación entre sesiones debe relacionarse con cambios funcionales relevantes y con la experiencia cotidiana, evitando conclusiones derivadas de una sola medición.

La validez de los indicadores digitales exige estudiar precisión, estabilidad, sensibilidad al cambio y significado clínico; una diferencia estadística puede ser irrelevante para caminar, trabajar o realizar actividades domésticas; los resultados deben interpretarse junto con escalas funcionales y percepciones de pacientes; esta consideración adquiere especial importancia cuando existen diferencias de edad,

capacidad motora, alfabetización digital o acceso a recursos; la evaluación de la intervención debe examinar si tales diferencias modifican la seguridad, la participación y los beneficios alcanzados, en lugar de asumir una respuesta homogénea.

Las dificultades de cegamiento y las expectativas asociadas con dispositivos novedosos pueden influir en resultados comunicados por los participantes; cuando no sea posible ocultar la intervención, es importante utilizar evaluadores independientes y procedimientos estandarizados; registrar abandonos y eventos adversos también mejora la transparencia; la coordinación del equipo asistencial facilita que las recomendaciones sean comprensibles y coherentes a lo largo del proceso; definir responsables, canales de comunicación y criterios de derivación ayuda a prevenir interrupciones y favorece que las decisiones terapéuticas respondan oportunamente a cambios en la condición del paciente.

La investigación debe incorporar diversidad de edades, condiciones clínicas y niveles de acceso tecnológico; excluir a personas con baja alfabetización digital puede producir resultados poco transferibles a servicios públicos;

el análisis de equidad debe planificarse desde el diseño y no añadirse únicamente después de observar diferencias; desde una perspectiva de calidad, resulta pertinente considerar tanto los resultados favorables como las dificultades, los abandonos y los incidentes; esta información permite distinguir la aceptación inicial de la utilidad sostenida y orienta mejoras progresivas en el diseño del servicio y en la formación del personal.

La ciencia abierta favorece protocolos accesibles, criterios explícitos y documentación de métodos de procesamiento, siempre que se respete la confidencialidad; compartir datos clínicos identificables no es una exigencia de transparencia; pueden utilizarse materiales sintéticos, códigos o descripciones metodológicas cuando la protección de participantes lo requiera; la incorporación de este enfoque debe acompañarse de información clara sobre sus alcances y limitaciones; el consentimiento y la participación activa de la persona no constituyen pasos aislados, sino condiciones que deben mantenerse cuando cambian las herramientas, los objetivos o la intensidad del tratamiento.

Los resultados de investigación deben orientar decisiones de adopción, modificación o abandono de

tecnologías; la estrategia mundial de salud digital de la Organización Mundial de la Salud (2021) subraya la importancia de evaluación y sistemas de salud fortalecidos; el objetivo es generar evidencia útil para una rehabilitación segura y efectiva; por consiguiente, la pertinencia de cada decisión debe juzgarse mediante indicadores clínicos, funcionales y de experiencia del usuario; el objetivo no es maximizar el uso de tecnología, sino favorecer una recuperación segura, accesible y compatible con la autonomía y la calidad de vida.

4.3.3. Nuevas competencias profesionales, formación universitaria e investigación interdisciplinaria

La transformación digital modifica las competencias requeridas al fisioterapeuta, pero no reemplaza los fundamentos de anatomía, fisiología, razonamiento clínico y comunicación; la alfabetización tecnológica debe integrarse con estas capacidades para evitar decisiones centradas exclusivamente en indicadores automatizados; comprender una herramienta incluye saber cuándo no utilizarla; en la práctica, esta perspectiva exige registrar la situación funcional inicial, acordar objetivos verificables con el

paciente y establecer momentos de reevaluación; de este modo, la decisión de mantener o modificar el procedimiento se sustenta en la evolución observada y no solamente en las posibilidades de la herramienta.

Entre las competencias emergentes destacan interpretación crítica de datos, evaluación de calidad de sensores, comprensión básica de algoritmos y gestión de información clínica; no se pretende que todo profesional programe sistemas complejos, sino que pueda identificar limitaciones, formular preguntas pertinentes y colaborar con especialistas técnicos; la implementación también requiere identificar las barreras del contexto, los recursos de apoyo disponibles y las preferencias de la persona atendida; estos elementos condicionan la continuidad de las actividades y permiten reconocer cuándo es necesario ajustar la intensidad, la modalidad o el acompañamiento profesional.

