

Rol de los ingenieros de la rama industrial en la generación de recursos tecnológicos para la rehabilitación

Role of Industrial Engineers in the generation of technological resources for rehabilitation

Prof. Dr. Juan Antonio Juanes Méndez¹

Resumen

Se presenta un trabajo sobre el papel que desempeñan los ingenieros de la rama industrial en la generación de dispositivos y recursos para la rehabilitación, ya que aplican principios de diseño, optimización y gestión de procesos para mejorar la eficiencia y la funcionalidad de estos productos. Su formación les permite colaborar con profesionales de la salud en el desarrollo de tecnologías que se adapten a las necesidades específicas de los pacientes, buscando soluciones prácticas, seguras y accesibles.

Entre sus contribuciones destacan el diseño ergonómico de equipos de asistencia, como prótesis, exoesqueletos, ortesis y sillas de ruedas, y la implementación de procesos de manufactura que garantizan calidad y reducen costos. Además, optimizan la cadena de suministro para facilitar la distribución de dispositivos rehabilitadores y promueven el uso de tecnologías emergentes, como la impresión 3D y la inteligencia artificial, para personalizar tratamientos y mejorar la experiencia del usuario.

Por otro lado, los ingenieros de la rama industrial desarrollan sistemas de evaluación y control de calidad para asegurar que los dispositivos cumplan con normativas técnicas y sanitarias. Se describe en este artículo un enfoque integral que permite identificar oportunidades de mejora continua tanto en el diseño de productos como en los procesos de rehabilitación, contribuyendo así a una atención más eficiente y centrada en el paciente.

En resumen, el objetivo que se marca en este trabajo es destacar el rol del ingeniero como puente entre la tecnología, la salud y la gestión, siendo fundamental en la creación de soluciones innovadoras que mejoran la calidad de vida de personas en proceso de rehabilitación.

Palabras clave

Ingeniería industrial, dispositivos, innovación tecnológica, rehabilitación.

Abstract

A paper is presented on the role of industrial engineers in the generation of devices and resources for rehabilitation, as they apply principles of design, optimisation and process management to improve the efficiency and functionality of these products. Their training allows them to collaborate with healthcare professionals in the development of technologies that are adapted to the specific needs of patients, seeking practical, safe and accessible solutions.

Their contributions include the ergonomic design of assistive equipment such as prostheses, exoskeletons, orthoses, wheelchairs, as well as the implementation of manufacturing processes that guarantee quality and reduce costs. They also optimise the supply chain to facilitate the distribution of rehabilitation devices and promote the use of emerging technologies, such as 3D printing, and artificial intelligence, to personalise treatments and improve the user experience.

In addition, industrial engineers develop quality assessment and quality control systems to ensure that devices comply with technical and health regulations. In this article, it is described a holistic approach to identify opportunities for continuous improvement in both product design and rehabilitation processes, thus contributing to more efficient and patient-centred care.

In summary, the aim of this paper is to highlight the role of the industrial engineer as a bridge between technology, health and management, being fundamental in the creation of innovative solutions that improve the quality of life of people undergoing rehabilitation.

Keywords

Industrial engineering, devices, technological innovation, rehabilitation.

Recibido/received: 22/05/2025

Aceptado/accepted: 18/06/2025

1. Doctor en Medicina y Cirugía. Universidad de Salamanca. Dpto. de Anatomía Humana. Facultad de Medicina. Avda. Alfonso X El sabio s/n. 37007 – SALAMANCA. Técnico en Software por la Universidad Pontificia de Salamanca. Miembro de la Cátedra UNESCO sobre Inteligencia Artificial y Realidad Extendida para la atención médica. Miembro del Panel de Expertos del Programa ACADEMIA (Rama Ciencias de la Salud), de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA). Miembro del Panel de Expertos de la EQA (Europeana Quality Assurance). Entidad de certificación acreditada para la garantía Europea de Calidad. Director y responsable del Grupo de investigación reconocido (GIR): Sistemas de Visualización Médica Avanzada (VisualMed Systems), de la Universidad de Salamanca.

