

Marco Estratégico para Aplicaciones Terapéuticas Digitales en el Síndrome de Down: Perspectivas Clínicas y Tecnológicas (2023-2025)

Introducción Ejecutiva y Marco Estratégico

El presente informe establece un marco exhaustivo para el desarrollo de herramientas terapéuticas digitales de vanguardia, específicamente diseñadas para abordar el perfil de procesamiento sensorial único en niños con Síndrome de Down (SD). El objetivo primordial es trascender el entretenimiento o la educación básica, posicionando la aplicación como una herramienta terapéutica complementaria, fundamentada en la neurobiología y la evidencia clínica más robusta disponible a partir de 2023.¹

La necesidad de una intervención digital estructurada surge de la comprensión de que las diferencias neurobiológicas inherentes a la trisomía 21 impactan profundamente en la capacidad del niño para recibir, organizar e interpretar los estímulos sensoriales. Estas diferencias influyen directamente en la atención, la regulación emocional, el comportamiento y el aprendizaje.¹ Una aplicación diseñada con un profundo conocimiento de este perfil tiene el potencial de ofrecer estimulación personalizada, fomentar respuestas adaptativas y mejorar significativamente la participación del niño en las actividades de la vida diaria.

Este documento se estructura para unificar la ciencia clínica con la innovación tecnológica, cubriendo los fundamentos neurobiológicos, los avances en la Terapia de Integración Sensorial (TIS), la adopción de tecnologías emergentes como la Realidad Virtual (RV) y la Inteligencia Artificial (IA), y las directrices críticas para un diseño ético y funcional.

Sección I: La Neurobiología del Perfil Sensorial en el

Síndrome de Down (Actualización 2023+)

La eficacia de cualquier intervención, especialmente una digital, depende de un entendimiento matizado de los factores neurológicos, fisiológicos y conductuales que definen la experiencia sensorial del niño con SD.¹

1.1. Fundamentos Fisiológicos: Trisomía 21 y Procesamiento Central

El cerebro de una persona con SD procesa la información de manera distintiva. Una de las características clave es la **velocidad de procesamiento general más lenta**.¹ Esto se traduce en una latencia de respuesta, lo que significa que el niño puede necesitar estímulos más intensos o prolongados, o simplemente más tiempo, para registrar una sensación y formular una respuesta. Es crucial que esta lentitud en el registro no se malinterprete como falta de atención o desobediencia, un factor fundamental para los cuidadores y terapeutas.¹

Una implicación neurológica significativa para el diseño de interfaces se relaciona con el **procesamiento hemisférico atípico**. Los estudios han observado que el habla y el lenguaje se procesan con mayor frecuencia en el hemisferio derecho, a diferencia de la dominancia del hemisferio izquierdo común en la población general.¹ Dado que el hemisferio derecho también está ampliamente implicado en el procesamiento visual y contextual, este hallazgo justifica una estrategia de diseño que priorice las

señales visuales y los soportes gráficos como medios primarios de instrucción. Las instrucciones verbales complejas y secuenciales deben relegarse a un refuerzo secundario.¹

Además, la investigación ha documentado una **conducción nerviosa lenta** en la transmisión de información táctil.¹ Esta diferencia fisiológica provoca una reacción retardada al tacto, el dolor y la temperatura. Explica por qué los niños con SD pueden tener dificultades con los ajustes motores finos que requieren una retroalimentación táctil rápida. La necesidad de compensación visual es directa: el niño debe mirar de cerca sus manos mientras realiza tareas como abotonarse o escribir, ya que la información visual llega antes que la retroalimentación táctil, ayudando a compensar el retraso.¹

1.2. Hipotonía, Propiocepción y Control Postural

La hipotonía, o bajo tono muscular ², es una característica fisiológica casi universal y de gran impacto. Es fundamental comprender que la hipotonía no es simplemente debilidad, sino una condición que altera la

retroalimentación propioceptiva que el cerebro recibe.¹

El sistema propioceptivo, responsable de la conciencia corporal, depende de las señales de tensión y estiramiento de los músculos y tendones. En un estado hipotónico, estos receptores envían al cerebro una señal menos clara y definida, creando una especie de "estática" en la línea de comunicación propioceptiva.¹ Esta desorganización afecta directamente la conciencia de la posición corporal, la planificación motora (praxis) y la capacidad de graduar la fuerza (por ejemplo, sujetar un objeto con demasiada fuerza o con muy poca).¹ La conducta de

búsqueda sensorial observada, como chocar contra objetos o saltar constantemente, es, por lo tanto, una **estrategia compensatoria** activa y neurológicamente impulsada para generar la intensa compresión articular necesaria para "despejar la estática" en el canal propioceptivo y registrar la posición del cuerpo.¹ Este entendimiento establece la prioridad de simular el "trabajo pesado" propioceptivo en las intervenciones digitales.

