

Tecnologías pasivas y personalizadas de bipedestación: análisis bibliométrico de su desarrollo global en busca de aportes desde América Latina

Passive and customized standing technologies: a bibliometric analysis of their global development and contributions from Latin America

MSc. Harold Alberto Rodríguez Arias¹, PhD. Julio Cesar Rodríguez Ribón²

¹ Universidad Tecnológica de Bolívar, Programa de Ingeniería Mecatrónica, Cartagena, Bolívar, Colombia.

² Universidad de Cartagena, Facultad, Departamento de Ingeniería de Sistemas, Cartagena, Bolívar, Colombia.

Correspondencia: harias@utb.edu.co

Recibido: 24 enero 2025. Aceptado: 21 junio 2025. Publicado: 01 julio 2025.

Cómo citar: H. A. Rodríguez Arias y J. C. Rodríguez Ribón, «Tecnologías pasivas y personalizadas de bipedestación: análisis bibliométrico de su desarrollo global en busca de aportes desde América Latina», RCTA, vol. 2, n.º 46, pp. 22–31, jul. 2025. Recuperado de <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcta/article/view/3783>

Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.



Resumen: Este artículo presenta un análisis bibliométrico del desarrollo científico relacionado con tecnologías pasivas y personalizadas de bipedestación, con énfasis en su evolución global y la ausencia de contribuciones desde América Latina, a partir de la revisión de 435 artículos indexados en Scopus, IEEE Xplore y Google Scholar (2010–2025), se aplicaron filtros temáticos, geográficos y de personalización antropométrica. Los resultados evidencian una producción altamente concentrada en Asia y Europa, liderada por la Universidad de Tsukuba y la EPFL, y una marcada ausencia de enfoques integradores entre diseño técnico y adaptación al usuario, no se identificaron artículos latinoamericanos ni estudios que combinen simultáneamente los criterios analizados, por lo que se concluye la necesidad de impulsar una agenda científica regional que promueva tecnologías asistivas accesibles, personalizadas y contextualizadas, respondiendo a las necesidades ergonómicas y sociales propias de la región.

Palabras clave: bipedestación pasiva, personalización antropométrica, tecnologías asistivas, análisis bibliométrico, América Latina.

Abstract: This article presents a bibliometric analysis of the scientific landscape surrounding passive and anthropometrically personalized standing technologies, with a focus on their global evolution and the notable lack of contributions from Latin America. Based on a systematic review of 435 peer-reviewed articles indexed in Scopus, IEEE Xplore, and Google Scholar between 2010 and 2025, the study applied thematic, geographic, and anthropometric customization filters. Findings indicate a highly concentrated body of research in Asia and Europe, with leading contributions from the University of Tsukuba and EPFL. Moreover, the analysis reveals a persistent gap in integrative approaches that bridge technical design with user-specific adaptation. No Latin American publications met the combined inclusion criteria, highlighting the urgent need to establish a regional research agenda aimed at developing accessible, user-tailored, and

contextually relevant assistive standing technologies that address the region's specific ergonomic and socio-cultural demands.

Keywords: passive standing, anthropometric personalization, assistive technologies, bibliometric analysis, Latin America.

1. INTRODUCCIÓN

La bipedestación es una capacidad esencial que influye directamente en la autonomía, la calidad de vida y la inclusión social de las personas, para individuos con discapacidad motora, en particular usuarios de silla de ruedas, los dispositivos de asistencia para la transición de sentado a de pie representan un apoyo fundamental [1], [2]. Aunque el desarrollo de exoesqueletos motorizados ha avanzado significativamente a nivel mundial [3], su alto costo, complejidad tecnológica y limitaciones de acceso restringen su adopción en regiones como América Latina [4], [5].

Frente a este panorama, los mecanismos pasivos de bipedestación se presentan como alternativas viables por su simplicidad estructural, bajo costo de fabricación y facilidad de mantenimiento [2], no obstante, su eficacia depende de un diseño ergonómico que considere las características antropométricas individuales del usuario. En América Latina, donde los recursos destinados a tecnologías de asistencia son limitados, el desarrollo de dispositivos pasivos personalizados podría representar una estrategia clave para mejorar el acceso a soluciones de movilidad [1], [3].

Actualmente, el grado de investigación en torno a mecanismos pasivos de bipedestación en el contexto latinoamericano es poco conocido, la falta de estudios que integren tanto la perspectiva tecnológica como las particularidades antropométricas locales plantea una brecha importante en el campo de la rehabilitación asistida [6], [7], [8].

El presente artículo tiene como objetivo analizar el estado actual de la investigación sobre mecanismos pasivos de bipedestación mediante un estudio bibliométrico en bases de datos especializadas, identificar las principales tendencias y evidenciar las oportunidades de innovación tecnológica en América Latina, destacando la necesidad de enfoques personalizados y accesibles para el diseño de estos dispositivos [9], [10], [11].