*Autor para correspondencia: Prof. Dr. Juan Antonio Juanes Méndez; e-mail: jajm@usal.es



Exoesqueleto mecánico. Foto: Shutterstock.

IMPORTANCIA DE LA CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS EN LA REHABILITACIÓN

La incorporación de dispositivos tecnológicos en el ámbito de la rehabilitación representa un avance crucial para mejorar la calidad de vida de los pacientes con patologías del aparato locomotor y del sistema neurológico. Estos dispositivos, diseñados con base en los últimos avances en ingeniería biomédica, robótica, neurociencia y fisioterapia, permiten optimizar los procesos de recuperación, pues se adaptan a las necesidades específicas de cada paciente.

La construcción y el desarrollo continuo de dispositivos tecnológicos no solo enriquecen las estrategias terapéuticas tradicionales, sino que también marcan un cambio de paradigma en la rehabilitación moderna. Representan una esperanza tangible para millones de personas, pues promueven una recuperación más rápida, eficaz y digna.

En el caso de las patologías del aparato locomotor como lesiones musculoesqueléticas, artrosis, fracturas y amputaciones, la tecnología facilita una rehabilitación más precisa, controlada y motivadora. Exoesqueletos, ortesis inteligentes, plataformas de equilibrio y sistemas de realidad virtual permiten

entrenamientos repetitivos, medibles y seguros, lo que favorece la recuperación funcional y previene secuelas.

En pacientes con daño neurológico, como los que han sufrido accidentes cerebrovasculares, lesiones medulares o enfermedades neurodegenerativas, la tecnología se convierte en una herramienta esencial para la neurorrehabilitación. Dispositivos como interfaces cerebro-computadora, estimulación eléctrica funcional, robots de asistencia al movimiento y simuladores sensorio-motores fomentan la neuroplasticidad y ayudan a restaurar la conexión entre el cerebro y el cuerpo. Es decir, en patologías neurológicas la tecnología (como los robots de asistencia, la estimulación eléctrica funcional y la realidad virtual) estimula la reorganización del sistema nervioso central.

Estos dispositivos ofrecen una ventaja clave: la capacidad de monitorizar en tiempo real el progreso del paciente, lo que permite a los profesionales de la salud ajustar los tratamientos de forma personalizada y basada en datos objetivos.

Por tanto, los sistemas tecnológicos aplicados a la rehabilitación han transformado profundamente la forma en que se abordan las patologías del aparato locomotor y las de origen neurológico.

Estos sistemas aportan una serie de beneficios que potencian la eficacia del tratamiento, mejoran la adherencia del paciente y contribuyen a una recuperación más integral y personalizada.

Para pacientes con limitaciones graves, los sistemas tecnológicos ofrecen oportunidades de tratamiento que no serían posibles solo con intervención manual. Por ejemplo, los exoesqueletos permiten caminar a personas con parálisis parcial o total.

Los sistemas robotizados y las plataformas automatizadas permiten realizar movimientos repetitivos de forma controlada, segura y precisa, lo que es fundamental para reaprender patrones motores en pacientes con afectaciones locomotoras o neurológicas. Gracias a sensores integrados y sistemas de registro digital, se puede evaluar en tiempo real el rendimiento del paciente. Esto permite adaptar el tratamiento de manera individualizada, optimizando el proceso terapéutico y facilitando la toma de decisiones clínicas basada en datos objetivos.

Los sistemas tecnológicos de rehabilitación representan una herramienta imprescindible en la medicina moderna. Al combinar precisión, personalización, motivación y control, estos sistemas potencian los resultados de los tratamien-

tos convencionales y abren nuevas posibilidades para la recuperación funcional de personas con patologías del aparato locomotor y neurológicas.

La ingeniería de rehabilitación busca desarrollar diferentes dispositivos tecnológicos que ayuden a pacientes con alguna discapacidad motora o neurológica para su recuperación funcional.