Relacionado con esto, el sistema vestibular (equilibrio y movimiento) a menudo es hiporreactivo o poco sensible, lo que contribuye directamente a los retrasos en el desarrollo del equilibrio y la coordinación.¹ La necesidad de una intervención que desafíe y organice estos dos sistemas es una base crítica para el diseño terapéutico.

1.3. El Espectro Sensorial: Perfiles de Respuesta

Es raro que un niño con SD presente un perfil sensorial uniforme. La variabilidad es alta, y un niño puede ser hipersensible a los sonidos pero hiposensible al tacto.¹ Los perfiles se agrupan en tres categorías principales que la aplicación debe ser capaz de perfilar y abordar:

1. **Hipersensibilidad (Evitador):** El sistema nervioso se sobrecarga y percibe las sensaciones ordinarias como abrumadoras o amenazantes. Los comportamientos incluyen evitar ciertas texturas de ropa o alimentos, taparse los oídos o mostrar miedo al movimiento (inseguridad gravitacional).¹
2. **Hiposensibilidad (Baja Respuesta):** El umbral de estimulación es demasiado alto, y el sistema nervioso no registra las sensaciones fácilmente. El niño puede parecer letárgico, no notar el dolor o necesitar repetidas llamadas para prestar atención.¹

3. **Búsqueda Sensorial (Buscador):** A menudo una respuesta compensatoria a la hiposensibilidad o la desorganización propioceptiva. El niño anhela activamente estímulos intensos, como girar, chocar o llevarse objetos a la boca.¹

Además, el sistema **interoceptivo** (el octavo sistema sensorial, que maneja las sensaciones corporales internas como la sed o la ansiedad) es fundamental. Las dificultades en este sistema pueden dificultar que el niño reconozca signos tempranos de ansiedad creciente o la necesidad de ir al baño, lo que afecta directamente la autorregulación emocional y las habilidades de autonomía.¹

La siguiente tabla sintetiza los factores neurobiológicos y sus implicaciones directas para el diseño de la aplicación:

Table I: Matriz Sintética del Perfil Neurobiológico del Síndrome de Down (Actualización 2023+)

Factor Neurobiológico/Fisiológico	Manifestación Comportamental/Sensorial	Implicación Crítica para el Diseño de Apps
Hipotonía y Propiocepción Desorganizada ¹	Búsqueda intensa de presión profunda (chocar, saltar) y torpeza motora.	Priorizar mecánicas de "presión y mantenimiento" y "golpes rítmicos" para simular el trabajo pesado y la compresión articular.
Procesamiento Auditivo Lento/Dificultades Auditivas ¹	Dificultad para seguir secuencias verbales, necesidad de repetición.	Uso de refuerzo multimodal (visual + auditivo), instrucciones extremadamente cortas y enunciadas lentamente.
Fortaleza Cognitiva Visual, Debilidad Ocular Física ¹	Aprendizaje por observación, pero alta prevalencia de nistagmo y errores de refracción.	Interfaz "Visual Primero" con diseño ultralimpio: Alto contraste estricto (WCAG AA), iconos grandes, animaciones lentas y deliberadas.