2. METODOLOGÍA

Este estudio adopta un enfoque bibliométrico exploratorio con el objetivo de caracterizar el estado actual de la investigación en mecanismos pasivos de bipedestación [12], este enfoque se enmarca dentro de los principios de los estudios de métodos mixtos, que permiten integrar datos cuantitativos y cualitativos para una comprensión más robusta del fenómeno investigado, [13] así como identificar oportunidades de desarrollo tecnológico en el contexto latinoamericano, se analizó la producción científica global relacionada con dispositivos pasivos, personalización antropométrica y tecnologías de asistencia aplicadas a la transición de sentado a bipedestación.

2.1. Fuentes de información

Para garantizar una cobertura amplia y diversa de la literatura disponible, se seleccionaron tres bases de datos con características complementarias:

- **Scopus:** por su carácter interdisciplinario y su alta cobertura en revistas científicas indexadas de alto impacto [14], [15], particularmente en ingeniería, salud y tecnología.
- **IEEE Xplore:** por su enfoque especializado en ingeniería eléctrica, robótica, biomecánica y sistemas inteligentes, incluyendo numerosos artículos sobre exoesqueletos y tecnologías de asistencia [16], [17].
- **Google Scholar:** por su utilidad en la localización de literatura gris y estudios que no siempre se encuentran en bases de datos tradicionales [18], incluyendo tesis, conferencias regionales, reportes técnicos y publicaciones en español [19].

Esta combinación permitió capturar tanto publicaciones formales de alta calidad como evidencias emergentes o no convencionales, relevantes para el contexto latinoamericano.

2.2. Estrategia de búsqueda

Se formularon ecuaciones de búsqueda utilizando operadores booleanos (AND, OR) para combinar términos clave relacionados con el objeto de estudio, estas búsquedas se realizaron entre marzo y abril de 2025, utilizando las siguientes combinaciones [20]:

- ("Passive exoskeleton" OR "passive assistive device") AND ("bipedal stance" OR "sit-to-stand")
- ("Bipedal stance" AND "anthropometry" AND "customization")
- ("Assistive technology" AND "Latin America" AND "passive mechanism")

2.3. Criterios de inclusión y exclusión

- **Criterios de inclusión:** Publicaciones que aborden mecanismos pasivos de asistencia, diseño personalizado, ergonomía, antropometría aplicada o tecnologías para bipedestación, estudios aplicados a rehabilitación, movilidad asistida o diseño de dispositivos físicos [10], [21], [22].
- **Criterios de exclusión:** Revisiones generales sobre exoesqueletos activos o tecnologías no pasivas, estudios no disponibles en texto completo o centrados exclusivamente en simulación sin relación con bipedestación [23], [24], [25].

2.4. Procesamiento y análisis de datos

Los resultados se organizaron en tablas de frecuencia y resumen temático, se clasificaron según la base de datos de origen, el número de resultados por ecuación de búsqueda, y su localización geográfica [21], [26]. Para explorar la relación entre términos clave, autores e instituciones, se utilizó la herramienta Data Analyst, un GPT destinado a la analítica de datos, generando mapas de términos y redes de coocurrencia [27], [28].

Tabla 1: Número de publicaciones encontradas por ecuación de búsqueda en cada base de datos

Ecuación de búsqueda	Scopus	IEEE Xplore	Google Scholar	Google Scholar español
("Passive exoskeleton" OR "passive assistive device") AND ("bipedal stance" OR "sit-to-stand")	9	4	412	3
("Bipedal stance" AND "anthropometry" AND "customization")	0	0	5	0
("Assistive technology" AND "Latin America" AND "passive mechanism")	0	0	2	0

Fuente: elaboración propia

("Passive exoskeleton" OR "passive assistive device") AND ("bipedal stance" OR "sit-to-stand")	9	4	412	3
("Bipedal stance" AND "anthropometry" AND "customization")	0	0	5	0
("Assistive technology" AND "Latin America" AND "passive mechanism")	0	0	2	0

La tabla 1 presenta el número de publicaciones encontradas por ecuación y por base de datos, esta visualización permite evidenciar tanto las líneas de investigación consolidadas como aquellas aún poco exploradas en la región [29].

Finalmente, se realizó una revisión cualitativa de los artículos seleccionados, con énfasis en los enfoques de personalización antropométrica, tipo de aplicación asistiva y presencia o ausencia de estudios centrados en América Latina [20], [30].

3. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

El análisis bibliométrico se basó en la integración de tres fuentes principales: Scopus, IEEE Xplore y Google Scholar [31]. Se compilaron 435 registros únicos, de los cuales se aplicaron criterios de filtrado específicos para identificar aquellos con mayor relevancia respecto a mecanismos pasivos de bipedestación, personalización antropométrica y pertinencia latinoamericana [32].

3.1. Aplicación de criterios de filtrado

A cada artículo se le aplicaron cuatro criterios evaluativos:

- **Filtro técnico (F_Tecnico):** presencia de términos como passive exoskeleton, bipedal stance, sit-to-stand, o passive assistive device [33], [34].
- **Filtro regional (F_Latam):** mención explícita a Latinoamérica o países de la región.
- **Filtro de personalización (F_Custom):** presencia de términos como customization, anthropometry o ergonomics [35], [36].

