ANDI | MÁS PAÍS | OIT

5.º Encuentro Nacional

Seguridad y salud en el trabajo



Octubre 22 y 23 2026

Hotel Santamar Estelar

Santa Marta, Colombia

Exoesqueletos ocupacionales: ¿gasto para el negocio o inversión en la salud y el bienestar de la gente?



Ing. Yaniel Torres Ph.D.

Profesor asociado

Universidad de Antioquia

Profesor adjunto

École de technologie supérieure



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Facultad Nacional de Salud Pública Héctor Abad Gómez

ExoLab TECHNOLOGIES

RIESST

RED DE INTERCAMBIO EN ERGONOMÍA Y SST

¿Cuántos de los aquí presentes...?

- Saben qué es un exoesqueleto o han oído hablar de ellos.
- Han visto un exoesqueleto en acción.
- Han probado un exoesqueleto.

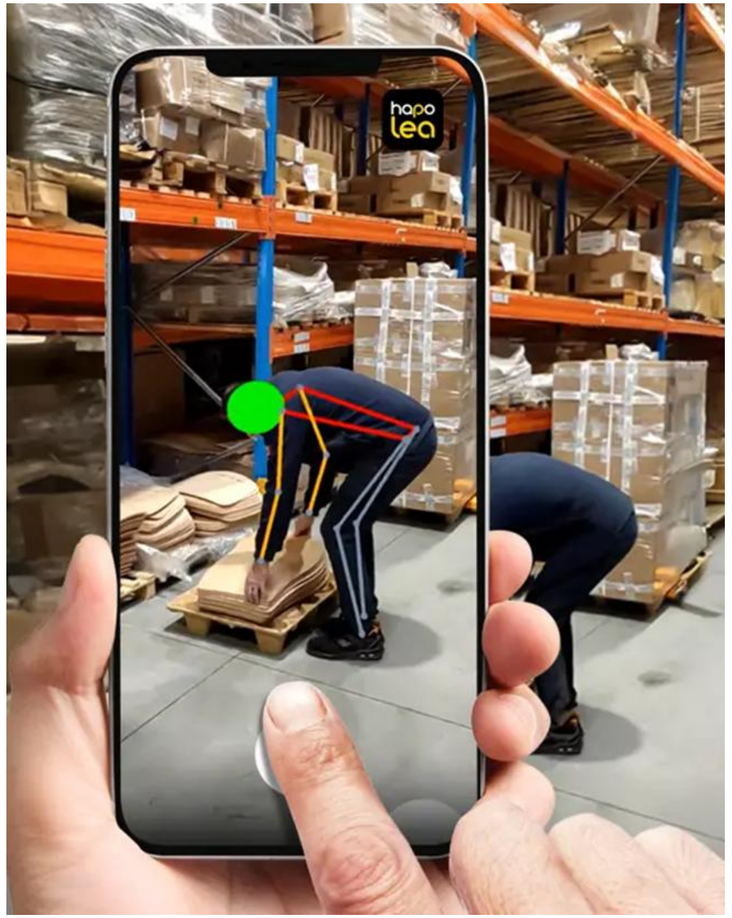
Evaluamos mucho e intervenimos muy poco...

Metodologías de análisis:

- REBA
- RULA
- OWAS
- Strain Index
- Ecuación de NIOSH
- MAC Tool
- RAPP tool
- MAPO
- Tablas de Snook and Ciriello

Sistemas de análisis con I.A:

- Inseer
- Tumeke
- ErgoIA
- **Hapo LEA (Gratis)**
- Kinebot
- **ErgoScan AI (Gratis)**
- ErgoSensorIA
- Kinovea
- Theia Markerless
- **OpenCap (Gratis)**



Algunas estadísticas



+50%

de las enfermedades laborales en Colombia

tienen un origen osteomuscular



1710

millones de personas en el mundo

sufren una patología osteomuscular

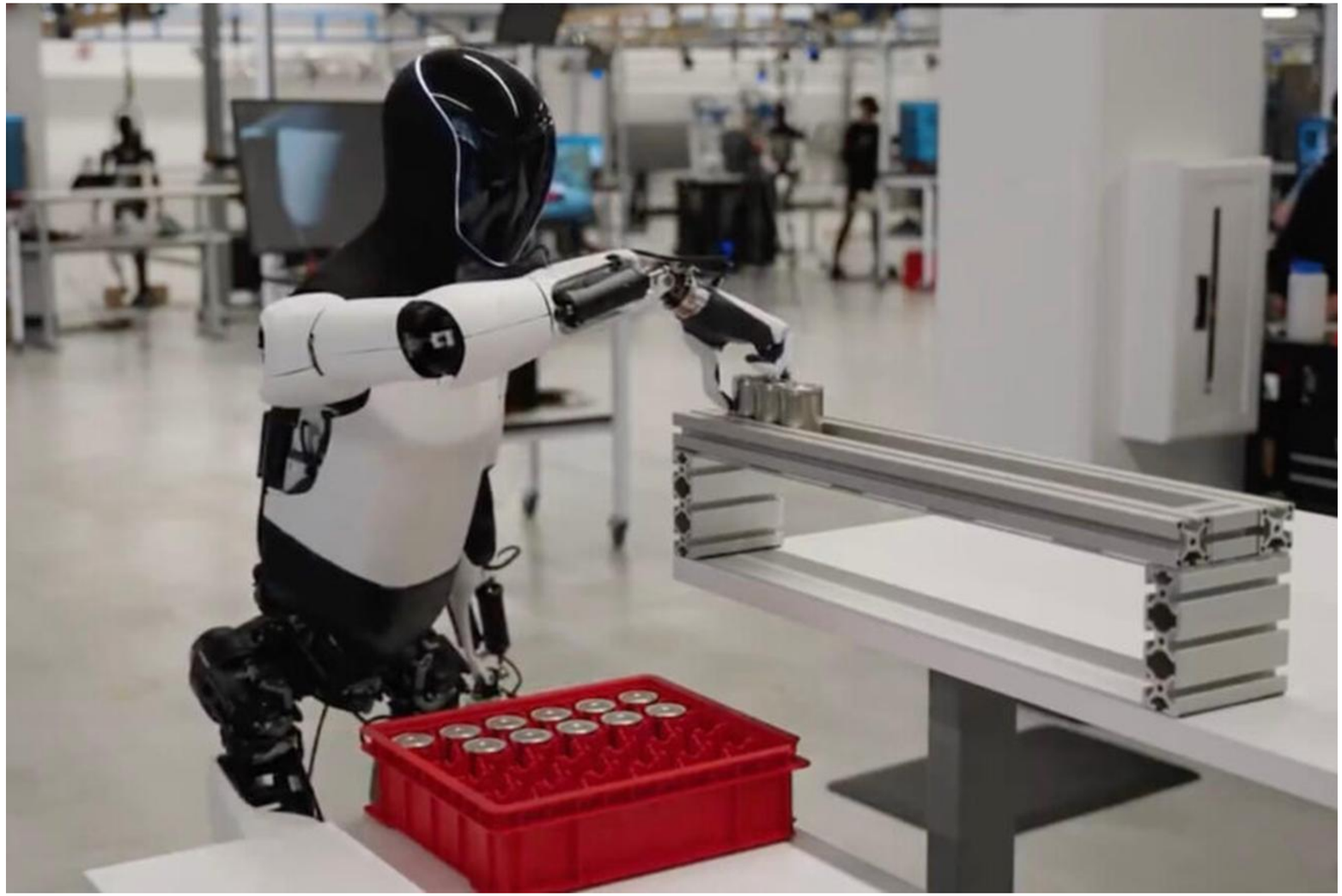


$48.000

costo de una lesión de espalda en USA

para las empresas

La solución...