INGENIERÍA DE LA RAMA INDUSTRIAL EN LA REHABILITACIÓN

El desarrollo de dispositivos tecnológicos para rehabilitación representa uno de los campos más dinámicos e interdisciplinarios de la ingeniería aplicada a la salud (Staros, 1984; Cooper, 1995; Szeto, 2005; Bronzino y Peterson, 2006; DiGiovine et al., 2023). Los ingenieros aportan metodologías de diseño, técnicas de producción optimizada y conocimientos en gestión de calidad que resultan fundamentales para transformar conceptos innovadores en productos médicos efectivos, seguros y accesibles (fig. 1). Desde la selección de materiales hasta la implementación de sistemas robóticos complejos, estos profesionales integran consideraciones técnicas, económicas y normativas para crear soluciones que mejoran significativamente la calidad de vida de pacientes con diversas patologías neuromotoras.

Una colaboración multidisciplinar entre ingenieros de la rama industrial, médicos, fisioterapeutas, etc. constituye un buen equipo para el desarrollo de recursos de rehabilitación dirigidos a pacientes con patologías musculoesqueléticas del aparato locomotor y afecciones neurológicas incapacitantes.

Dentro de este equipo, los ingenieros desempeñan un papel fundamental en el diseño, desarrollo, optimización y fabricación de dispositivos tecnológicos para la rehabilitación, al combinar conocimientos técnicos con la optimización de procesos y la innovación en fabricación de recursos como piezas anatómicas óseas para la docencia (fig. 2), impresas en 3D (fig.3), férulas sensorizadas (fig. 4), ortesis robóticas (fig. 5), exoesqueletos (fig. 6), prótesis inteligentes y sistemas de asistencia motriz (Krebs, 2006; Paterson et al., 2014; Juanes Méndez et al., 2017; Bao et al., 2019; Barrios-Muriel et al., 2020; Bautista et al., 2014). Los ingenieros de la rama industrial son clave para llevar estos avances desde el laboratorio hasta el mercado, mejorando la calidad de vida de pacientes con patologías del aparato locomotor y otras afecciones de diversos sistemas corporales. Su contribución abarca desde la conceptualización y el diseño de dispositivos hasta la mejora de la eficiencia en su producción y aplicación en entornos clínicos. Los



Figura 2. Reproducciones en 3D de piezas anatómicas para la docencia.



Figura 3. Impresora 3D Colido, modelo X3045, utilizada para el desarrollo de piezas anatómicas óseas.

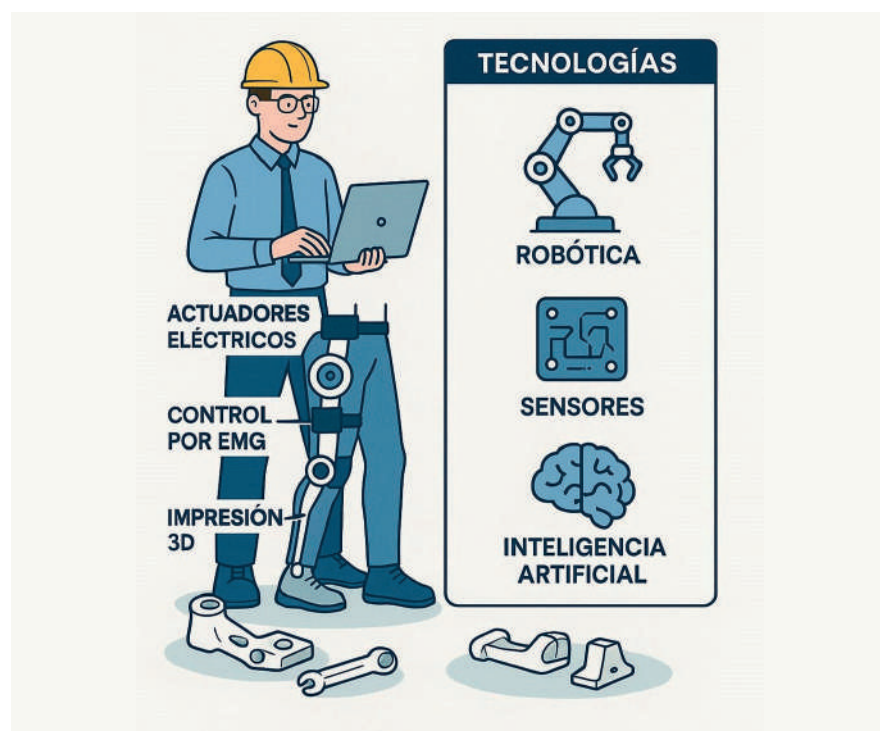


Figura 1. Esquema representativo de un ingeniero de la rama industrial en la planificación para la elaboración de dispositivos de rehabilitación. EMG: electromiografía.