- **Filtro temporal (F_RangoAños):** publicaciones entre los años 2010 y 2025 [11], [14].

Como se observa en la Tabla 2, la mayoría de los artículos cumple con uno o dos criterios como máximo, en particular, se identificaron 211 artículos dentro del rango temporal y 45 con enfoque técnico, como por ejemplo el trabajo de Umar et al. (2022) [37] sobre el diseño de exoesqueletos para personas con paraplejia, sin embargo, ninguna de las combinaciones exploradas alcanza tres o más criterios de forma simultánea, ni siquiera el cruce entre enfoque técnico y personalización antropométrica, este hallazgo evidencia una fragmentación significativa en la literatura, donde los estudios tienden a abordar componentes aislados [31], [32], pero carecen de un enfoque integral que combine la dimensión tecnológica, el contexto geográfico y la adaptación al usuario en el desarrollo de tecnologías pasivas de bipedestación [38].

Tabla 2: Resumen de combinaciones de filtrado

F_Técnico	F_Latam	F_Custom	F_Rango Años	No. artículos
FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	143
FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	211
TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	45
TRUE	FALSE	FALSE	TRUE	31
FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	2

Fuente: elaboración propia

3.2 Evolución temporal y concentración por base de datos

La distribución de artículos relevantes por año muestra una producción constante entre 2016 y 2025, con picos en 2018 y 2022. La mayoría proviene de Scopus y Google Scholar, siendo IEEE la base con menor volumen, pero mayor precisión temática.

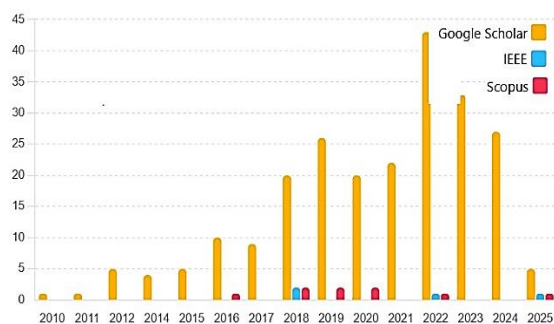


Fig. 1. Evolución anual de publicaciones relevantes (2010–2025).

La Figura 1 muestra que la producción académica sobre mecanismos pasivos de bipedestación ha sido creciente desde 2016, con picos notables en 2018 y 2022 [31]. Google Scholar concentra el mayor volumen de publicaciones, en parte por su cobertura de literatura gris, mientras que Scopus e IEEE presentan menor cantidad, pero con temáticas más alineadas al diseño y aplicación de tecnologías de asistencia [7].

3.3 Análisis por autores, instituciones y países

Los autores más recurrentes fueron Kadone H., Suzuki K. y Granados-Páez D.F., vinculados principalmente a la Universidad de Tsukuba (Japón). Otras instituciones destacadas fueron de China, Corea del Sur, Alemania y Estados Unidos [39], [40].

En la tabla 3 se observa el análisis consolidado de las instituciones que más contribuyen al desarrollo de mecanismos pasivos de bipedestación, y esta revela una concentración altamente centralizada. La Universidad de Tsukuba (Japón) lidera con diferencia, seguida por la EPFL (Suiza), ambas con líneas de investigación bien establecidas en robótica asistiva y ergonomía avanzada [35], [41]. El resto de las contribuciones proviene de instituciones asiáticas con fuerte tradición en ingeniería mecánica, principalmente de China [42]. Este panorama demuestra una hegemonía clara en la producción científica, completamente ajena al contexto latinoamericano, lo que pone en evidencia la necesidad crítica de impulsar investigaciones desde la región para desarrollar soluciones adaptadas a su realidad antropométrica, económica y social.

Tabla 3. principales instituciones

Institución	País	No paper
University of Tsukuba	Japan	8
EPFL – Swiss Federal Institute of Technology	Switzerland	2
Xi'an Jiaotong University – College of Mechanical & Electrical Engineering	China	1
Xi'an University of Science and Technology – College of Mechanical Engineering	China	1
KAIST – Korea Advanced Institute of Science and Technology (Daejeon)	South Korea	1

Fuente: elaboración propia

3.4 Análisis temático por palabras clave

Entre los términos más frecuentes destacan: *sit-to-stand*, *lower-limb exoskeleton*, *postural control*, *mobility support* y *ergonomic optimization* [11]. No se detectaron combinaciones con términos como Latin America o custom anthropometry.

La Figura 2 presenta una nube de palabras construida a partir del análisis textual de los artículos con enfoque técnico en mecanismos pasivos. Los términos más destacados —como “*stand*”, “*mobility*”, “*support*”, “*exoskeleton*”, “*ergonomic*”, y “*control*”— reflejan claramente el interés predominante por dispositivos diseñados para asistir la transición postural [43] y optimizar la movilidad en usuarios con limitaciones físicas. Estos conceptos apuntan a desarrollos centrados en el soporte estructural del cuerpo, particularmente en la región de las extremidades inferiores.