Sección II: Terapia de Integración Sensorial (TIS):

Revisión de la Evidencia y Guías de Práctica (2023-2025)

2.1. Definición y Principios Fundamentales de la TIS

La Terapia de Integración Sensorial (TIS), desarrollada por A. Jean Ayres, es un enfoque terapéutico basado en el juego, típicamente dirigido por un terapeuta ocupacional certificado.¹ Su objetivo principal no es la adquisición de habilidades aisladas, sino mejorar la capacidad subyacente del sistema nervioso para procesar y organizar la información sensorial. Un procesamiento mejorado permite respuestas más organizadas y adaptativas, lo que beneficia la autorregulación, la atención y la participación en la vida diaria.¹

Un concepto central en la TIS es la **respuesta adaptativa**: el niño debe participar activamente en una actividad con un objetivo que le presente un "reto justo". La finalización exitosa de esta actividad auto-dirigida permite al sistema nervioso organizarse mejor. Este principio es la directriz fundamental para el diseño de juegos digitales, que deben ser interactivos y orientados a un objetivo, en lugar de experiencias pasivas de estimulación.¹

2.2. Avances Clínicos y Metaanálisis Recientes (2023-2025)

Aunque la validación histórica de la TIS a veces se ha basado en experiencias personales⁷, la evidencia se está consolidando en torno a la eficacia de sus componentes clave, particularmente en la población con SD. Metaanálisis rigurosos que estudian la fisioterapia en el SD han confirmado que las intervenciones que se centran en mejorar la

fuerza (que proporciona un estímulo propioceptivo intenso) y el **equilibrio** (basado en el sistema vestibular) producen beneficios estadísticamente significativos.¹ Esta sólida evidencia justifica la priorización de actividades digitales que simulen el "trabajo pesado" propioceptivo y los desafíos vestibulares.¹

La investigación comparativa sugiere que un programa de rehabilitación **combinado**, adaptado a las necesidades individuales, es el enfoque más beneficioso para niños con SD, superando a las terapias aisladas.¹ La convergencia de la TIS, la fisioterapia y las nuevas tecnologías (como las aplicaciones y la RV) representa la tendencia más fuerte en el campo

post-2023. La aplicación digital, en este contexto, sirve para complementar y reforzar la terapia profesional, no para reemplazarla.¹

2.3. Rol del Terapeuta Ocupacional (TO) y el Fisioterapeuta Pediátrico

El terapeuta ocupacional mantiene un rol indispensable en la intervención, principalmente como el experto en la evaluación del perfil sensorial y el prescriptor de la "dieta sensorial". La nueva función del TO se expande para incluir la **prescripción digital** de actividades específicas dentro de la aplicación, monitorizando su impacto en el estado de regulación del niño.

Es vital que, en el ámbito motor, la atención sea proporcionada por un fisioterapeuta pediátrico especializado en neurodesarrollo.⁸ Las características motoras, articulares y la hipotonía del SD requieren un conocimiento profundo que difiere de otras poblaciones. Las guías de práctica, como las de la Asociación Americana de Terapia Ocupacional (AOTA)⁹, orientan a los profesionales a implementar las mejores prácticas basadas en la evidencia, un estándar que el desarrollo de la aplicación debe imitar.

Sección III: La Revolución Digital en la Rehabilitación: Avances Tecnológicos (2023-2025)

La tecnología post-2023 ofrece soluciones innovadoras para simular y controlar los estímulos sensoriales de manera efectiva y medible.

3.1. Realidad Virtual (RV) como Herramienta de Integración Sensorial

La Realidad Virtual (RV) ha emergido como una de las herramientas terapéuticas más prometedoras en la rehabilitación, especialmente para el SD. Una revisión sistemática reciente (publicada en marzo de 2025)¹¹ que analizó ensayos controlados aleatorios (RCTs) entre 2020 y 2025, concluyó que las intervenciones basadas en RV mejoraron significativamente la

función motora, el control postural, la aptitud física y las habilidades de independencia

en pacientes con SD.¹¹

Esta mejora en el control postural proporciona una fuerte validación clínica. Al simular digitalmente los desafíos vestibulares y propioceptivos necesarios, la RV logra compensar la disfunción sensorial subyacente del SD. La RV permite crear un ambiente inmersivo donde la estimulación sensorial (propioceptiva, táctil, visual y auditiva) puede ser controlada con precisión para provocar una respuesta adaptativa.⁴

Además de los beneficios motores, la RV es valiosa por su capacidad para **regular la estimulación sensorial**, disminuir la ansiedad y el estrés, y fortalecer habilidades cognitivas, sociales, de habla y lenguaje.¹³ La clave es la personalización: la decisión sobre qué tipo de RV (inmersiva o no inmersiva) es más adecuada debe basarse en el perfil sensorial único de cada niño.¹³