Riesgo biomecánico







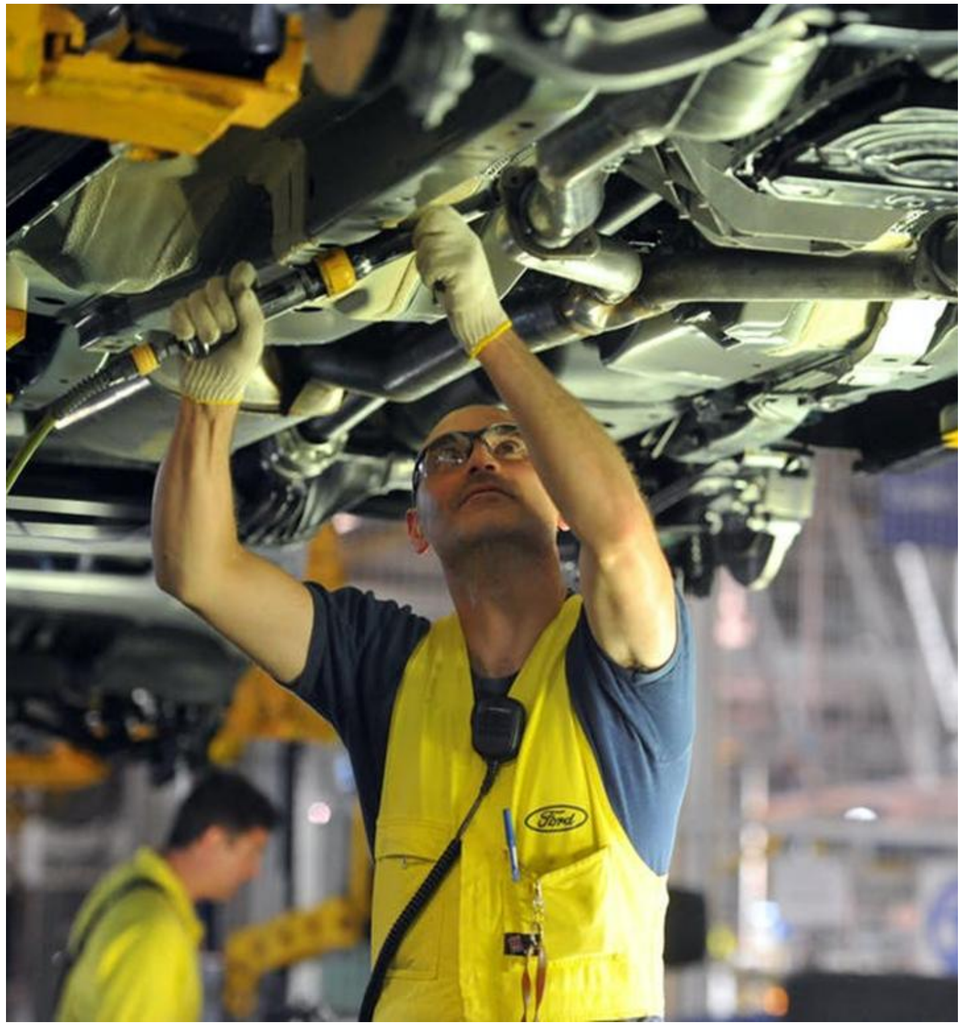




Ergonomía tradicional o clásica

Principio clave: adaptar el puesto de trabajo al ser humano considerando los límites a sus capacidades tanto físicas como cognitivas.

Considera las capacidades humanas como fijas

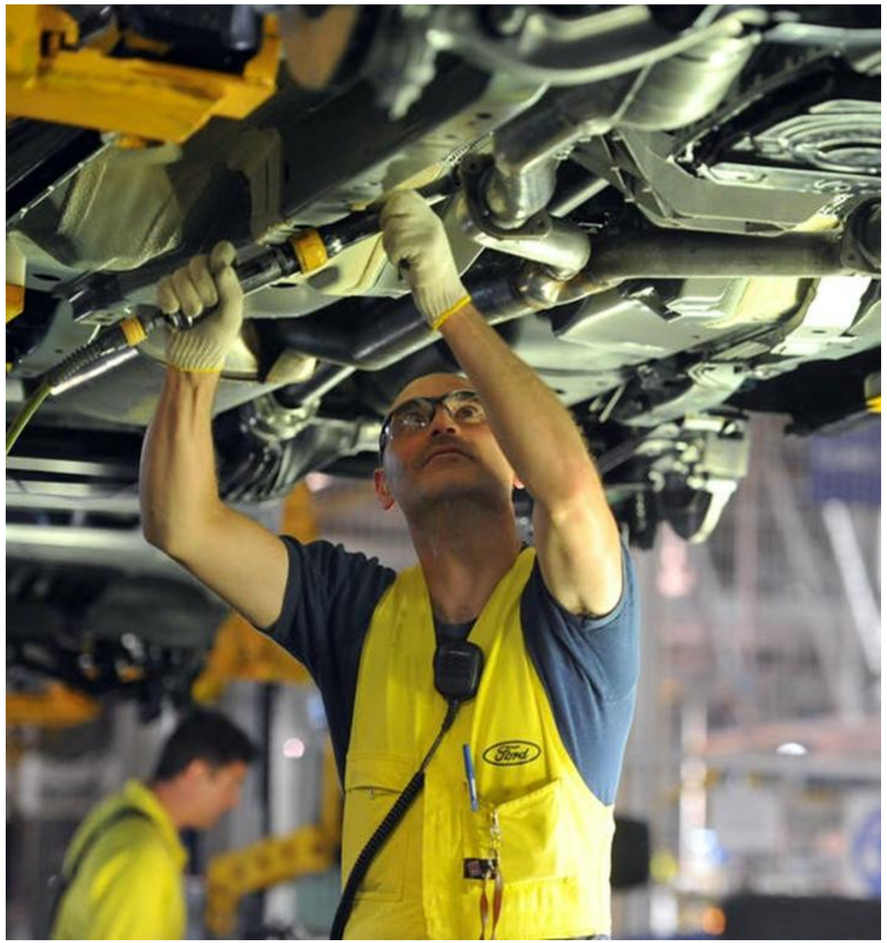


Controles de ingeniería





No basta con adaptar el puesto: también debemos asistir el cuerpo



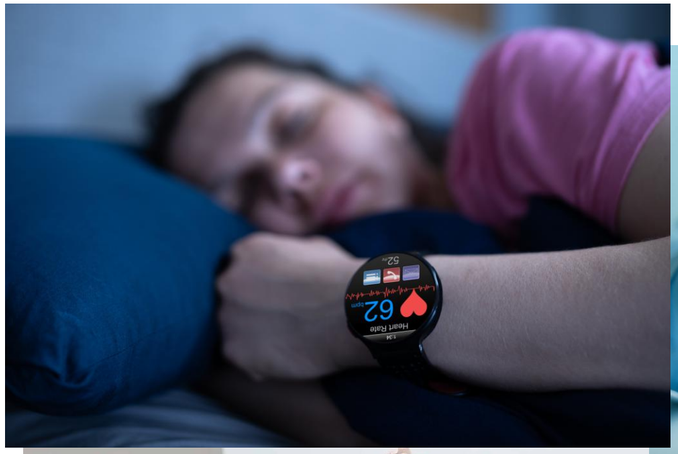


Ergonomía 4.0

Tecnología que asiste, no remplaza

Un nuevo paradigma en el que las capacidades humanas pueden expandirse o potenciarse (human augmentation) mediante dispositivos portátiles o tecnología de asistencia física y cognitiva (Torres, 2026).