La formación universitaria puede incorporar escenarios de telerehabilitación, análisis de movimiento y evaluación de aplicaciones digitales mediante actividades prácticas; estas experiencias deben incluir errores simulados y casos de incertidumbre, no solo demostraciones exitosas; aprender a cuestionar resultados automáticos fortalece la

seguridad del paciente; para interpretar adecuadamente los resultados, conviene documentar las condiciones en las que se obtuvieron los datos y reconocer las fuentes de incertidumbre; la comparación entre sesiones debe relacionarse con cambios funcionales relevantes y con la experiencia cotidiana, evitando conclusiones derivadas de una sola medición.

La ética y la privacidad necesitan presencia transversal en el currículo; el alumnado debe practicar consentimiento informado, manejo responsable de registros y comunicación de limitaciones tecnológicas; estas habilidades son inseparables de la atención centrada en la persona y de la responsabilidad profesional; esta consideración adquiere especial importancia cuando existen diferencias de edad, capacidad motora, alfabetización digital o acceso a recursos; la evaluación de la intervención debe examinar si tales diferencias modifican la seguridad, la participación y los beneficios alcanzados, en lugar de asumir una respuesta homogénea.

El trabajo interdisciplinario requiere lenguajes compartidos entre fisioterapeutas, ingenieros, diseñadores, especialistas en datos y profesionales sanitarios; las

diferencias de prioridades pueden generar soluciones técnicamente sofisticadas pero poco útiles; involucrar a pacientes desde el diseño permite reconocer necesidades que no aparecen en especificaciones técnicas; la coordinación del equipo asistencial facilita que las recomendaciones sean comprensibles y coherentes a lo largo del proceso; definir responsables, canales de comunicación y criterios de derivación ayuda a prevenir interrupciones y favorece que las decisiones terapéuticas respondan oportunamente a cambios en la condición del paciente.

La actualización profesional continua debe responder a cambios de software, evidencia y regulación; los programas de capacitación necesitan evaluar desempeño práctico y no limitarse a certificar asistencia; las instituciones deben proporcionar tiempo, acompañamiento y criterios para seleccionar tecnologías según necesidades reales; desde una perspectiva de calidad, resulta pertinente considerar tanto los resultados favorables como las dificultades, los abandonos y los incidentes; esta información permite distinguir la aceptación inicial de la utilidad sostenida y orienta mejoras progresivas en el diseño del servicio y en la formación del personal.

La investigación universitaria puede desarrollar proyectos que comparen herramientas accesibles, examinen barreras de implementación y estudien resultados funcionales; la colaboración con servicios de salud facilita preguntas relevantes y transferencia responsable; también permite incorporar a estudiantes en procesos de evaluación metodológica y mejora continua; la incorporación de este enfoque debe acompañarse de información clara sobre sus alcances y limitaciones; el consentimiento y la participación activa de la persona no constituyen pasos aislados, sino condiciones que deben mantenerse cuando cambian las herramientas, los objetivos o la intensidad del tratamiento.

Las propuestas de Camacho Marín y colaboradores (2026) sobre neuropedagogía digital y revolución neurocognitiva ofrecen marcos conceptuales para reflexionar sobre aprendizaje, adaptación y tecnología; su traslado a fisioterapia exige contrastación específica y no constituye por sí mismo evidencia de eficacia clínica; la formación debe distinguir analogías educativas de resultados sanitarios; por consiguiente, la pertinencia de cada decisión debe juzgarse mediante indicadores clínicos, funcionales y de experiencia del usuario; el objetivo no es maximizar el

uso de tecnología, sino favorecer una recuperación segura, accesible y compatible con la autonomía y la calidad de vida.

4.3.4. Perspectivas de la fisioterapia hacia 2035: inteligencia artificial responsable, rehabilitación de precisión y atención humanizada

Las perspectivas hacia 2035 deben formularse como escenarios posibles y no como predicciones inevitables; la expansión de sensores, inteligencia artificial y servicios remotos dependerá de evidencia clínica, regulación, infraestructura y aceptación social; la evolución de la fisioterapia estará condicionada tanto por decisiones institucionales como por avances técnicos; en la práctica, esta perspectiva exige registrar la situación funcional inicial, acordar objetivos verificables con el paciente y establecer momentos de reevaluación; de este modo, la decisión de mantener o modificar el procedimiento se sustenta en la evolución observada y no solamente en las posibilidades de la herramienta.

Un escenario de rehabilitación de precisión podría combinar antecedentes, mediciones funcionales y preferencias para ajustar la intervención a lo largo del

tiempo; la personalización no debe confundirse con automatización completa; los algoritmos pueden sugerir opciones, pero el profesional y el paciente necesitan interpretar beneficios, incertidumbres y prioridades; la implementación también requiere identificar las barreras del contexto, los recursos de apoyo disponibles y las preferencias de la persona atendida; estos elementos condicionan la continuidad de las actividades y permiten reconocer cuándo es necesario ajustar la intensidad, la modalidad o el acompañamiento profesional.