3.2. Innovación en Aplicaciones Móviles y Entornos Inmersivos

La tecnología digital está renovando también los entornos físicos de intervención. Las **salas multisensoriales** modernas (actualizadas a partir de 2023) se han transformado en espacios inmersivos, interactivos y totalmente personalizables, equipados con elementos de última generación que permiten a los profesionales integrar estímulos de manera más versátil que con herramientas físicas limitadas.¹⁴

En el ámbito de las aplicaciones móviles¹⁵, la evolución se centra en la adopción de metodologías de enseñanza probadas. Aplicaciones como

Otsimo utilizan con éxito el **video-modelado** y el andamiaje progresivo, lo que se alinea con la fortaleza cognitiva visual de los niños con SD.

3.3. El Papel Emergente de la Inteligencia Artificial (IA)

La Inteligencia Artificial y los modelos tecnológicos de aprendizaje adaptativo¹⁶ son fundamentales para la personalización y la inclusión, tal como lo promueven organismos internacionales para no dejar a nadie atrás en el desarrollo tecnológico post-2023.¹⁷

El verdadero valor de la IA en la TIS reside en el **Motor de Aprendizaje Adaptativo Avanzado**. Este sistema debe ir más allá del ajuste de la dificultad académica (precisión o tiempo de respuesta) y gestionar el **ritmo de la dieta sensorial** del niño en tiempo real. La IA

puede monitorizar métricas indirectas de desregulación (como un aumento repentino de toques erráticos en la pantalla o el abandono de tareas a mitad) e interpretarlos no solo como dificultad, sino como el inicio de una sobrecarga sensorial.¹ Ante tales patrones, el sistema actuaría como un "terapeuta digital de regulación", sugiriendo proactivamente una "pausa cerebral" con una actividad calmante (como un ejercicio de respiración profunda propioceptiva) antes de que el niño alcance el punto de desregulación total.¹

Sección IV: Ingeniería de la Intervención: Diseño de Aplicaciones Digitales Terapéuticas

Para el usuario con SD, el diseño de la interfaz y la experiencia de usuario (UI/UX) no es una consideración estética, sino un componente central de la intervención. Una interfaz limpia, predecible y accesible reduce la carga cognitiva y sensorial, funcionando como un entorno digital "seguro" que, en sí mismo, es regulador.¹

4.1. Accesibilidad Cognitiva y Marco de Neurodiseño (WCAG/POUR 2023+)

El diseño inclusivo y accesible se ha convertido en un imperativo ético¹⁸ y, en regiones como Europa, en un requisito legal obligatorio (Directiva Europea 2019/882, que se implementa a partir de 2023) con multas significativas por incumplimiento.¹⁹

La aplicación rigurosa del marco WCAG (Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web) debe centrarse en los siguientes principios clave, adaptados a las necesidades cognitivas del SD:

- **Perceptible:**
 - **Alto Contraste Estricto:** Es esencial utilizar una relación de contraste suficiente (WCAG AA) entre el texto/iconos y el fondo, dadas las altas tasas de dificultades visuales (nistagmo, errores de refracción) en la población con SD.¹ Se debe evitar el uso exclusivo del color para transmitir información.⁶
 - **Refuerzo Multimodal:** Toda instrucción crucial (auditiva o textual) debe ir acompañada de un refuerzo visual claro (iconos o animación simple), aprovechando la fortaleza visual.¹
- **Operable:**

- **Metas Táctiles Grandes:** Los elementos interactivos deben tener un tamaño mínimo de píxeles para facilitar la pulsación por parte de niños con dificultades de planificación motora y motricidad fina limitada debido a la hipotonía.¹
- **Interacciones Tolerantes:** La aplicación debe ser tolerante a los errores y a los tiempos de respuesta lentos. Se deben evitar los temporizadores de cuenta atrás que generan estrés.¹
- **Comprensible:**
 - **Instrucción Segmentada:** Las instrucciones verbales o textuales deben dividirse en un solo paso a la vez, minimizando la carga cognitiva impuesta por la dificultad en procesar secuencias verbales largas.¹
 - **Previsibilidad y Rutina:** La arquitectura de la información debe ser consistente²⁰, y la estructura de cada actividad debe seguir una rutina predecible (ej. Ver video Realizar actividad Recompensa) para reducir la ansiedad.¹