- **Exoesqueletos ocupacionales**
- Realidad virtual y aumentada
- Robótica colaborativa
- Inteligencia Artificial (IA)

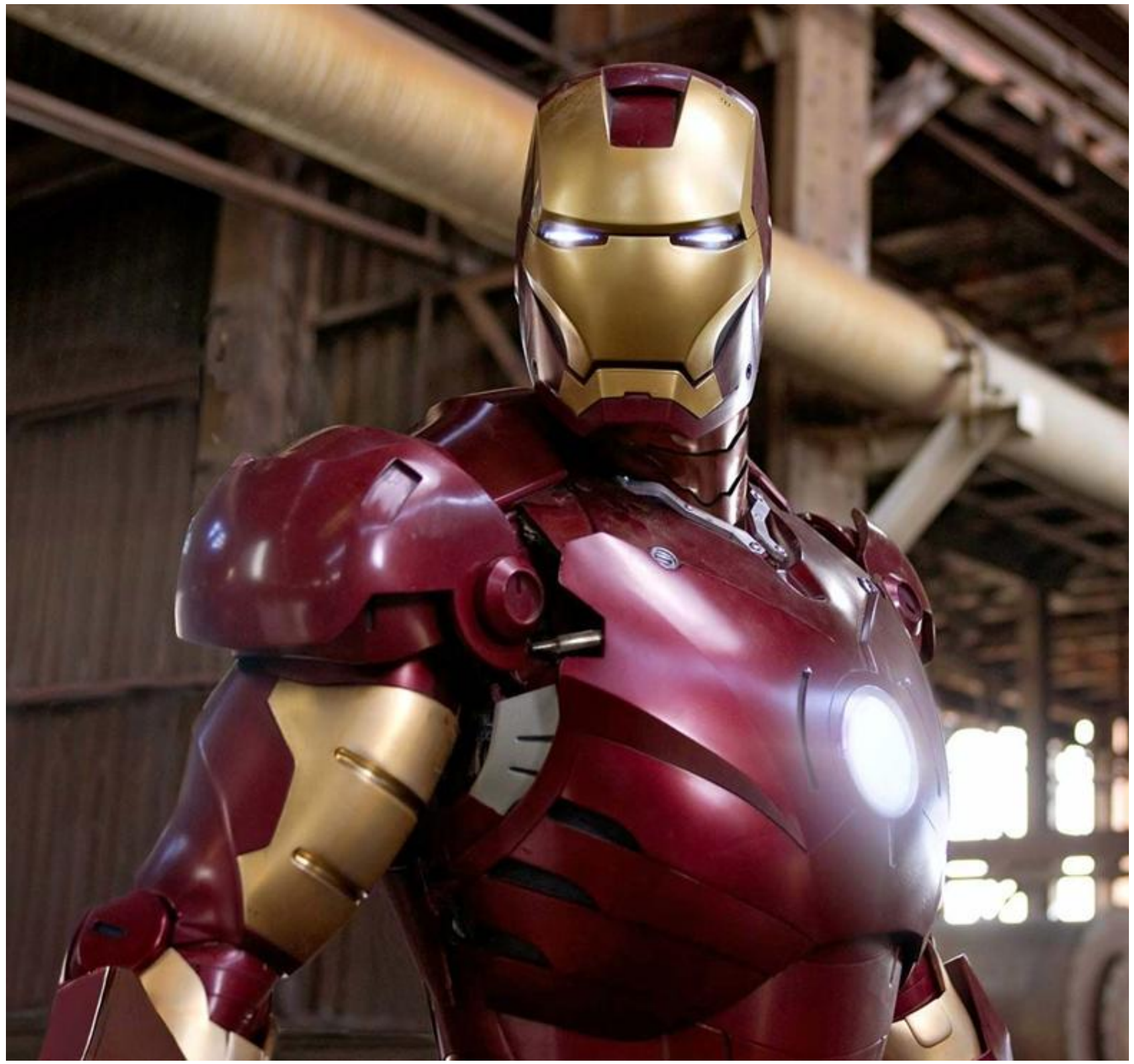








¿Qué es un exoesqueleto?



Lo que piensa la mayoría de las personas...

¿Qué es un exoesqueleto?

"Estructura de soporte externa, compuesta por materiales rígidos o duros, y que puede llevarse puesta con el objetivo de facilitar, aumentar o ayudar en la realización de actividades físicas mediante la interacción mecánica con el cuerpo (ASTM 2020)."

Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM). ASTM F3323-20 Standard Terminology for Exoskeletons and Exosuits. West Conshohocken, PA, 2020

ASTM INTERNATIONAL
Helping our world work better

Nuevo miembro

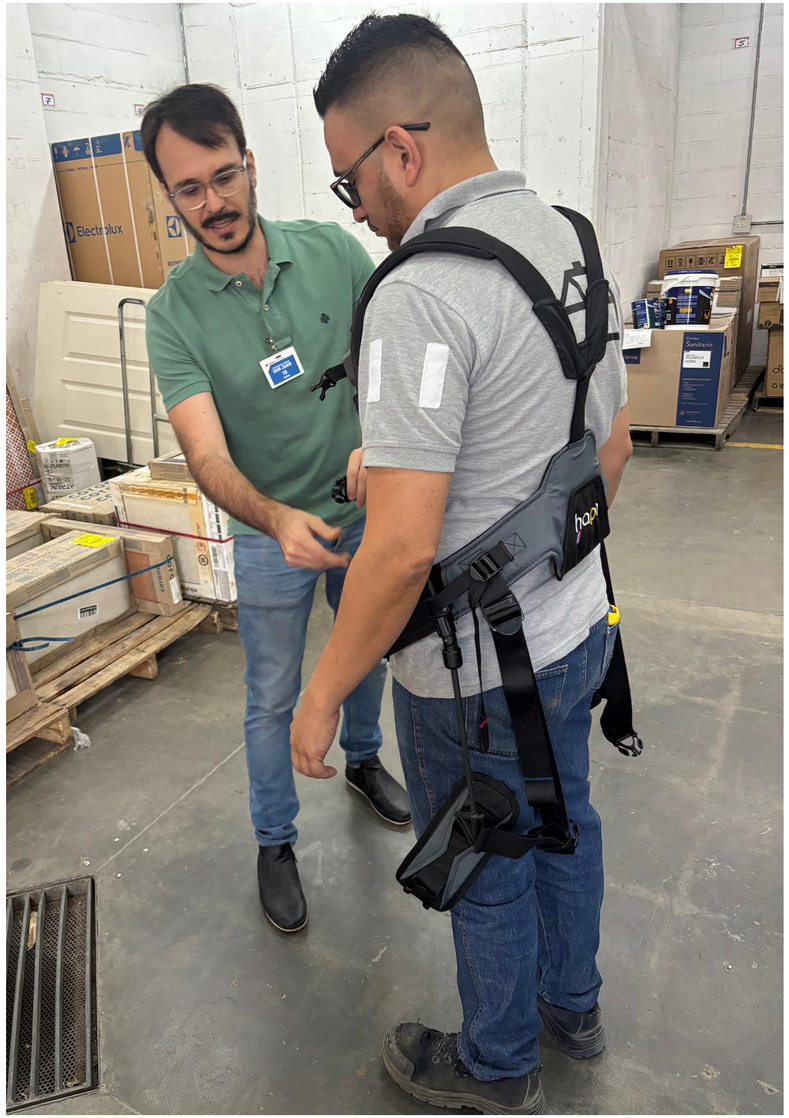
Comité ASTM F48 sobre Exoesqueletos y Exotrajes