ingenieros del ámbito industrial aplican principios de diseño centrado en el usuario y metodologías de optimización para crear dispositivos de rehabilitación eficientes.

Si bien profesionales médicos aportan una experiencia clínica directa con pacientes, identificando necesidades específicas de movilidad, dolor y funcionalidad, son los ingenieros industriales los que transforman estas necesidades en soluciones tecnológicas prácticas. De esta forma, la colaboración conjunta de cada uno de los profesionales permite desarrollar dispositivos de rehabilitación personalizados según el diagnóstico, el estado funcional y la evolución del paciente.

Los ingenieros aportan una visión integral en el desarrollo de tecnologías de rehabilitación, enfocándose en la funcio-

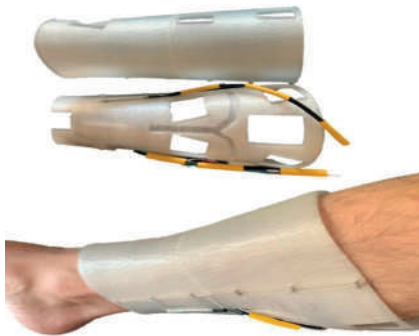


Figura 4. Férula personalizada con sensores para la detección de parámetros clínicos.



Figura 5. Ejemplo de un modelo de ortesis de rodilla.



Figura 6. Ejemplo de un modelo de exoesqueleto para las extremidades inferiores.

nalidad, accesibilidad y viabilidad económica de los dispositivos. Es decir, los ingenieros de la rama industrial no solo se

centran en la creación técnica de dispositivos, sino también en hacerlos eficientes y efectivos para mejorar la calidad de vida de personas con discapacidades motoras o neurológicas, como las derivadas de un ictus o lesiones medulares.

Entre los múltiples desarrollos de innovación tecnológica aplicada a la clínica por los ingenieros destacan los exoesqueletos y las ortesis activas y sistemas de biofeedback. (Scuderi, 2015; Tíbaduiza-Burgos et al., 2019; García et al., 2002; Tehrani y Alwisy, 2021; Munih y Bajd, 2021; Medina-Quintero et al., 2022; Fan 2021). Los ingenieros pueden aplicar tecnologías como sensores, actuadores, inteligencia artificial y realidad virtual para optimizar la recuperación funcional (Schultheis y Rizzo, 2001).

Además de exoesqueletos, las tecnologías de fabricación aditiva han contribuido al desarrollo de recursos ortopédicos. La impresión 3D ha revolucionado la fabricación de dispositivos personalizados (Blaya et al., 2018; De Agustín et al., 2020; Kosar et al., 2021). Esta tecnología permite crear ortesis adaptadas a la anatomía específica de cada paciente, superando las limitaciones de los métodos tradicionales como el uso de yeso, que suelen provocar dificultades de movimiento e irritaciones cutáneas.

Además, ingenieros de la rama industrial han colaborado con especialistas en anatomía humana para generar piezas anatómicas óseas mediante tecnología de fabricación aditiva (Juanes-Méndez, et al., 2017; Ugidos Lozano et al., 2017, 2018). Estos modelos se han podido utilizar para la docencia médica y la práctica quirúrgica, permitiendo reproducir huesos deteriorados y facilitar su estudio (v. fig. 2).

El uso de recursos tecnológicos para la rehabilitación funcional bien diseñados mejora la eficiencia de las sesiones de tratamiento, lo que permite al fisioterapeuta dedicar más tiempo al análisis clínico y menos a tareas repetitivas. La ingeniería aporta herramientas para cuantificar variables como el rango articular, la fuerza, el equilibrio y la adherencia al tratamiento, lo que permite una evaluación más precisa y objetiva.