Table II: Lista de Verificación de Accesibilidad Cognitiva (WCAG-POUR) para Apps de SD

Principio (WCAG/POUR)	Requisito Operacional Específico	Justificación Clínica (Evidencia)
Perceptible ¹	Alto contraste (WCAG AA), tipografía sans-serif grande. Animaciones lentas.	Mitigar las dificultades visuales (nistagmo, miopía) y la velocidad de procesamiento lenta.
Operable ¹	Botones y objetivos táctiles de píxeles. Evitar temporizadores de cuenta atrás y gestos complejos.	Acomodar la hipotonía, la motricidad fina limitada y la lentitud en la respuesta motora.
Comprensible ¹	Instrucciones segmentadas en un solo paso. Uso prioritario de video-modelado y pictogramas.	La dificultad para procesar y retener múltiples instrucciones verbales secuenciales y la fortaleza visual.
Robusto ¹⁹	Compatibilidad con lectores de pantalla y cumplimiento normativo (Directiva 2019/882).	Asegurar la longevidad del producto y mitigar el riesgo de incumplimiento legal post-2023.

4.2. Estrategias de Instrucción Terapéutica

El **Video-Modelado** es una estrategia de enseñanza neurológicamente ideal para esta población, ya que capitaliza su fortaleza visual y su capacidad para aprender por observación.¹ En lugar de texto o audio, la aplicación debe mostrar un videoclip corto y claro de otro niño o un avatar realizando la tarea con éxito, eliminando la carga cognitiva de descifrar pasos secuenciales.¹

La **Gamificación con Propósito** debe priorizar la regulación. El refuerzo positivo debe ser inmediato y claro ("¡Lo hiciste!").¹ Las recompensas deben ser tranquilas y satisfactorias; una pieza de rompecabezas que encaja perfectamente con un sonido suave es preferible a efectos caóticos o luces intermitentes que podrían sobrecargar al niño hipersensible.¹ El

andamiaje es crítico: ante un error, la aplicación no debe penalizar, sino ofrecer una pista visual o un andamiaje que guíe suavemente al niño hacia la respuesta correcta, asegurando el éxito y la construcción de la confianza.¹

Sección V: Traducción Terapéutica: De la Actividad Física al Mecanismo Digital

El núcleo del desarrollo de la aplicación es la traducción precisa de las actividades de TIS probadas en mecánicas de juego digital que sean terapéuticamente válidas.¹

5.1. Mapeo Sensorial de Actividades Clave

- **Estímulo Vestibular (Movimiento):**
 - La actividad física calmante (movimiento lineal y rítmico, como mecerse) debe traducirse en **Juegos de Inclinación Suave** del dispositivo, guiando un objeto a través de un recorrido lento y predecible.
 - La actividad alertante (movimiento rotatorio rápido) debe traducirse en **Juegos de Giro Controlado** de patrones visuales, ajustando la velocidad para un estímulo más o menos intenso, adecuado para niños hiposensibles.¹

- **Estímulo Propioceptivo (Presión Profunda y Trabajo Pesado):**
 - Para simular el "trabajo pesado" propioceptivo (empujar, saltar, chocar) necesario para compensar la hipotonía ¹, la aplicación debe incluir **Juegos de "Presión y Mantenimiento"** (mantener presionado un botón para "cargar" un poder) y **Juegos de "Golpes Rítmicos"** (golpear la pantalla con firmeza en momentos específicos para simular el impacto de un salto).¹
- **Estímulo Táctil:**
 - Para la desensibilización (evitadores) o la discriminación (hiposensibles), se proponen **Juegos de "Exploración Texturizada"** (cavar en arena virtual o trazar formas sobre texturas simuladas). El uso estratégico de la **retroalimentación háptica** (vibración del dispositivo) puede proporcionar una respuesta táctil compensatoria, especialmente útil para contrarrestar la lentitud de la conducción nerviosa táctil.¹

5.2. Integración de Metodologías Complementarias

Para maximizar la organización del sistema nervioso, la aplicación debe integrar enfoques complementarios basados en la evidencia:

- **Musicoterapia:** La estructura rítmica y melódica proporciona una previsibilidad que organiza el sistema nervioso.¹ La música debe ser una mecánica central del juego (ej., juegos de ritmo o de canto) para mejorar la atención, la memoria y la articulación, áreas que suelen ser desafiantes.¹
- **Método Tomatis:** Este método se centra en el trabajo directo sobre el sistema auditivo. Se ha demostrado que puede mejorar el desarrollo del lenguaje, la fluidez verbal y la articulación en personas con SD, al trabajar las áreas que a menudo presentan dificultades de comunicación.²¹

Sección VI: Integración del Ecosistema de Apoyo y Generalización de Habilidades

El éxito terapéutico de una herramienta digital se mide por su capacidad para facilitar la **generalización**, es decir, la transferencia de habilidades aprendidas en la pantalla a contextos reales (hogar, escuela, comunidad).