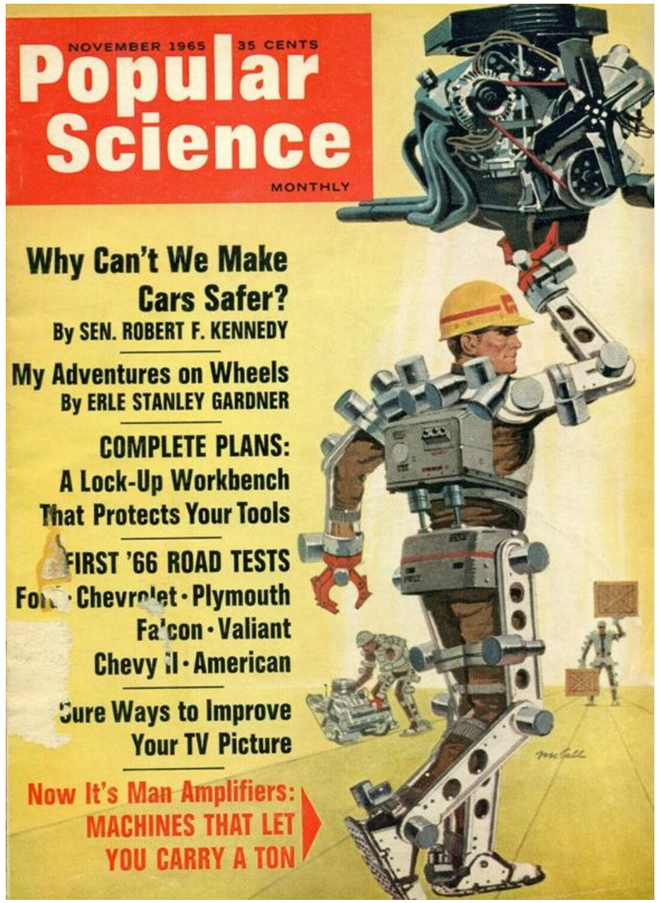
Yaniel Torres, Ph.D.

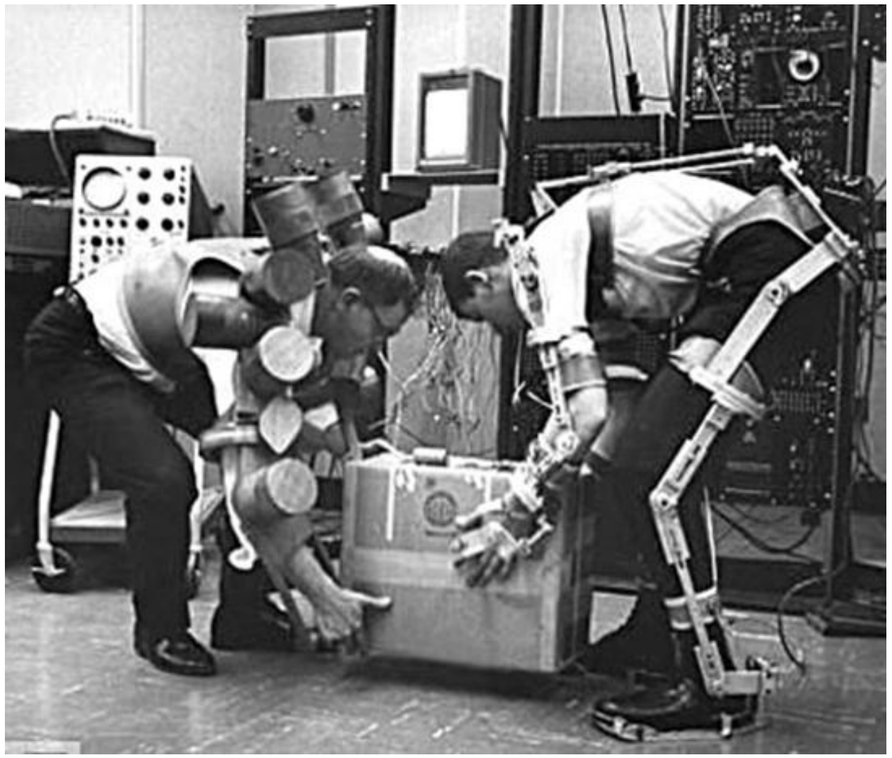
Human Factors Expert

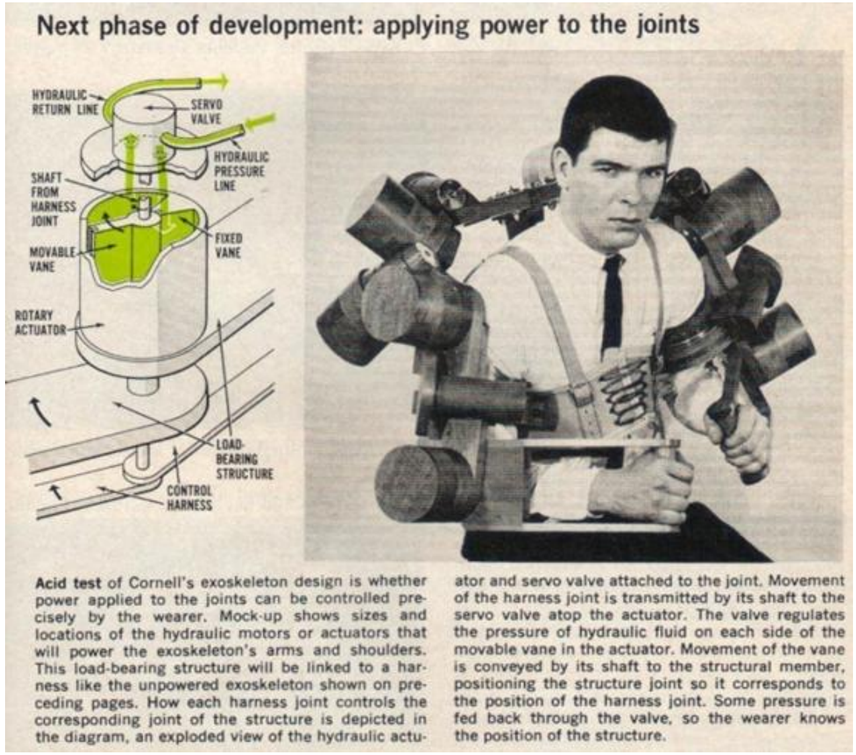
ASTM INTERNATIONAL
Helping our world work better



Un poco de historia







- The Man Amplifier, desarrollado por el laboratorio de aeronáutica de la Universidad de Cornell, Buffalo (Nueva York) en 1961

Exoesqueletos activos



Cry X
German Bionic



Japet W+
Japet



S700
exoIQ



Iron Hand
Bioservo

Pasivos: espalda



Muscle suit Every



Hapo Back



Hapo CS

Pasivos: hombros, cuello y manos



Hapo Front



Skelex 360



CDYS-S2



Hapo Neck



Artus

Exotrajes ocupacionales



Muscle Suit Soft Power



CDYB-Fit



Hero Wear

Textiles y materiales no rígidos

Demostración en vivo

¿Quién se anima a probarlo?