Cabe resaltar la ausencia total de términos vinculados al contexto latinoamericano o a personalización antropométrica, lo que refuerza la evidencia sobre la falta de estudios contextualizados y adaptados a la diversidad corporal y socioeconómica de dicha región [44]. Esta laguna semántica y temática señala una clara oportunidad para orientar futuras investigaciones hacia el diseño inclusivo y la localización tecnológica [45].



Fig. 2: Nube de palabras clave en artículos técnicos sobre mecanismos pasivos

3.5 Presencia latinoamericana

A pesar del volumen total de artículos revisados, no se identificó ningún estudio con:

- Afiliación institucional latinoamericana.
- Análisis morfológico basado en población local.

- Publicación en idioma español que aborde mecanismos pasivos de bipedestación.

Solo se detectaron dos trabajos periféricos en Colombia y Perú relacionados con la rehabilitación o movilidad asistida [46], pero sin relación directa con dispositivos pasivos personalizados.

Este hallazgo refuerza la conclusión sobre la brecha regional en esta línea de investigación.

4. DISCUSIÓN

4.1 Fragmentación temática y ausencia de integración

Los resultados obtenidos en el análisis bibliométrico muestran una fragmentación significativa en la literatura sobre mecanismos pasivos de bipedestación [47], aunque se identificaron 45 artículos con enfoque técnico, ninguno combinó simultáneamente este enfoque con personalización antropométrica o contexto regional, lo que indica una falta de propuestas integrales [48], el hallazgo de que solo 41 artículos se centran específicamente en la transición postural o la postura bípeda confirma que este subtema constituye el núcleo dominante, pero abordado de forma aislada y técnica, sin considerar variables ergonómicas específicas del usuario [49].

4.2 Concentración geográfica de la producción científica

El análisis institucional reveló que la producción está altamente centralizada en unos pocos nodos académicos ubicados en Asia y Europa [50], la University of Tsukuba (Japón) encabeza con holgura el número de publicaciones, seguida por la EPFL (Suiza) y algunas instituciones chinas y surcoreanas con una sola publicación [51], no se identificó ninguna institución latinoamericana con aportes relevantes al tema, resaltando una ausencia crítica en la participación regional en el desarrollo de tecnologías asistivas pasivas [52].

4.3 Vacío latinoamericano: una brecha y una oportunidad

La ausencia de instituciones, artículos o colaboraciones procedentes de América Latina pone en evidencia un vacío estructural en la generación de conocimiento en esta área, esta situación no solo limita el avance tecnológico regional, sino que también perpetúa la dependencia de soluciones importadas, las cuales no siempre responden a las

necesidades ergonómicas, antropométricas o socioeconómicas propias de los países latinoamericanos [53] o al impacto psicosocial derivado del uso de tecnologías no adaptadas [54], esta carencia representa, sin embargo, una oportunidad estratégica para establecer líneas de investigación propias, adaptadas al contexto y orientadas a la inclusión, la personalización y la sostenibilidad.

4.4 Desalineación entre tecnología y adaptación al usuario

El análisis semántico de los artículos mostró un predominio claro de términos funcionales como support, mobility, exoskeleton y ergonomic, sin presencia relevante de conceptos relacionados con personalización, custom anthropometry o contextual design, esto confirma que los desarrollos actuales priorizan la funcionalidad estructural sobre la adaptabilidad individual, limitando su aplicabilidad a poblaciones con morfologías diversas o condiciones particulares de discapacidad incluyendo riesgos clínicos prevenibles como las úlceras por presión [55], [56]. Esta desalineación representa una brecha crítica que debe ser abordada en futuras investigaciones interdisciplinarias.

4.5 Necesidad de una agenda científica regional

Ante este panorama, se plantea la urgencia de establecer una agenda de investigación latinoamericana que articule diseño técnico, personalización antropométrica y contexto sociocultural, esta agenda debería promover el desarrollo de mecanismos pasivos de bajo costo, ergonómicamente adaptables, con énfasis en la realidad de los usuarios locales [57], además, podría fomentar la colaboración entre universidades, centros de rehabilitación y sectores tecnológicos para avanzar hacia una autonomía científica y tecnológica en materia de asistencia postural.

5. CONCLUSIONES

Este estudio bibliométrico y temático ha permitido identificar de forma sistemática el estado actual de la literatura científica relacionada con los mecanismos pasivos de bipedestación, con énfasis en su integración con la personalización antropométrica y el contexto regional.

Los resultados evidencian una producción científica altamente concentrada en un pequeño grupo de instituciones, con la University of Tsukuba (Japón) como actor dominante, seguida por la EPFL (Suiza)

y centros universitarios asiáticos, en contraste, no se identificó ninguna participación de instituciones latinoamericanas, mostrando una ausencia preocupante en el desarrollo de tecnologías asistivas adaptadas a la realidad local.