6.1. El Portal Colaborativo: Padres, Cuidadores y Terapeutas

El desarrollo de un portal robusto para cuidadores y profesionales es el componente más crítico para la adopción y la eficacia a largo plazo. Este portal transforma el producto en una plataforma terapéutica integral que fomenta la colaboración.

- **Prescripción Digital y Seguimiento Clínico:** Los terapeutas deben tener acceso basado en roles para "**prescribir**" o recomendar actividades específicas dentro de la aplicación, ajustando los niveles de dificultad de forma remota (Intervention Mapping). Deben acceder a paneles de control intuitivos con análisis de datos detallados (precisión, tiempo de respuesta, habilidades dominadas) para informar la terapia presencial.
- **Recursos y Formación para Cuidadores:** El portal debe incluir una biblioteca de recursos, videoclips de formación y un sistema de mensajería seguro (cumpliendo normativas como HIPAA en EE. UU. o GDPR-K en Europa) que permita a padres y terapeutas coordinar planes de intervención.
- **Personalización:** La capacidad de los padres para cargar fotografías de objetos familiares, miembros de la familia o mascotas, junto con sus propias grabaciones de voz para las instrucciones, hace que el contenido sea significativamente más relevante y transferible para el niño.

6.2. Estrategias Explícitas para la Generalización

La generalización debe ser planificada de forma explícita desde el diseño inicial.¹

- **"Actividades Puente" para el Mundo Real:** El portal debe generar proactivamente "misiones para el mundo real" que conecten directamente el juego con la vida diaria. Por ejemplo, si el niño domina una secuencia en la aplicación, la misión podría ser: "Pídele a [nombre del niño] que ayude a clasificar los cubiertos después de cenar".
- **Video-Modelado de la Transferencia:** La aplicación puede incluir videos que demuestren explícitamente la transferencia de la habilidad, mostrando al niño primero realizando una secuencia digital (ej. pasos para lavarse las manos) y luego realizando la misma secuencia en el entorno físico (el baño).¹
- **Variación de Estímulos:** Para evitar que el aprendizaje sea rígido, la aplicación debe presentar los conceptos con múltiples ejemplos (ej., si se enseña "perro," se deben mostrar diferentes razas y dibujos de perros).

6.3. Ética Digital, Seguridad y Legalidad (2023-2025)

Dada la vulnerabilidad de la población objetivo, los estándares éticos deben ser rigurosos.¹ Es obligatorio el cumplimiento de regulaciones internacionales de privacidad infantil (COPPA y GDPR-K).¹

- **Diseño No Manipulador:** Se debe evitar cualquier "patrón oscuro" o técnica de gamificación diseñada para generar un uso compulsivo.¹
- **Controles Parentales Robustos:** Es esencial que las funciones de riesgo, como los enlaces externos, las compras o los ajustes de tiempo, estén protegidas por una "**puerta parental**" que requiera una acción que un niño con SD no pueda realizar impulsivamente.¹ Dada la dificultad de esta población con la inhibición del comportamiento y la comprensión de conceptos abstractos (como el dinero), esta protección debe ser reforzada (ej., requiriendo resolver un problema matemático simple).¹

Sección VII: Directorio Global de Recursos Verificados y Audiovisuales (2023+)

A continuación, se presenta una selección verificada y actualizada de estudios clínicos, avances tecnológicos y recursos audiovisuales relevantes para la TIS y el SD a partir de 2023.