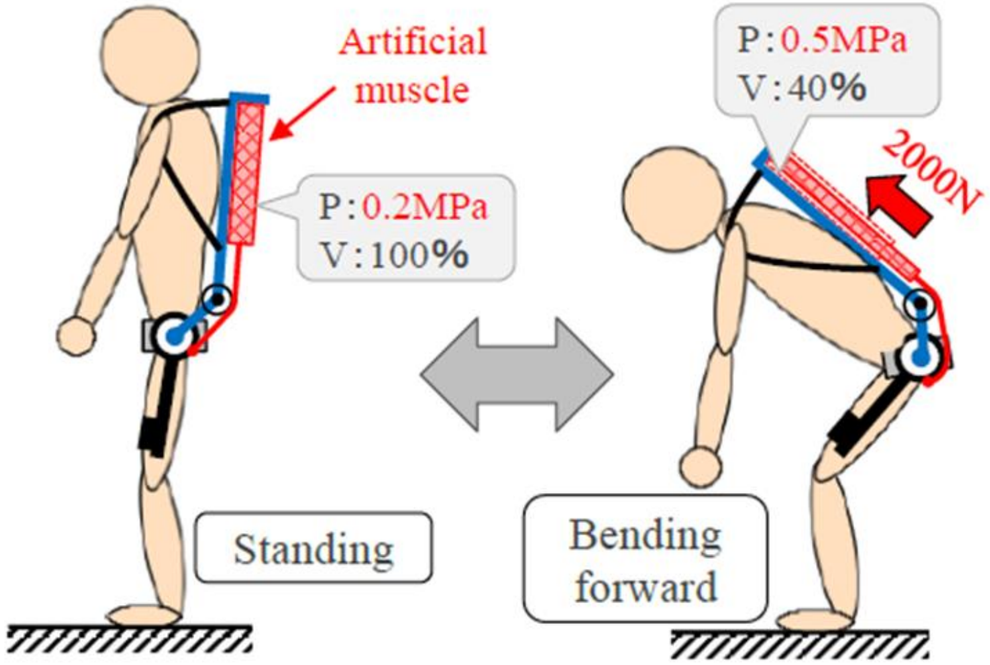
Cómo se pone · qué se siente · qué cambia en la tarea

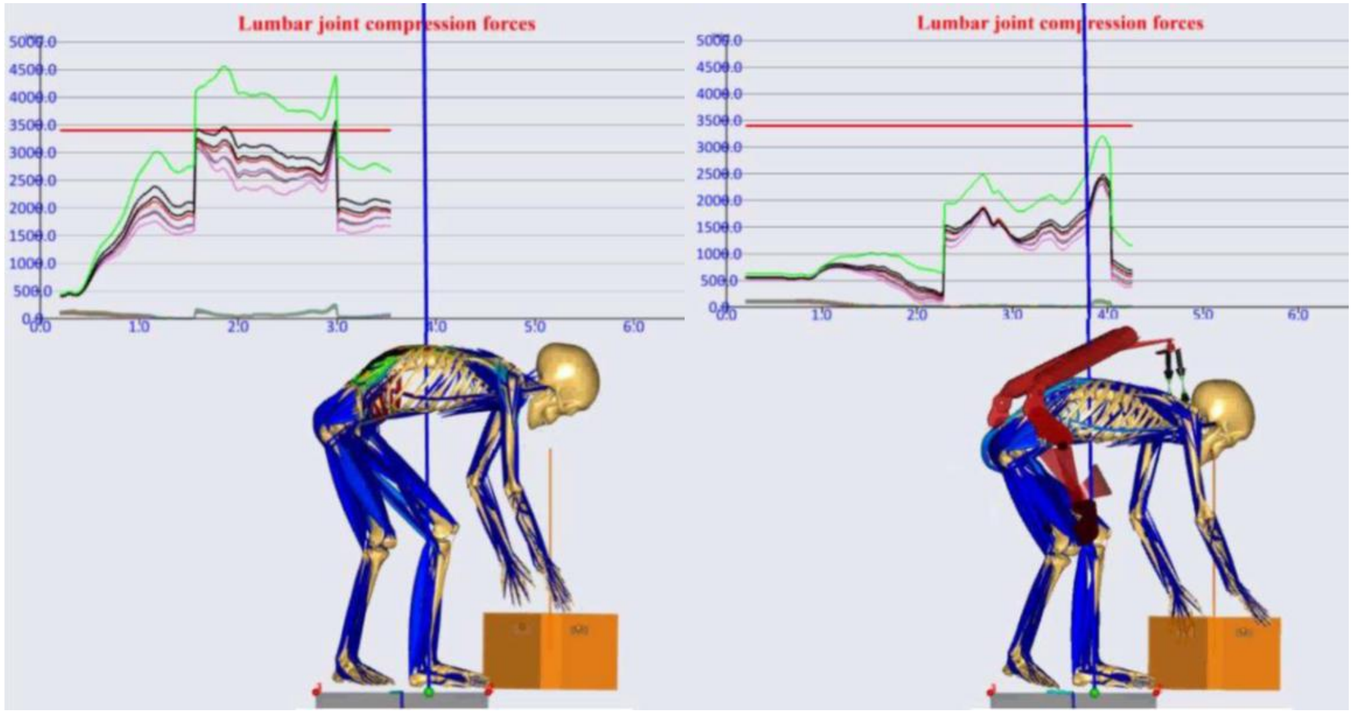
Espalda, hombros y exotrajes: los equipos están aquí





¿Son efectivos?



