



Exoesqueletos y robótica inmersiva, híbrida e inclusiva

Los exoesqueletos han pasado, en unos pocos años, de parecer un objeto de ciencia ficción a ser toda una realidad con importantes y valiosos casos de uso en sanidad, industria o logística. Tanto es así que la firma de análisis IDC estima que el gasto europeo en exoesqueletos alcanzó los 283 millones de dólares en 2021 y crecerá porcentualmente a una tasa sólida de dos dígitos hasta llegar a 2025.

Este interés por los exoesqueletos viene respaldado por la transformación de la fuerza laboral hacia entornos más colaborativos entre humanos y máquinas; así como la constante adopción de estos dispositivos en el ámbito médico para mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad.

Se espera que el 33% de las empresas europeas de fabricación y recursos implementarán exoesqueletos en los próximos 24 meses, bajo la promesa de lograr fuertes beneficios en el lugar de trabajo, procesos de producción más rápidos y menos incidentes en el lugar de trabajo.

Eso sí, la innovación en estas lides sigue su curso. No sólo es imperativo mejorar algunas de sus características básicas (como el peso o la facilidad de uso, reduciendo la fricción en determinados movimientos), sino que es necesario trabajar en la escala de costes para facilitar su democratización.

En ese sentido, la adopción de los exoesqueletos se ve obstaculizada por los costes de producción, con altos precios que a menudo superan los 100.000 euros, además de los exigentes y no siempre veloces requisitos de certificación o las necesidades de definir y mejorar la coordinación entre humanos y máquinas. También debido a las limitaciones de su tiempo de uso, ya que energéticamente no son todavía dispositivos lo suficientemente portátiles.

Dolores Blanco Rojas, investigadora del Robotics Lab UC3M, explica que “estamos en los primeros pasos de la implantación real de los exoesqueletos en el mundo empresarial, hasta ahora más orientados hacia la sanidad y la ayuda a personas con dificultades para caminar o rehabilitación. Hay soluciones ya parciales, limitadas en tiempo, en otros segmentos como las líneas de fabricación, por ejemplo, en Japón ya se están incluyendo de forma bastante funcional y de una manera más realista”.

Su grupo de trabajo está, de hecho, terminando un proyecto financiado por una compañía privada para el diseño y aplicación real de un exoesqueleto en el entorno laboral. “La idea es patentarlo y ponerlo a funcionar. Tenemos soluciones a día de hoy que podrían empezar a funcionar en las empresas, pero necesitamos financiación más allá del interés social. Conseguir un exoesqueleto que devuelva la movilidad a las personas es el sueño de mi vida, pero ya tenemos otras aplicaciones más inmediatas”, aporta Blanco Rojas.

Ana Tajadura, investigadora del Grupo de Sistemas Interactivos (DEI) y en el proyecto BODYinTRANSIT, es experta en sistemas de interacción persona-máquina. Un campo de trabajo que,



en combinación con los exoesqueletos, podría llevarnos hacia esas capacidades aumentadas que mejoren la calidad de vida de millones de personas.

“Al final, el control motor de los humanos lo hacemos de manera distribuida, desde la señal cerebral hasta el movimiento de los miembros superiores o inferiores. Y es un control prácticamente automático. Pero hay otro tipo de señales biológicas que si podemos incorporar al control de los exoesqueletos u otros dispositivos, como los brazos biónicos”, indica.

Terrenos de investigación que son multidisciplinares por definición, tal y como reconoce Tajadura: “Mucho del trabajo para mejorar su funcionamiento tiene que ver con la neurociencia, con la plasticidad cerebral, de intentar que las señales cerebrales condicionen los movimientos del exoesqueleto o que nos ayuden, por ejemplo, en las tareas de rehabilitación al poner una mano robótica sobre la de un paciente para guiarlo al hacer movimientos finos. E incluso en el ámbito deportivo, para el aprendizaje de gestos o técnicas que te pueda ayudar un exoesqueleto a través de sus sensores y motores”.

Más allá de los exoesqueletos

Hay mucha vida más allá de los exoesqueletos, en el ámbito de la robótica inmersiva, híbrida e inclusiva. Es el caso de los dispositivos con capacidades que van más allá de la ciencia ficción, como los robots origami.

“El empleo de metamateriales mecánicos para el diseño de exoesqueletos, como pueden ser aquellos basados en Origami (Kirigami) o de tipo Lattice Multiestables, permitirá dotarles de capacidades y funcionalidades adicionales, tales como elementos de rotación que permitan aumentar los grados de libertad de movimiento, o la alternancia entre diferentes posiciones de equilibrio de dichas metaestructuras mediante un accionamiento mecánico”, explica **Josué Aranda, investigador del Grupo de Dinámica y Fractura de Elementos Estructurales y Metamateriales de la UC3M.**

“En la actualidad, el diseño y desarrollo de los denominados metamateriales, se encuentra en pleno auge. El interés de este tipo de metaestructuras radica en que las propiedades mecánicas de las mismas dependen en gran medida del diseño de su geometría y no tanto del material base del que estén fabricadas”, aporta Aranda.