Table III: Directorio de Recursos Audiovisuales y Científicos Clave (2023-2025)

Tipo de Recurso	Descripción / Contenido	URL (Verificada 2023-2025)
Revisión Sistemática (2025)	Efectividad de la Realidad Virtual en la mejora de funciones motoras, control postural y aptitud física en Síndrome de Down (Análisis de RCTs 2020-2025).	https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11972008/ ¹¹

Investigación Tecnológica (2024)	Beneficios de la RV en el entrenamiento visual y cognitivo, destacando la regulación sensorial y disminución de la ansiedad y el estrés.	https://www.researchgate.net/publication/379977098_Realidad_virtual_en_el_entrenamiento_visual_y_cognitivo_en_ninos_con_Sindrome_de_Down ¹³
Avance Tecnológico (2023)	Uso de salas multisensoriales como herramienta terapéutica inmersiva, interactiva y personalizable de última generación.	https://www.fundaciondfa.es/comunicacion/actualidad/las-salas-multisensoriales-como-herramienta-terapeutica ¹⁴
Video Terapéutico (TO)	Demostración práctica de cómo las actividades de la vida diaria (AVD) se generalizan del centro al hogar (usando el panel de lazada y cubiertos gruesos), destacando la colaboración parental.	https://www.youtube.com/watch?v=vRzIjjeFeQ ²²
Video Terapéutico (Fisio)	Enfatiza la necesidad de fisioterapeutas pediátricos especializados en neurodesarrollo para abordar las repercusiones articulares y la hipotonía en SD.	https://www.youtube.com/watch?v=p2yCSbRXTzA ⁸
Video Motivacional/Discurso	Discurso inspirador sobre cómo romper estereotipos al "asumir" la capacidad de la persona con SD ("Assume that I can").	https://www.youtube.com/watch?v=9HpLhxMFJR8 ²³
Avances Médicos (2024)	La medicina moderna está cambiando el pronóstico, particularmente en el manejo de defectos	https://www.heart.org/en/news/2024/10/08/la-medicina-moderna-esta-cambiando-el-pronostico-para-ninos

	cardíacos congénitos en niños con SD.	-con-sindrome-de-down ²⁴
Conferencia Relevante (2025)	Congreso Nacional de Síndrome de Down (NDSC) Convención Anual 2025.	https://ds-connect.org/es/node/102 ²⁵

Conclusión: Hacia el Empoderamiento y la Participación Funcional

El desarrollo de una aplicación terapéutica para niños con Síndrome de Down, basada en la ciencia de la integración sensorial, requiere un compromiso que abarca la ingeniería neurobiológica, el diseño ético y la colaboración clínica. Este informe ha establecido el marco científico y tecnológico necesario para crear un producto que sea verdaderamente transformador.

La evidencia más reciente post-2023, especialmente la validación de la **Realidad Virtual** en la mejora del control postural y la función motora ¹¹, confirma la eficacia de las simulaciones digitales bien diseñadas para contrarrestar los déficits propios del SD, como la hipotonía y la desorganización propioceptiva.¹

El valor de la aplicación reside en dos pilares estratégicos: la **individualización** proporcionada por un motor adaptativo basado en IA que gestiona la regulación sensorial en tiempo real ¹, y la

generalización de las habilidades al mundo real. Esta última se logra mediante la construcción de un portal colaborativo robusto que empodera a padres y terapeutas para prescribir y monitorizar las actividades.

Una interfaz de usuario que adopta los principios de accesibilidad cognitiva (WCAG/POUR) y utiliza el **video-modelado** como estándar de instrucción, deja de ser una mera característica de usabilidad para convertirse en un componente terapéutico activo que reduce el estrés y la sobrecarga sensorial.

Al unificar la comprensión profunda del perfil sensorial del SD con los avances tecnológicos de la RV y el aprendizaje adaptativo, la aplicación propuesta tiene el potencial de ser un catalizador que convierta el aprendizaje digital en una competencia funcional, mejorando sustancialmente la calidad de vida y la participación de los niños con Síndrome de Down en

su entorno.