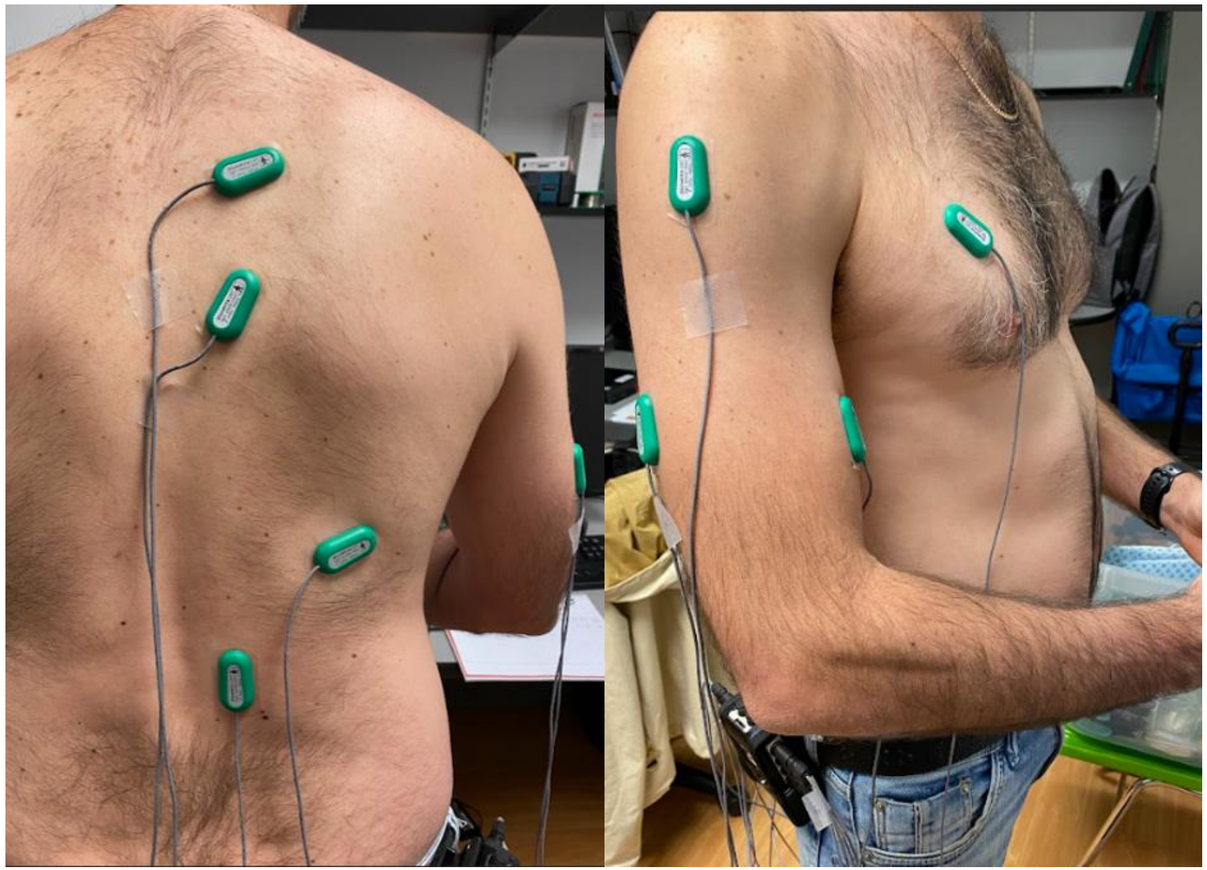


- Fuerza de asistencia (torque): 100Nm (-25Kgf)

- Reducción de la compresión intervertebral: 35-57%
- Reducción de la actividad muscular: 37.5%



¿Son efectivos?



Colocación de EMG



Electromiografía(EMG)

EMG-Based Evaluation of a Passive Upper-Limb Exoskeleton During a Simulated Liposuction Task: A Pilot Feasibility Study

Yaniel Torres[1,2][0000-0002-9825-9437], Ornwipa Thamsuwan[2][0000-0002-0549-536X] and Alfredo Patrón[3,4][0000-0001-5653-9775]

[1] National School of Public Health, Universidad de Antioquia, Colombia
[2] Department of Mechanical Engineering, École de Technologie Supérieure, Canada
[3] Faculty of Medicine, Universidad de Antioquia, Colombia
[4] Sociedad Colombiana de Cirugía Plástica, Colombia
yaniel.torres@udea.edu.co

Abstract. Upper-limb musculoskeletal disorders are common among surgeons performing repetitive, fine-motor procedures that require sustained arm elevation, such as liposuction. Passive exoskeletons have shown promise for reducing shoulder loading in industrial settings, but their evaluation in surgical contexts remains scarce. This pilot study assessed the feasibility of an EMG-based protocol for evaluating the Hapo FRONT passive upper-limb exoskeleton during a simulated liposuction task, performed by one participant under three conditions: without exoskeleton (NAT), medium support (EXO1), and high support (EXO2). Surface EMG from eight muscles was compared across conditions (Mann–Whitney U test, Hodges–Lehmann estimate) over more than 110 movement cycles per condition. Results showed significant decreases in trapezius ascendens, pectoralis major, biceps and triceps brachii activity (13% to 52%), while latissimus dorsi showed a consistent increase (+23% to +32%) under both support levels, suggesting a redistribution rather than a uniform reduction of muscular demand. These findings validate the protocol's feasibility and reveal a biomechanically plausible pattern of muscular unloading and compensation, providing a solid foundation for extending this evaluation to a larger group of plastic surgery professionals and, ultimately, to real surgical practice.

Keywords: Musculoskeletal Disorders; Passive Exoskeleton; Upper Limb; Electromyography; Surgical Ergonomics.

1 Introduction

Musculoskeletal disorders (MSDs) are a well-documented occupational hazard among surgeons, whose work routinely involves prolonged static postures, sustained arm elevation, and repetitive fine-motor movements. Among plastic

Springer





Resultados

La actividad EMG de **trapecio ascendente, pectoral mayor, bíceps y tríceps braquial se redujo de manera significativa con el exoesqueleto**, mientras que el **dorsal ancho aumentó de forma consistente**. Estos resultados sugieren que el exoesqueleto permitió disminuir la demanda de varios músculos del hombro, aunque redistribuyó parte de la carga hacia el dorsal ancho.



Sector salud: cirugía

Cirujano plástico

Tarea: liposucción.

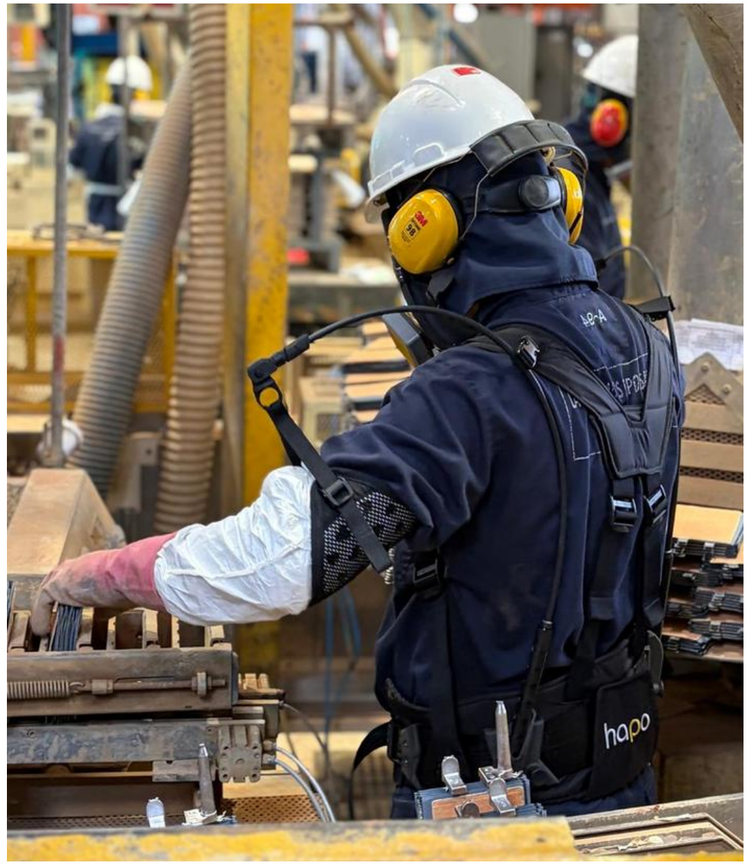
Patrón: movimientos repetidos, brazos hacia adelante, planos bajos.