Por otra parte, la incorporación de dispositivos de gamificación, realidad virtual y retroalimentación sensorial pueden aumentar la implicación del paciente, lo que supone un factor clave en la rehabilitación. De esta forma, se podrá llevar a cabo un seguimiento individualizado, usando los datos recolec-

tados por los ingenieros para adaptar los programas terapéuticos en tiempo real, lo que mejora la eficacia del tratamiento.

Por tanto, los ingenieros industriales pueden diseñar ensayos técnicos rigurosos, mientras que los facultativos médicos prueban la eficacia clínica. Esto favorece la generación de evidencia científica que respalde nuevas intervenciones terapéuticas. Así pues, el trabajo conjunto puede derivar en innovaciones patentables y artículos científicos de gran impacto en áreas como biomecánica, neurorrehabilitación e ingeniería de tejidos.

Todos los profesionales implicados en estas tareas de rehabilitación se benefician de la exposición a otras disciplinas, mejorando su capacidad para trabajar en equipos interdisciplinarios y enriqueciendo su desarrollo profesional. Esto podría llevar a desarrollar programas académicos o talleres en los que estudiantes de medicina, fisioterapia y bioingeniería aprendan a trabajar en equipo desde su formación.

Un aspecto muy importante a resaltar con la generación de estos recursos de rehabilitación es su impacto económico y social, ya que al mejorar la eficacia de los tratamientos y facilitar la recuperación funcional, se disminuyen las estancias hospitalarias, las recaídas y el gasto en medicamentos. Pero, para ello, es también relevante poder desarrollar soluciones de bajo coste que lleguen a poblaciones marginadas o con pocos recursos, ampliando el acceso a servicios de rehabilitación de calidad.

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE SOLUCIONES MÉDICAS REHABILITADORAS

En el desarrollo de recursos tecnológicos para la rehabilitación se incluyen diversas etapas clave para su ejecución, así como la utilización de softwares y hardwares imprescindibles para la generación de los recursos tecnológicos involucrados. En este apartado se realiza un resumen de los principales pasos para la elaboración de distintos dispositivos útiles en la rehabilitación de pacientes.

En primer lugar, para obtener un modelo preciso del cuerpo o parte del cuerpo del paciente, es necesario llevar a cabo la obtención de sus datos biométricos precisos. Estos pueden obtenerse mediante métodos como escáneres 3D, o bien mediante imágenes radiológicas de tomografía computarizada y resonancia mag-

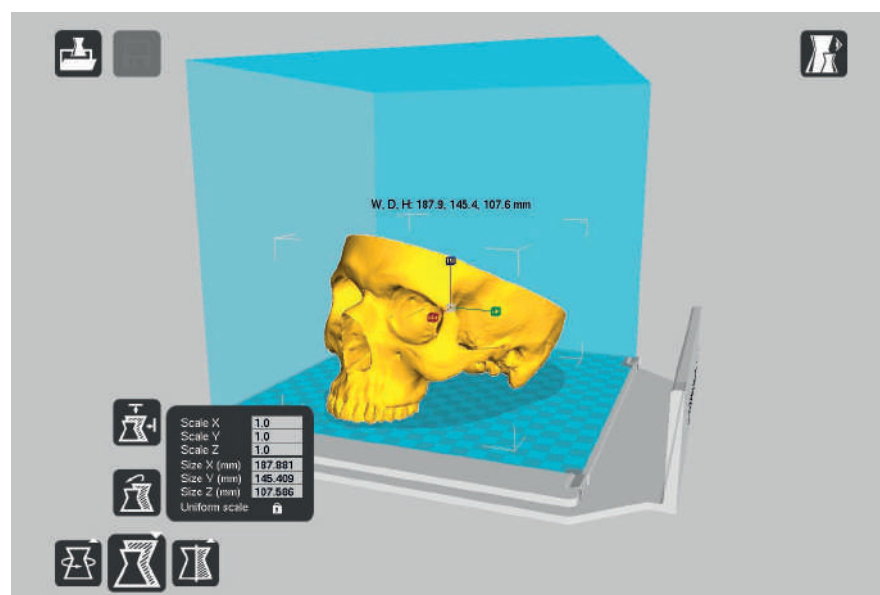


Figura 7. Software Cura, en la preparación de una pieza anatómica para su impresión 3D.

nética. A través de softwares comerciales, como OsiriX o 3D Slicer, entre muchos otros, se pueden obtener modelos 3D de la estructura anatómica deseada.