La inteligencia artificial responsable exigirá sistemas evaluados en poblaciones diversas, con procedimientos para detectar fallos y corregir sesgos; la supervisión humana deberá ser efectiva y no meramente simbólica; el acceso a información sobre límites y condiciones de uso será tan importante como la precisión de los modelos; para interpretar adecuadamente los resultados, conviene documentar las condiciones en las que se obtuvieron los datos y reconocer las fuentes de incertidumbre; la comparación entre sesiones debe relacionarse con cambios funcionales relevantes y con la experiencia cotidiana, evitando conclusiones derivadas de una sola medición.

La integración entre atención presencial, telerehabilitación y seguimiento domiciliario podría favorecer continuidad en condiciones crónicas; sin embargo, su éxito dependerá de equipos coordinados y servicios capaces de responder a alertas; recopilar más datos sin capacidad asistencial puede aumentar la carga profesional y la frustración de los pacientes; esta consideración adquiere especial importancia cuando existen diferencias de edad, capacidad motora, alfabetización digital o acceso a recursos; la evaluación de la intervención debe examinar si tales diferencias modifican la seguridad, la participación y los beneficios alcanzados, en lugar de asumir una respuesta homogénea.

Las tecnologías de asistencia podrían volverse más adaptables y menos invasivas, aunque su distribución estará determinada por costos y mantenimiento; la innovación orientada a necesidades de países y regiones con recursos limitados será decisiva para evitar que la brecha tecnológica amplíe desigualdades sanitarias; la coordinación del equipo asistencial facilita que las recomendaciones sean comprensibles y coherentes a lo largo del proceso; definir responsables, canales de comunicación y criterios de

derivación ayuda a prevenir interrupciones y favorece que las decisiones terapéuticas respondan oportunamente a cambios en la condición del paciente.

La formación de profesionales deberá combinar juicio clínico, alfabetización de datos, bioética y habilidades comunicativas; el desarrollo de herramientas generativas hará especialmente importante verificar fuentes y detectar respuestas plausibles pero incorrectas; la capacidad de reconocer incertidumbre seguirá siendo un rasgo de competencia profesional; desde una perspectiva de calidad, resulta pertinente considerar tanto los resultados favorables como las dificultades, los abandonos y los incidentes; esta información permite distinguir la aceptación inicial de la utilidad sostenida y orienta mejoras progresivas en el diseño del servicio y en la formación del personal.

La humanización de la atención implica preservar escucha, dignidad y participación en cada decisión terapéutica; ninguna métrica digital puede representar por completo el significado de recuperar la capacidad de caminar, trabajar o convivir; la tecnología debe ayudar a comprender estas metas, no imponer objetivos definidos exclusivamente por sistemas automáticos; la incorporación

de este enfoque debe acompañarse de información clara sobre sus alcances y limitaciones; el consentimiento y la participación activa de la persona no constituyen pasos aislados, sino condiciones que deben mantenerse cuando cambian las herramientas, los objetivos o la intensidad del tratamiento.

Figura 4



Fisioterapia inteligente: innovación y futuro

En síntesis, el horizonte de 2035 invita a construir una fisioterapia científicamente rigurosa, digitalmente competente y socialmente inclusiva; las orientaciones de la Organización Mundial de la Salud (2021, 2024) permiten vincular innovación con gobernanza y derechos; el éxito deberá medirse por funcionalidad, autonomía y calidad de

vida, antes que por la cantidad de dispositivos incorporados; por consiguiente, la pertinencia de cada decisión debe juzgarse mediante indicadores clínicos, funcionales y de experiencia del usuario; el objetivo no es maximizar el uso de tecnología, sino favorecer una recuperación segura, accesible y compatible con la autonomía y la calidad de vida.

REFERENCIAS

Asamblea Nacional del Ecuador. (2021). Ley Orgánica de Protección de Datos Personales. Registro Oficial, Quinto Suplemento N.º 459.