Asimismo, se constató una fragmentación temática considerable: los estudios tienden a enfocarse en aspectos puramente técnicos o biomecánicos, como la transición sit-to-stand y la asistencia estructural, pero sin considerar la variabilidad antropométrica del usuario ni su entorno, la falta de propuestas que integren personalización y contexto limita la aplicabilidad real de los dispositivos desarrollados y excluye poblaciones con necesidades específicas, como las de América Latina.

Este panorama pone en evidencia la necesidad urgente de promover investigaciones interdisciplinarias y localmente relevantes, que vinculen ingeniería, ergonomía, rehabilitación y diseño centrado en el usuario, se plantea así la importancia de consolidar una agenda científica latinoamericana que aborde el diseño de mecanismos pasivos de bipedestación desde una perspectiva integral, inclusiva y sostenible.

6. CIERRE Y PROYECCIÓN FUTURA

El presente trabajo no solo revela una concentración temática y geográfica en la investigación sobre mecanismos pasivos de bipedestación, sino que también expone con claridad una brecha estructural en la participación científica latinoamericana, esta ausencia no debe ser entendida únicamente como una carencia, sino como una oportunidad estratégica para la región: la posibilidad de liderar propuestas que integren tecnología accesible, personalización antropométrica y sensibilidad contextual.

Frente a la hegemonía asiática y europea en este campo, se hace imprescindible el desarrollo de una agenda regional de investigación que articule la ingeniería biomédica con las ciencias del movimiento humano, la ergonomía y el diseño inclusivo, no solo permitiendo reducir la dependencia tecnológica externa, sino también generar soluciones pertinentes y culturalmente adaptadas a las realidades de los usuarios latinoamericanos, quienes siguen enfrentando barreras de movilidad, rehabilitación y autonomía postural.

Se invita así a investigadores, universidades y centros de salud de América Latina a ocupar este vacío con liderazgo y visión interdisciplinaria,

contribuyendo activamente a un campo de alta relevancia social, científica y tecnológica.

RECONOCIMIENTO

Se otorga un reconocimiento especial a la Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB), institución que brindó un respaldo fundamental tanto institucional como financiero, permitiendo el desarrollo y proyección internacional de esta investigación. Asimismo, se agradece a la Universidad de Cartagena, por su valioso apoyo económico y académico, que hizo posible la estancia investigativa en la Universidad de Tsukuba (Japón).

De igual forma, se extiende un profundo agradecimiento a la Universidad de Tsukuba por su generosa acogida, por facilitar el uso de sus laboratorios especializados y por proporcionar un entorno de investigación altamente colaborativo, esencial para los avances logrados en modelado, simulación y análisis de datos antropométricos.

Finalmente, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mi esposa Karen y a mi hija Manuela, quienes, a pesar de la distancia entre Colombia y Japón, brindaron un apoyo emocional incondicional durante toda la estancia investigativa, su presencia constante —aunque física y geográficamente lejana— fue un pilar fundamental en los momentos de mayor exigencia académica, más allá del acompañamiento afectivo, su amor y resiliencia inspiraron directamente la creación del módulo Humanic Kinematic Motion (HKM), concebido como una forma de traducir en tecnología el deseo de mejorar la calidad de vida de quienes enfrentan barreras físicas, con la misma determinación y sensibilidad que caracteriza el vínculo familiar.

REFERENCIAS

- [1] A. Jiménez, C. Grisales, J. S.-E. I. de, y undefined 2019, “Diseño de un sistema cerebro-máquina de miembro superior para la asistencia a la rehabilitación de personas con accidente cerebro-vascular”, *acofipapers.org*, Consultado: el 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://acofipapers.org/index.php/eiei/articel/view/277>
- [2] M. Garabini *et al.*, “A fully soft and passive assistive device to lower the metabolic cost of sit-to-stand”, *frontiersin.org*, vol. 8, ago. 2020, doi: 10.3389/FBIOE.2020.00966/FULL.
- [3] L. P. Quinto, S. B. Gonçalves, y M. T. Silva, “Design of a passive exoskeleton to support sit-to-stand movement: A 2D model for the dynamic analysis of motion”, *Springer*, vol. 22, pp. 299–303, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-01887-0_57.
- [4] A. Jimenez, A. B.-R. IngEam, y undefined 2018, “Sistemas para la ayuda en la recuperación y la rehabilitación del ACV”, *app.eam.edu.co*, 2018, Consultado: el 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://app.eam.edu.co/ojs/index.php/ingeam/article/view/219>
- [5] E. Gerber, “A Biomechanist’s Guide to Defying Gravity: An Exploration of the Physiological Link between Sensorineural Function and Postural Control”, 2022, Consultado: el 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/51e9acb790b3bb43bf66532164f8aa1b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- [6] Y. Z.-P. of the I. of Mechanical y undefined 2024, “User experience of lower extremity exoskeletons and its improvement methodologies: A narrative review”, *journals.sagepub.com*, dic. 2024, doi: 10.1177/09544119241291194.
- [7] Y. Long, Z. Cai, y H. Guo, “AES-SEA and bionic knee based lower limb exoskeleton design and LQR-Virtual tunnel control”, *Springer*, 2025, doi: 10.1007/S42235-025-00678-9.
- [8] Q. Meng *et al.*, “Flexible lower limb exoskeleton systems: A review”, *journals.sagepub.com*, vol. 50, núm. 4, pp. 367–390, 2022, doi: 10.3233/NRE-210300.
- [9] A. Francis *et al.*, “Principles and guidelines for evaluating social robot navigation algorithms”, *dl.acm.org*, vol. 14, núm. 2, pp. 1–65, jun. 2025, doi: 10.1145/3700599.
- [10] C. Marquez-Chin, N. Kapadia-Desai, y S. Kalsi-Ryan, “Brain-computer interfaces: Neurorehabilitation of voluntary movement after stroke and spinal cord injury”, 2022, Consultado: el 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=AYVyEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=\(%22Passive+exoskeleton%22+OR+%22passive+assistive+device%22\)+AND+\(%22bipedal+stance%22+OR+%22sit-to-stand%22\)&ots=sdvNab9cBl&sig=iE554u cgedZ6UqA_FFojfIENbka](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=AYVyEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=(%22Passive+exoskeleton%22+OR+%22passive+assistive+device%22)+AND+(%22bipedal+stance%22+OR+%22sit-to-stand%22)&ots=sdvNab9cBl&sig=iE554u cgedZ6UqA_FFojfIENbka)