Varillas: asistencia media



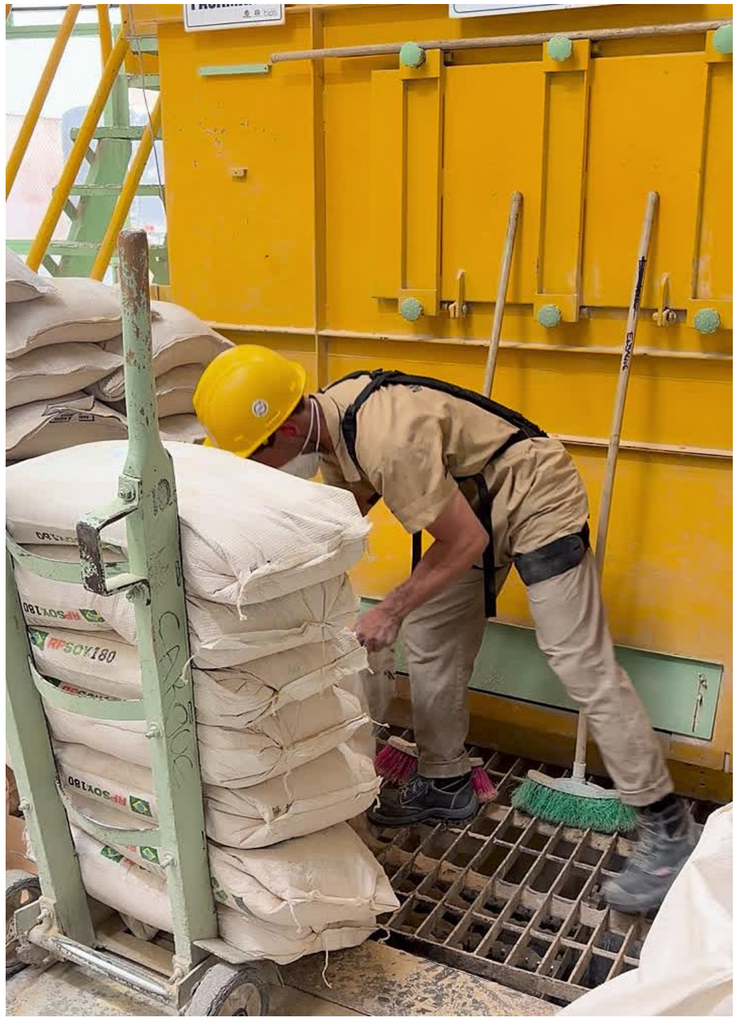
Manufactura







Logística

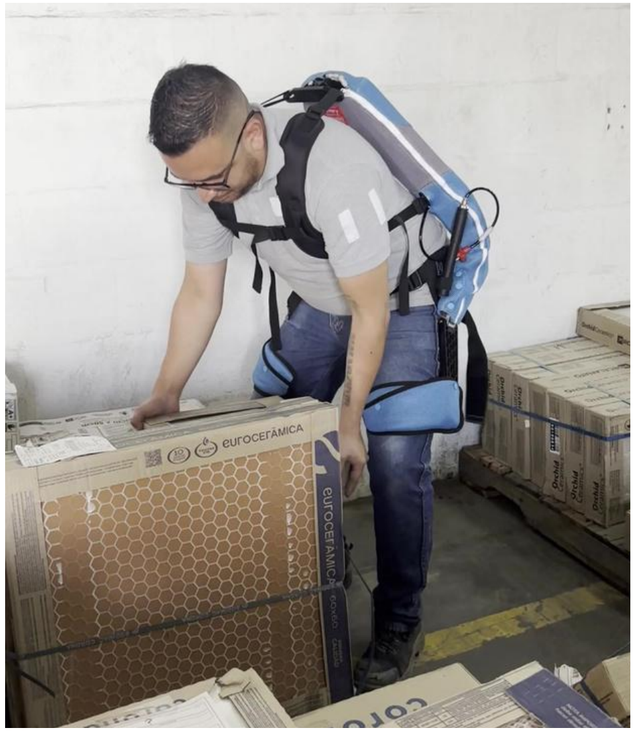






Logística



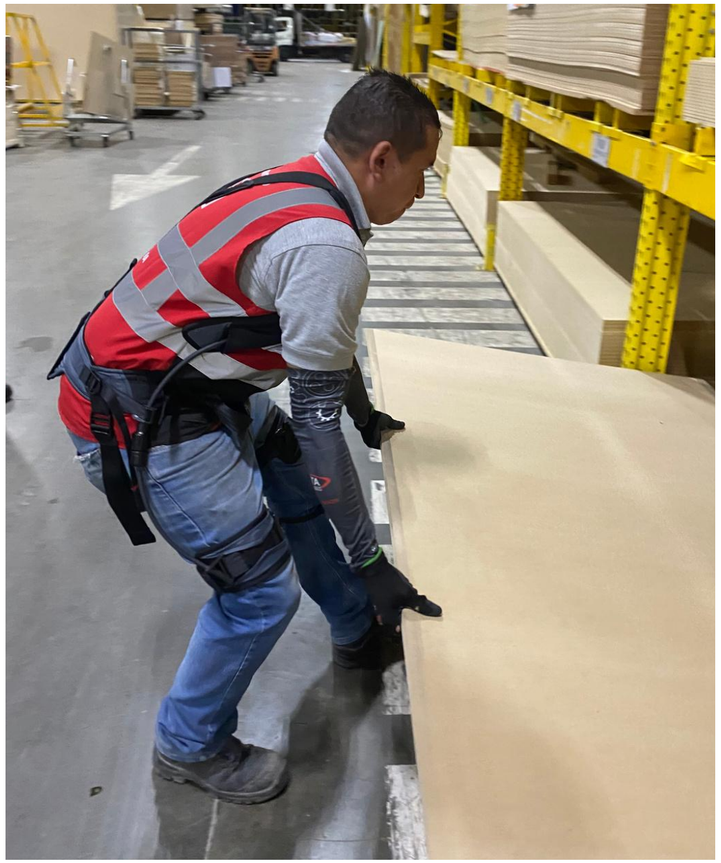




Materiales construcción







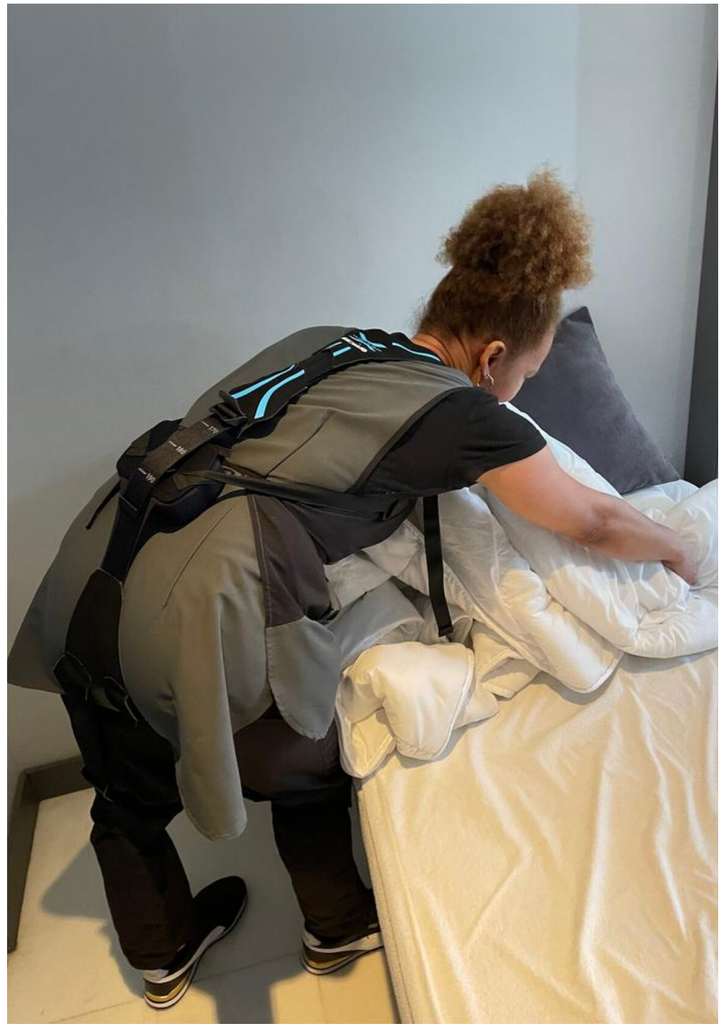
Sector salud: enfermería



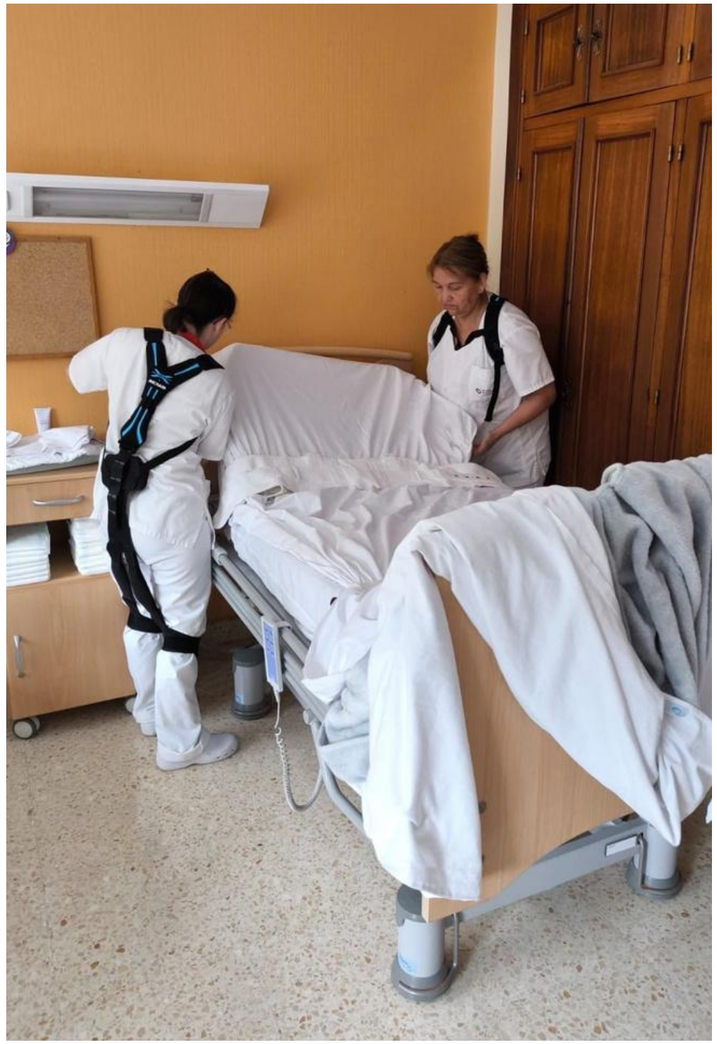




Limpieza y aseo







¿Gasto o inversión?

Hablemos de números

¿Cuánto cuesta un exoesqueleto?

5.º Encuentro Nacional
Seguridad y salud en el trabajo



CDYB-Fit

Espalda

2,8 salarios mínimos

US$1.550
≈ $5,0 millones



HeroWear Apex 2

Espalda

3,4 salarios mínimos

US$1.850
≈ $5,9 millones



Hapo Front

Hombros y brazos

5,4 salarios mínimos

US$2.950
≈ $9,4 millones

Precios indicativos sin impuestos ni importación · TRM de referencia $3.200 · Salario mínimo 2026: $1.750.905

¿Cuánto cuesta una lesión?

Operario de picking · lesión lumbar · 6 meses de reintegro

Día del accidente

$58.000

Gestión y seguimiento

$1,5 millones

Reemplazo durante 1 mes de incapacidad

$2,8 millones

6 meses reubicado en tarea ligera (aporta 25 %)

$12,6 millones

COSTO PARA LA EMPRESA

≈ $17 millones

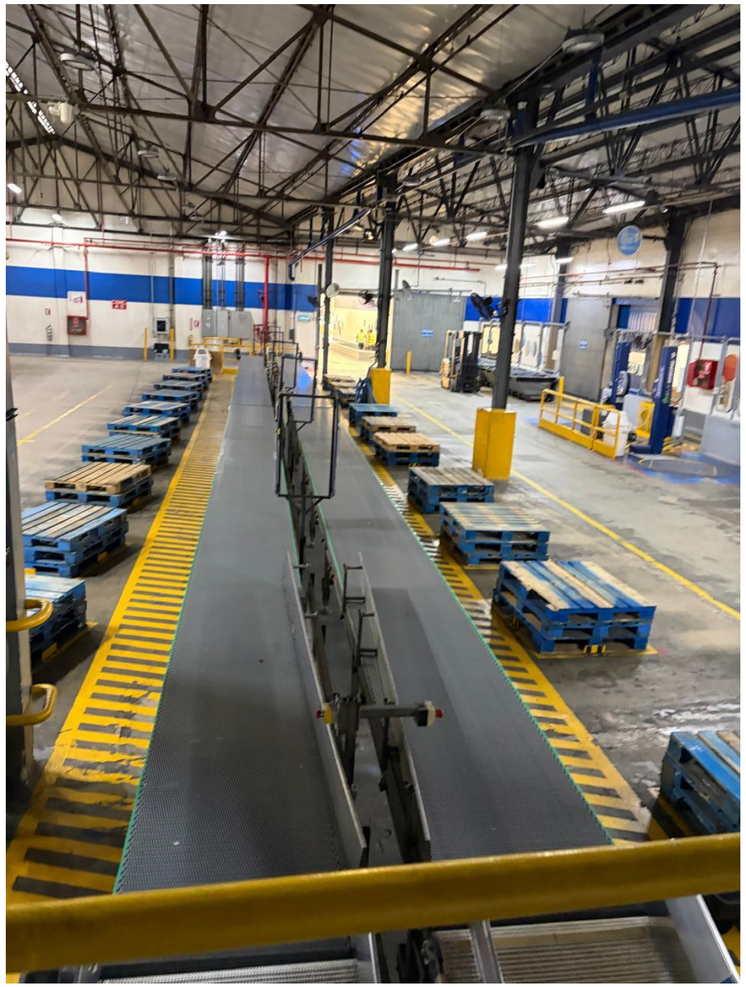