El modelo generado puede ser impreso en 3D, con materiales adecuados según la aplicación, mediante modelado por deposición fundida y/o fabricación por fusión de filamento, generalmente empleados para para ortesis, férulas, etc., con ácido poliláctico o polietileno tereftalato glicolizado, entre otros materiales.

Mediante softwares como Cura (fig. 7) o PrusaSlicer, entre otros, se preparan los archivos STL (Standard Tessellation Language) para uso médico profesional.

Finalmente, una vez construida la pieza o modelo que incorporar al paciente, se realiza el ensamblaje, el posprocesado y la validación física. Tras validar mecánicamente el diseño en condiciones biomecánicas reales, se realiza la simulación biomecánica de movimientos, cuando se incorporan sensores que monitorizan el movimiento. Se concluye con las pruebas funcionales y clínicas, es decir, ajuste, comodidad, resistencia, fatiga, movilidad, etc.

También para el diseño y la construcción de un exoesqueleto se requiere una estrecha colaboración entre ingenieros de la rama industrial y médicos rehabilitadores, ortopedistas y fisioterapeutas, lo que conlleva una metodología multidisciplinaria y rigurosa para asegurar la funcionalidad, la seguridad, la ergonomía y la eficacia clínica del dispositivo.

Una vez identificada la patología que presenta el individuo, se determinarán

los segmentos corporales que asistir. Además, será necesario obtener unos requerimientos funcionales y clínicos como el rango de movimiento, la carga soportada, la frecuencia de uso y demás.

Seguidamente, se llevará a cabo un análisis biomecánico y un estudio antropométrico de tallado, con el fin de definir fuerzas y movimientos articulares. De esta forma, se pueden identificar riesgos ergonómicos y limitaciones fisiológicas del paciente.

Se deben realizar diseños mediante bocetos, CAD (Computer Aided Design) y simulaciones preliminares. Posteriormente, se valoran los materiales más adecuados que utilizar; estos materiales podrán ser ligeros, biocompatibles y resistentes (aleaciones de aluminio, titanio, polímeros). Se deberán integrar componentes electrónicos y de control, como baterías, potenciómetros, electro-miogramas, etc.

Todo el equipo técnico de ingenieros de la rama industrial y personal médico facultativo llevará a cabo todo el prototipado y las pruebas de laboratorio sobre maniqués o usuarios sanos, valorando la resistencia estructural del dispositivo, el peso, la durabilidad, el confort, la adaptabilidad al usuario, etc. De esta forma, se podrán analizar los resultados obtenidos de estas pruebas para, así, rediseñar o ajustar los componentes mecánicos, electrónicos o del software y conseguir una optimización ergonómica y estética del producto elaborado. Todo ello, sin duda, mejorará su usabilidad.

Finalmente, se realizará la evaluación

bajo normativas médicas y de dispositivos electrónicos que permitan su certificación y cumplimiento normativo.

CONSIDERACIONES FINALES

Los ingenieros de la rama industrial, que integran conocimientos de mecánica, electrónica, biomecánica, robótica y ergonomía, desempeñan un papel clave en el diseño, el desarrollo y la mejora de recursos y sistemas destinados a la rehabilitación de lesiones del aparato locomotor y otras afecciones corporales de tipo neurológico. Aunque tradicionalmente se asocian más con la optimización de procesos productivos, su formación en diseño de sistemas, ergonomía, biomecánica y análisis de datos los hace valiosos en el ámbito de la ingeniería biomédica y la rehabilitación. El ingeniero tiene un perfil multidisciplinar que lo convierte en un agente clave en el desarrollo de tecnologías para la rehabilitación física. Por tanto, el trabajo de los ingenieros industriales se articula en equipos multidisciplinarios con fisioterapeutas, médicos e ingenieros biomédicos, pero con un papel clave en convertir ideas en productos funcionales, sostenibles y escalables, aportando una visión integradora entre la tecnología, el diseño ergonómico y la eficiencia productiva.