- [11] F. Ghafouri, M. Honarvar, M. J.-I. J. of Biomedical, y undefined 2020, “An Investigation of Dynamic Behavior of a Pointed-Mass Convex-Sole Biped Walker with and without a Passive Controller”, *ijbme.org*, vol. 14, núm. 1, pp. 1–11, 2020, doi: 10.22041/IJBME.2020.111036.1506.
- [12] G. Guevara, E. Verdesoto, y N. Castro, “Metodologías De Investigación Educativa”, 2020, *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*. Consultado: el 21 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7591592>
- [13] O. Bentahar y R. Cameron, “Design and implementation of a mixed method research study in project management”, *Electronic Journal of Business Research Methods*, vol. 13, núm. 1, 2015.
- [14] M. Tymkovich *et al.*, “8th European Medical and Biological Engineering Conference: Proceedings of the EMBEC 2020, November 29–December 3, 2020 Portorož, Slovenia”, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-64610-3_14.
- [15] Elsevier, “Scopus content coverage guide”, 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0007/69451/scopus-content-coverage-guide.pdf
- [16] F. Ballen-Moreno, D. Gomez-Vargas, K. Langlois, J. Veneman, C. A. Cifuentes, y M. Múnera, “Fundamentals for the Design of Lower-Limb Exoskeletons”, *Springer*, pp. 93–120, sep. 2021, doi: 10.1007/978-3-030-79630-3_3.
- [17] I.E.E.E., “IEEE Xplore Digital Library: About.<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>”, 2025.
- [18] J. L. Ortega, “Google Scholar: El buscador académico para todos”, *El Profesional de la Información*, vol. 23, núm. 3, pp. 264–268, doi: 10.3145/epi.2014.may.13.
- [19] I. Halim *et al.*, “A Review on Ergonomics Factors Determining Working in Harmony with Exoskeletons.”, *medic.upm.edu.my*, vol. 19, núm. 6, pp. 311–327, 2023, doi: 10.47836/mjmhs.19.6.41.
- [20] D. Scherb, S. Wartzack, y J. Miehl, “Modelling the interaction between wearable assistive devices and digital human models—A systematic review”, *frontiersin.org*, vol. 10, ene. 2023, doi: 10.3389/FBIOE.2022.1044275/FULL.
- [21] F. Ballen-Moreno, ... D. G.-V.-I. H. and, y undefined 2021, “Fundamentals for the Design of Lower-Limb”, *books.google.com*, Consultado: el 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=zI5DEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA93&dq=\(%22Passive+exoskeleton%22+OR+%22passive+assistive+device%22\)+AND+\(%22bipedal+stance%22+OR+%22sit-to-stand%22\)&ots=EOWbuH8yIa&sig=RGqfPJYhXDnenTOpbADKOCZ4BQ8](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=zI5DEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA93&dq=(%22Passive+exoskeleton%22+OR+%22passive+assistive+device%22)+AND+(%22bipedal+stance%22+OR+%22sit-to-stand%22)&ots=EOWbuH8yIa&sig=RGqfPJYhXDnenTOpbADKOCZ4BQ8)
- [22] M. Gull, ; Ahsan, T. ; Bak, S. Bai, M. A. Gull, y T. Bak, “Dynamic modeling of an upper limb hybrid exoskeleton for simulations of load-lifting assistance”, *journals.sagepub.com*, vol. 236, núm. 5, pp. 2147–2160, mar. 2022, doi: 10.1177/09544062211024687.
- [23] F. Ferrari, “An EMG-triggered cooperative controller for a single-joint hybrid FES-robotic system”, 2022, Consultado: el 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/208644>
- [24] S. Chow, “Design and development of a non-powered exoskeleton device to cater to the physical needs of puppeteers”, 2022, Consultado: el 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://theses.lib.polyu.edu.hk/handle/200/12233>
- [25] C. Elisa Panero, S. Laura Gastaldi, F. Bottiglione, P. di Bari, y I. Fabrizio Billi, “Powered exoskeleton for trunk assistance in industrial tasks”, 2020, Consultado: el 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://tesidottorato.depositolegale.it/bitstream/20.500.14242/66253/1/Panero_powered_exoskeleton_for_trunk_assistance_in_industrial_tasks_final.pdf
- [26] T. Triwiyanto, W. Caesarendra, V. Abdullayev, A. A. Ahmed, y H. Herianto, “Single lead EMG signal to control an upper limb exoskeleton using embedded machine learning on raspberry pi”, *journal.umy.ac.id*, vol. 4, núm. 1, 2023, doi: 10.18196/jrc.v4.i1.17364.
- [27] Y.-S. Li-Baboud *et al.*, “Evaluation methods and measurement challenges for industrial exoskeletons”, *mdpi.com*, 2023, doi: 10.3390/s23125604.
- [28] P. Kuber, A. Kulkarni, E. R.-A. Sciences, y undefined 2024, “Machine learning-based fatigue level prediction for exoskeleton-assisted trunk flexion tasks using wearable