Otro ejemplo son de equipos tecnológicos que amplían nuestras capacidades humanas, más allá de los exoesqueletos en sí. Sin ir más lejos, las lentes sintonizables de cristal líquido, en las que trabaja **Jose Manuel Sánchez Pena, del Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas UC3M.**

“Estamos desarrollando un nuevo driver y una app que posibilite modificar de forma electrónica la distancia focal de unas lentes de cristal líquido basadas en una topología de lentes de Fresnel. Este prototipo se realiza en colaboración con el CEMDATIC de la UPM y permitirá disponer de un sistema adaptativo para su potencial uso en visión artificial, robótica e incluso como producto de apoyo para personas con baja visión”, detalla el científico.



Su aplicación militar

Si bien la aplicación en salud es la más comentada de los exoesqueletos, su uso en el ámbito militar es el más prolífico en estos momentos. También el más rentable ya que, más allá de las controversias éticas que pueda suscitar, su introducción supone una ventaja sustancial para cualquier ejército que cuente con esta ayuda técnica para sus soldados.

“En la actualidad se están produciendo cambios muy rápidos en todo el mundo militar, pero los soldados seguirán siendo los componentes más elementales e importantes en las guerras futuras. En el campo de batalla del futuro, los soldados deberán tener cada vez más capacidad de movilidad, estar mejor protegidos y además dependerán en gran medida de la información”, explica **Marcos Rodríguez Millán, investigador del grupo de Tecnologías de Fabricación y Diseño de Componentes Mecánicos y Biomecánicos UC3M.**

“Pero con el desarrollo de los sistemas de información y los equipos digitales, la carga para los soldados sigue aumentando. El precio a pagar es que tienen que llevar cada vez un equipo más pesado cuando están sobre el terreno. En un ambiente duro y hostil, estas cargas crecientes pueden llegar a exceder los límites físicos del combatiente. La consecuencia son las lesiones musculoesqueléticas y el gran número de bajas no relacionadas con el combate”, amplía.

Así pues, los exoesqueletos se antojan como una solución extraordinaria para superar estos desafíos. Aunque el camino no es sencillo, como reconoce Rodríguez Millán: “Los retos técnicos más importantes son los relacionados con lograr una mayor autonomía, modularidad y versatilidad de los exoesqueletos, utilizar nuevos materiales y baterías con mayor capacidad, dotarles de una mayor inteligencia y mejorar la interface hombre-maquina, y servir como elementos integrador de una amplia gama de equipos auxiliares, tanto de protección como de comunicación, y de control y seguimiento de sistemas inteligentes no tripulados”.

Respecto a los nuevos materiales y baterías de mayor capacidad, la incorporación de fibras de alto rendimiento mecánico, el refuerzo de materiales textiles con nanotubos de carbono, la utilización de fluidos no newtonianos capaces de absorber impactos, la sensórica y la electrónica embebidas en materiales textiles, etc. aumentará la protección, resistencia y confort del combatiente. “Por otra parte, una nueva generación de baterías que mejore las prestaciones de las actuales baterías de ion-Li aumentará la autonomía operativa de los exoesqueletos activos”, añade el investigador.

El desafío de adaptar la regulación

Los progresos en materia de robótica avanzada y exoesqueletos chocan de frente con una regulación “anquilosada” en algunas de sus áreas de aplicación más inmediatas, como la prevención de riesgos laborales en las empresas.



Así lo denuncia **Carmen Carrero**, investigadora responsable del grupo **Seguridad Social y Prevención de Riesgos Laborales** de la UC3M, quien admite que “la legislación no es que sea mala, porque es bastante progresista e introduce muchas obligaciones para que los empresarios puedan establecer medidas preventivas suficientes para los trabajadores. Pero hemos de tener en cuenta que nuestro tejido empresarial está basado principalmente en pymes, para las que es muy costoso incorporar estos avances y, además, choca de lleno con la cultura de los empresarios españoles, a los que todavía le cuesta entender que una tecnología que evite los riesgos que facilitan la productividad, especialmente de personas con discapacidad, es una ventaja competitiva para su negocio”.

Carrero reconoce que no conoce “ningún grupo que esté trabajando en la materia de los exoesqueletos a nivel de prevención de riesgos laborales o Derecho. Tenemos que tener en cuenta que la labor investigadora en estas cuestiones no está en su mejor momento”.

ODS implicados: 3, 5, 8, 9, 17

Más información de interés para innovar juntos:

Grupos de Investigación participantes en la validación de este reto:

- [Robotics Lab](#)
- [Dinámica y Fractura de Elementos Estructurales](#)
- [Sistemas Interactivos \(DEI\)](#)
- [Tecnologías de Fabricación y Diseño de Componentes Mecánicos y Biomecánicos](#)
- [Displays y Aplicaciones Fotónicas](#)
- [Seguridad Social y Prevención de Riesgos Laborales](#)

Startups y Spinoffs del programa de Incubación de la UC3M relacionadas:

- [Inrobics](#)

Laboratorios del Parque Científico UC3M relacionados:

- [Laboratorio de Tecnologías Asistenciales - TECASIST](#)
- [Hisparob](#)
- [Laboratorio de Robótica Asistencial - ASROB](#)
- [Living Lab de Tecnologías Asistenciales e Inteligencia Artificial](#)