Los ingenieros de la rama industrial, junto con profesionales de disciplinas médicas, desempeñan un papel fundamental y multifacético en la concepción, el desarrollo y la fabricación de recursos tecnológicos avanzados para la rehabilitación de alteraciones del aparato locomotor y otras patologías de tipo neurológico.

La industria 4.0 está impulsando nuevas tecnologías innovadoras en este sector, incluyendo aprendizaje automático e inteligencia artificial para optimizar los procesos de fabricación.

Por otra parte, como ha quedado suficientemente reflejado en este texto, el desarrollo efectivo de tecnologías para rehabilitación requiere una estrecha colaboración entre ingenieros de la rama industrial y profesionales sanitarios. Un ejemplo de esta integración se evidencia en el perfil profesional solicitado por empresas del sector, que buscan ingenieros con experiencia en entornos preclínicos y desarrollo de dispositivos médicos, valorando específicamente la interacción con cirujanos y el trabajo en quirófano, así como conocimientos de anatomía y fisiología.

Esta colaboración multidisciplinar

resulta fundamental para ajustar parámetros terapéuticos adecuados y garantizar que los dispositivos satisfagan las necesidades reales de pacientes y terapeutas.

El desarrollo de dispositivos médicos requiere un enfoque integral que abarca desde el diseño y el desarrollo de prototipos funcionales hasta la validación preclínica. Los ingenieros especializados en este campo gestionan proyectos de I+D+i, diseñan y ejecutan estudios de validación, analizan resultados y toman medidas correctoras cuando es necesario. Este enfoque integral también incluye conocimientos del entorno regulatorio y normativo específico para dispositivos médicos, y resulta fundamental para navegar eficazmente por los complejos procesos de certificación y autorización.

Las tendencias futuras en este campo de la rehabilitación apuntan hacia dispositivos más inteligentes, personalizados y ecológicamente sostenibles, con interfaces neuronales más intuitivas y materiales con propiedades programables. Para materializar estas innovaciones, seguirá siendo esencial el enfoque multidisciplinar, en el que los ingenieros del ámbito industrial colaboran estrechamente con profesionales sanitarios para mejorar continuamente la calidad de vida de pacientes con disfunciones neuromotoras.

En suma, la ingeniería es la columna vertebral que convierte las ideas en dispositivos de rehabilitación fiables y disponibles a escala global, mejorando la independencia funcional y la calidad de vida de millones de pacientes con patologías físicas y cognitivas.

AGRADECIMIENTO

Se expresa un agradecimiento especial al profesor Dr. D. Fernando Blaya Haro, del Departamento de Ingeniería Mecánica, Química y Diseño Industrial de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial (Madrid), por la estrecha colaboración que nos une en el desarrollo de diferentes diseños industriales para el campo sanitario.