Camacho Marín, R. J., Colcha Pérez, J. R., & Cadena Heredia, V. F. (2026). Revolución neurocognitiva: Desbloqueando el poder oculto de la mente. Editorial Ciencia y Descubrimiento. https://doi.org/10.63816/n3ks7p94

Camacho Marín, R. J., Espada Leyton, X. G., Paravicini Zarate, C. E., & Delgado Herrera, E. G. (2026). Neuropedagogía digital: El nuevo mapa del aprendizaje humano. Editorial Ciencia y Descubrimiento. https://doi.org/10.63816/b89sqx78

Laver, K. E., Lange, B., George, S., Deutsch, J. E., Saposnik, G., Chapman, M., & Crotty, M. (2025). Virtual reality for stroke rehabilitation. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2025(6), CD008349. https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub5

Mao, Q., Zhang, J., Yu, L., Zhao, Y., Luximon, Y., & Wang, H. (2024). Effectiveness of sensor-based interventions in improving gait and balance performance in older adults: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 21, 85. https://doi.org/10.1186/s12984-024-01375-0

Merolli, M., Ahmed, O., McCreesh, K., Remedios, L., & Butler-Henderson, K. (2024). Are physiotherapists expected to be competent in digital health practice? Meta-synthesis of international physiotherapy practice competency standards. Physiotherapy Theory and Practice, 40(12), 2988–2999. https://doi.org/10.1080/09593985.2023.2299202

Molina-Garcia, P., Mora-Traverso, M., Prieto-Moreno, R., Díaz-Vásquez, A., Antony, B., & Ariza-Vega, P. (2024). Effectiveness and cost-effectiveness of telerehabilitation for musculoskeletal disorders: A systematic review and meta-analysis. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 67(1), 101791. https://doi.org/10.1016/j.rehab.2023.101791

Organización Mundial de la Salud. (2021). Global strategy on digital health 2020–2025. https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924

Organización Mundial de la Salud. (2022a). Global report on assistive technology. https://www.who.int/publications/i/item/9789240049451

Organización Mundial de la Salud. (2022b). Global report on health equity for persons with disabilities. https://www.who.int/publications/i/item/9789240063600

Organización Mundial de la Salud. (2023a). Package of interventions for rehabilitation: Module 1.

Introduction. https://www.who.int/publications/i/item/9789240067097

Organización Mundial de la Salud. (2023b). Package of interventions for rehabilitation: Module 2. Musculoskeletal conditions. https://www.who.int/publications/i/item/9789240071100

Organización Mundial de la Salud. (2023c). Package of interventions for rehabilitation: Module 3. Neurological conditions. https://www.who.int/publications/i/item/9789240071131

Organización Mundial de la Salud. (2024). Ethics and governance of artificial intelligence for health: Guidance on large multi-modal models. https://www.who.int/publications/i/item/9789240084759

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2024). Reglamento (UE) 2024/1689 por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial. Diario Oficial de la Unión Europea.

Prisco, G., Pirozzi, M. A., Santone, A., Esposito, F., Cesarelli, M., Amato, F., & Donisi, L. (2025). Validity of wearable inertial sensors for gait analysis: A systematic review. Diagnostics, 15(1), 36. https://doi.org/10.3390/diagnostics15010036

Rajashekar, D., Boyer, A., Larkin-Kaiser, K. A., & Dukelow, S. P. (2024). Technological advances in stroke rehabilitation: Robotics and virtual reality. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America, 35(2), 383–398. https://doi.org/10.1016/j.pmr.2023.06.026

Sumner, J., Lim, H. W., Chong, L. S., Bundele, A., Mukhopadhyay, A., & Kayambu, G. (2023). Artificial intelligence in physical rehabilitation: A systematic review. Artificial Intelligence in Medicine, 146, 102693. https://doi.org/10.1016/j.artmed.2023.102693

Turner, J. A., Chaaban, C. R., & Padua, D. A. (2024). Validation of OpenCap: A low-cost markerless motion capture system for lower-extremity kinematics during return-to-sport tasks. Journal of Biomechanics, 171, 112200. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2024.112200

Zhang, X., Mao, D., Shang, H., Ma, L., Jia, J., Yu, J., & Zhang, M. (2026). Validations and applications of markerless motion capture using OpenCap: A scoping review. Frontiers in Digital Health, 8, 1882536. https://doi.org/10.3389/fdgth.2026.1882536

La fisioterapia contemporánea atraviesa una transformación significativa impulsada por la convergencia entre las ciencias de la rehabilitación, la inteligencia artificial, la neurociencia y las tecnologías emergentes; este proceso está modificando las formas de comprender el movimiento humano, evaluar las alteraciones funcionales y desarrollar intervenciones terapéuticas adaptadas a las necesidades individuales; la incorporación de herramientas digitales permite ampliar las posibilidades de análisis, seguimiento y recuperación funcional, aunque también plantea desafíos relacionados con la formación profesional, la seguridad clínica y la accesibilidad tecnológica; en este escenario, la innovación adquiere sentido cuando contribuye a mejorar la autonomía, la funcionalidad y la calidad de vida de las personas.

Editorial Ciencia y Descubrimiento