- sensors”, *mdpi.com*, vol. 2024, p. 3563, 2024, doi: 10.3390/app14093563.
- [29] N. Modi, J. S.-D. and R. Assistive, y undefined 2022, “A survey of research trends in assistive technologies using information modelling techniques”, *Taylor & Francis*, vol. 17, núm. 6, pp. 605–623, 2022, doi: 10.1080/17483107.2020.1817992.
- [30] H. Lee, S. H. Kim, y H. S. Park, “Novel Soft Actuators and Advances in Sensors for Healthcare Applications”, *taylorfrancis.com*, vol. 8, ago. 2020, doi: 10.3389/FBIOE.2020.00966.
- [31] N. Li *et al.*, “Designing unpowered shoulder complex exoskeleton via contralateral drive for self-rehabilitation of post-stroke hemiparesis”, *Springer*, vol. 20, núm. 3, pp. 992–1007, may 2023, doi: 10.1007/S42235-022-00299-6.
- [32] P. Dhattrak, J. Durge, R. K. Dwivedi, H. K. Pradhan, y S. Kolke, “Interactive design and challenges on exoskeleton performance for upper-limb rehabilitation: a comprehensive review”, *Springer*, 2024, doi: 10.1007/S12008-024-02090-9.
- [33] S. D. Ghazaryan, M. G. Harutyunyan, Y. L. Sargsyan, N. B. Zakaryan, y V. Arakelian, “Design of Multifunctional Assistive Devices with Various Arrangements of Gravity Compensation”, *Springer*, vol. 115, pp. 193–228, 2022, doi: 10.1007/978-3-030-95750-6_8.
- [34] M. Goršič, Y. Song, A. Johnson, ... B. D.-2021 43rd A., y undefined 2021, “Simultaneously varying back stiffness and trunk compression in a passive trunk exoskeleton during different activities: A pilot study”, *ieeexplore.ieee.org*, 2021, doi: 10.1109/EMBC46164.2021.9630081.
- [35] D. Prattichizzo *et al.*, “Human augmentation by wearable supernumerary robotic limbs: review and perspectives”, *iopscience.iop.org*, 2021, doi: 10.1088/2516-1091/AC2294/META.
- [36] C. Copilusi, S. Dumitru, I. Geonea, A. Margine, y D. Popescu, “Virtual Prototyping Validation of a Leg Exoskeleton Mechanism from Dynamic Considerations”, *Springer*, pp. 187–198, 2024, doi: 10.1007/978-3-031-62684-5_17.
- [37] U. Umar, H. S. Minhas, N. Naseer, H. Nazeer, S. Iqbal, y M. N. Ahmed, “Design and Simulation of Lower-Limb Exoskeleton to Assist Paraplegic People in Walking”, en 2022 8th International Conference on Control, Decision and Information Technologies, *CoDIT*, pp. 855 – 860. doi: 10.1109/CoDIT55151.2022.9804158.
- [38] B. Quinlivan, “Soft Exosuits for Improved Walking Efficiency and Community Based Post-Stroke Gait Rehabilitation”, 2021, Consultado: el 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/58c5102f80e89325c3398ee50fe71193/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- [39] N. Elkmann, R. Behrens, M. Hägele, U. Schneider, y S. Oberer-Treitz, “Biologized Robotics and Biomechanics: Opportunities and Challenges in Human-Robot Collaboration”, *Springer*, pp. 199–223, ene. 2020, doi: 10.1007/978-3-662-59659-3_11.
- [40] K. Pornpipatsakul, N. A.- Robotics, y undefined 2023, “Estimation of knee assistive moment in a gait cycle using knee angle and knee angular velocity through machine learning and artificial stiffness control strategy”, *mdpi.com*, 2023, doi: 10.3390/robotics12020044.
- [41] Y. Eguchi, *Posture change support by passive exoskeleton and Research on standing movement equipment. Graduate School of Systems and Information Engineering. University of Tsukuba Department of Intelligent Systems*, 2019.
- [42] P. Liang, “Development of Next Generation Assistive Wearable Device”, 2024, Consultado: el 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/70ecf90df3b593c346cabf8868d65cb1/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- [43] D. F. P. Granados, H. Kadone, y K. Suzuki, “Unpowered Lower-Body Exoskeleton with Torso Lifting Mechanism for Supporting Sit-to-Stand Transitions”, en *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 2755–2761. doi: 10.1109/IROS.2018.8594199.
- [44] A. L. Ármannsdóttir *et al.*, “Assessing the involvement of users during development of lower limb wearable robotic exoskeletons: a survey study”, *journals.sagepub.com*, vol. 62, núm. 3, pp. 351–364, may 2020, doi: 10.1177/0018720819883500.
- [45] S. Stansfield, B. Schelhaas, N. Hogan, y M. Yang, “Understanding the User Perception Gap: Older Adults and Sit-to-Stand Assistance”,