BIBLIOGRAFÍA

- Bao G, Pan L, Fang H, Wu X, Yu H, Cai S, Wan Y (2019). Academic review and perspectives on robotic exoskeletons. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 27(11), 2294-2304.
- Barrios-Muriel J, Romero-Sánchez F, Alonso-Sánchez FJ, Salgado DR (2020). Advances in orthotic and prosthetic manufacturing: a technology review. *Materials*, 13(2), 295.
- Bautista ZIB, Espinosa H, Domínguez JÁM (2024). Diseño e Implementación de un Exoesqueleto Mecatrónico Programable para Rehabilitación de Miembro Superior. *Boletín Científico INVESTIGIUM de la Escuela Superior de Tizayuca*, 10, 1-8.
- Blaya F, SanPedro P, López J, D'Amato R, Soriano E, Juanes-Méndez JA (2018). Design of an Orthopedic Product by Using Additive Manufacturing Technology: The Arm Splint. *J Med Syst* 42: 54.
- Bronzino JD, Peterson DR (2006). Rehabilitation engineering technologies: Principles of application. In *Biomedical Engineering Fundamentals* (pp. 1299-1312). CRC Press.
- Cooper RA (1995). Rehabilitation engineering applied to mobility and manipulation. CRC Press.
- De Agustín Del Burgo JM, Blaya Haro F, D'Amato R, Juanes-Méndez JA (2020). Development of a Smart Splint to Monitor Different Parameters during the Treatment Process. *Sensors*, 20, 4207; pp:1-14
- DiGiovine CP, Donahue M, Bahr P, Bresler M, Klaesner J, Pagadala R, Grott R (2023). Rehabilitation engineers, technologists, and technicians: Vital members of the assistive technology team. *Assistive Technology*, 35(1), 23-34.
- Fan L (2021). Usage of narrowband internet of things in smart medicine and construction of robotic rehabilitation system. *IEEE Access*, 10, 6246-6259.
- García C, Abraham DM, Gokhale S, Iseley T (2002). Rehabilitation alternatives for concrete and brick sewers. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 7(4), 164-173.
- Juanes Méndez JA, Blaya Haro F, Ugidos Lozano MT (2017). Contribution of industrial engineering in the development of bone materials for medical training. *Técnica Industrial*: 316: 36-40.
- Kosar T, Lu Z, Mernik M, Horvat M, repinšek M (2021). A case study on the design and implementation of a platform for hand rehabilitation. *Applied Sciences*, 11(1), 389.
- Krebs HI, Hogan N, Duffee W, Herr H (2006). Rehabilitation robotics, orthotics, and prosthetics. Textbook of neural repair and rehabilitation, 2, 165-181.
- Medina-Quintero EH, Aquino-Arroba SM, Novillo-Andrade GG, Pozo-Safla ER, Choto-Chariguaman LS (2022). Exoesqueleto rehabilitador del dedo índice. *Polo del Conocimiento*, 7(3).
- Munih M, Bajd T (2011). Rehabilitation robotics. *Technology and Health Care*, 19(6), 483-495.
- Paterson AMJ, Bibb RJ, Campbell RI (2014). Orthotic rehabilitation applications. Medical modelling: the application of advanced design and rapid prototyping techniques in medicine. New York: Woodhead Publishing, 283.
- Schultheis MT, Rizzo AA (2001). The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabilitation psychology*, 46(3), 296.
- Scuderi G (2015). Adaptive building exoskeletons: A biomimetic model for the rehabilitation of social housing. *ArchNet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 9(1), 134.
- Staros A (1984). Rehabilitation engineering and the growth of prosthetics/orthotics practice. *International rehabilitation medicine*, 6(2), 79-84.
- Szeto A (2005). Rehabilitation engineering and assistive technology. In *Introduction to biomedical engineering* (pp. 211-254). Academic Press.
- Tehrani BM, Alwisy A (2021). Assessment of Exoskeletons for the Rehabilitation of Industrialized Construction Workforce. In *Computing in Civil Engineering* (pp. 313-320).
- Tibaduiza-Burgos DA, Aya-Parra PA, Anaya-Vejar M (2019). Exoesqueleto para rehabilitación de miembro inferior con dos grados de libertad orientado a pacientes con accidentes cerebrovasculares. *Inge Cuc*, 15(2), 36-47.
- Ugidos Lozano MT, Blaya Haro F, Molino Díaz C, Manzoor S, Ferrer Ugidos G, Juanes-Mendez JA (2017). 3D Digitization and Prototyping of the Skull for Practical Use in the Teaching of Human Anatomy. *J Med Syst* 41:83.
- Ugidos Lozano MT, Blaya Haro F, Ruggiero A, Manzoor S, Menendez-Pidal N, Juanes-Méndez JA (2018). Different Digitalization Techniques for 3D Printing of Anatomical Pieces. *J Med Syst* 42: 46.