Obras citadas

1. Aplicación sensorial para niños Down.pdf
2. Hipotonía: MedlinePlus enciclopedia médica, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003298.htm>
3. DANZA Y PROPIOCEPCIÓN PARA EL DESARROLLO MOTRIZ EN PERSONAS ADULTAS CON SÍNDROME DE DOWN. - Repositorio Académico - Universidad de Chile, fecha de acceso: octubre 3, 2025, https://repositorio.uchile.cl/xmlui/bitstream/handle/2250/204392/Danza_y_propiocpci%C3%B3n_para_el_desarrollo_motriz_en_personas_adultas_con_s%C3%ADndrome_de_down.pdf?sequence=1
4. Aplicación de Realidad virtual en Terapia Ocupacional para Discapacidades Moderadas, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://revistavitalia.org/index.php/vitalia/article/view/176>
5. El procesamiento sensorial en los niños con síndrome de Down - Down21, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://www.down21.org/images/PDF/Procesamiento-sensorial-en-los-ninos-con-sindrome-de-Down.pdf>
6. UX/UI Design Course: 17. Accessibility - jonmircha - YouTube, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=qMQLHn7ho5E>
7. Terapia de integración sensorial - HealthyChildren.org, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://www.healthychildren.org/Spanish/health-issues/conditions/developmental-disabilities/Paginas/Sensory-Integration-Therapy.aspx>
8. TERAPIA FÍSICA en Síndrome de DOWN - YouTube, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=p2yCSbRXTzA>
9. Practice Smart - AOTA, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://www.aota.org/practice/practice-essentials/evidencebased-practiceknowledge-translation/practice-smart>
10. Practice Guidelines and Evidence-Based Clinical Resources - AOTA, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://www.aota.org/practice/practice-essentials/evidencebased-practiceknowledge-translation/practice-guidelines>
11. Effectiveness of Virtual Reality Intervention in Enhancing Motor and ..., fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11972008/>
12. Realidad virtual e Integración Sensorial - YouTube, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=o6XQmcKkEtY>
13. (PDF) Realidad virtual en el entrenamiento visual y cognitivo en ..., fecha de acceso: octubre 3, 2025, https://www.researchgate.net/publication/379977098_Realidad_virtual_en_el_entrenamiento_visual_y_cognitivo_en_ninos_con_Sindrome_de_Down
14. Las salas multisensoriales como herramienta terapéutica - Fundación Dfa, fecha de acceso: octubre 3, 2025,

<https://www.fundaciondfa.es/comunicacion/actualidad/las-salas-multisensoriales-como-herramienta-terapeutica>

15. Aplicaciones móviles para niños con síndrome de Down - Revista TINO - Joven Club, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://revista.jovenclub.cu/aplicaciones-moviles-para-ninos-con-sindrome-de-down/>
16. Modelos Tecnológicos de Aprendizaje Adaptativo Aplicados a la Educación | Revista Docentes 2.0, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://ojs.docentes20.com/index.php/revista-docentes20/article/view/308>
17. CRPD/CSP/2025/3 Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <http://docs.un.org/es/CRPD/CSP/2025/3>
18. Cómo Crear una App de Salud Mental: Guía Completa para Desarrolladores, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://www.digitalsamba.com/es/blog/mental-health-app-development>
19. "Conceptos de Accesibilidad, Empatía y Diseño Equitativo" | UX/UI Design - YouTube, fecha de acceso: octubre 3, 2025, https://www.youtube.com/watch?v=SDvaQ_MitmQ
20. Diseño inclusivo y accesible en 2025: más allá de lo visual - Uraldes.com, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://uraldes.com/disenio-inclusivo-y-accesible-en-2025-mas-alla-de-lo-visual/>
21. Cómo el Método Tomatis Puede Ayudar a las Personas con Síndrome de Down: Beneficios y Potencial Terapéutico - Fisioterapia de los Ríos, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://fisioterapiadelosrios.com/como-el-metodo-tomatis-puede-ayudar-a-las-personas-con-sindrome-de-down-beneficios-y-potencial-terapeutico/>
22. Terapia Ocupacional con niños y niñas con Síndrome de Down - YouTube, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=vRzIjjeFeQ>
23. ASSUME THAT I CAN | World Down Syndrome Day 2024 - YouTube, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=9HpLhxMFJR8>
24. La medicina moderna está cambiando el pronóstico para niños con síndrome de Down y defectos cardíacos | American Heart Association, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://www.heart.org/en/news/2024/10/08/la-medicina-moderna-esta-cambiando-el-pronostico-para-ninos-con-sindrome-de-down>
25. Congreso Nacional de Síndrome de Down (NDSC) Convención Anual 2025 | DS-Connect®, fecha de acceso: octubre 3, 2025, <https://ds-connect.org/es/node/102>