- asmedigitalcollection.asme.org*, vol. 6, 2023, doi: 10.1115/detc2023-116642.
- [46] M. Rutka, W. M. Adamczyk, y P. Linek, “Effects of Physical Therapist Intervention on Pulmonary Function in Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis”, *Phys Ther*, vol. 101, núm. 8, doi: 10.1093/ptj/pzab129.
- [47] D. N. Wolf, S. J. Fine, C. C. Ice, P. R. Slaughter, K. M. Rodzak, y K. E. Zelik, “Integrating exosuit capabilities into clothing to make back relief accessible to workers unserved by existing exoskeletons: design and preliminary evaluation”, *Taylor & Francis*, vol. 11, núm. 3–4, pp. 94–107, 2023, doi: 10.1080/24725838.2023.2295859.
- [48] S. Crea *et al.*, “Occupational exoskeletons: A roadmap toward large-scale adoption. Methodology and challenges of bringing exoskeletons to workplaces”, *cambridge.org*, vol. 2, p. 11, 2021, doi: 10.1017/wtc.2021.11.
- [49] F. Ballen-Moreno, M. Bautista, T. Provot, M. Bourgain, C. A. Cifuentes, y M. Múnera, “Development of a 3D relative motion method for human–robot interaction assessment”, *mdpi.com*, 2022, doi: 10.3390/s22062411.
- [50] M. TANAKA, X. X.-J. A. R. Q. JARQ, y undefined 2025, “Evaluation Methods for the Assist Suit and Agricultural Applications”, *jircas.go.jp*, vol. 59, núm. 2, pp. 101–118, 2025, doi: 10.6090/jarq.23S20.
- [51] S. Ivaldi *et al.*, “Using exoskeletons to assist medical staff during prone positioning of mechanically ventilated COVID-19 patients: a pilot study”, *Springer*, vol. 263, pp. 88–100, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-80744-3_12.
- [52] P. Rea, E. Ottaviano, y M. Ruggiu, “The use of CPS for assistive technologies”, *Springer*, vol. 305, pp. 316–326, 2022, doi: 10.1007/978-3-030-83368-8_31.
- [53] P. Herrera-Saray, I. Peláez-Ballestas, L. Ramos-Lira, D. Sánchez-Monroy, y R. Burgos-Vargas, “Problemas con el uso de sillas de ruedas y otras ayudas técnicas y barreras sociales a las que se enfrentan las personas que las utilizan. Estudio cualitativo desde la perspectiva de la ergonomía en personas discapacitadas por enfermedades reumáticas y otras condiciones”, *Reumatol Clin*, vol. 9, núm. 1, pp. 24–30, doi: 10.1016/j.reuma.2012.05.010.
- [54] T. P. García, B. G. González, L. N. Rivero, J. P. Loureiro, E. D. Villoria, y A. P. Sierra, “Exploring the Psychosocial Impact of Wheelchair and Contextual Factors on Quality of Life of People with Neuromuscular Disorders”, *Assistive Technology*, vol. 27, núm. 4, pp. 246–256, doi: 10.1080/10400435.2015.1045996.
- [55] S. L. Groah, M. Schladen, C. G. Pineda, y C.-H. J. Hsieh, “Prevention of Pressure Ulcers Among People With Spinal Cord Injury: A Systematic Review”, *PM&R*, vol. 7, núm. 6, pp. 613–636, doi: 10.1016/j.pmrj.2014.11.014.
- [56] N. Hamilton, W. Weimar, y K. Luttgens, *Kinesiology : scientific basis of human motion*. McGraw-Hill, 2012.
- [57] U. S. D. Justice Civil Rights Division, *ADA Standards for Accessible Design Title III Regulation 28 CFR Part 36*. <https://www.ada.gov/Law-and-Regs/Design-Standards/1991-Design-Standards/>.