≈ 9,7 salarios mínimos

≈ US$5.300

= 3,4 exoesqueletos de espalda CDYB-Fit

Supuestos: operario a 1 salario mínimo, costo empresa ≈ $2,8 millones/mes. La ARL paga la incapacidad; la empresa paga el reemplazo y la reubicación. No incluye costos médicos, indemnizaciones ni demandas.

Mismo presupuesto, dos decisiones



Paletizado: cajas de 3–5 kg

1 manipulador por vacío

US$18.000

1 puesto fijo

Ataca el peso, que aquí no es el problema

Agarrar–elevar–soltar en cada caja

6 exoesqueletos Hapo Front

US$17.700

6 operarios protegidos

Ataca brazos elevados y repetición

Se lleva puesto: no cambia el ritmo

Para pesos bajos y medios, el manipulador no se justifica: se elige la herramienta según el factor de riesgo.

Precios del caso evaluado; el valor de un manipulador varía mucho según el modelo. TRM $3.200.

DEL CONVENCIMIENTO A LA ACCIÓN

Los números cierran. La biomecánica también.

Pero un exoesqueleto no se compra en un catálogo, se elige para una tarea…

¿Qué hace falta para dar el paso?

NUESTRO MODELO

ExoLab TECHNOLOGIES

Fase 1

1.1. Caracterización del riesgo biomecánico

1.2. Identificación de tareas a intervenir

1.3. Evaluación de impacto

Fase 2

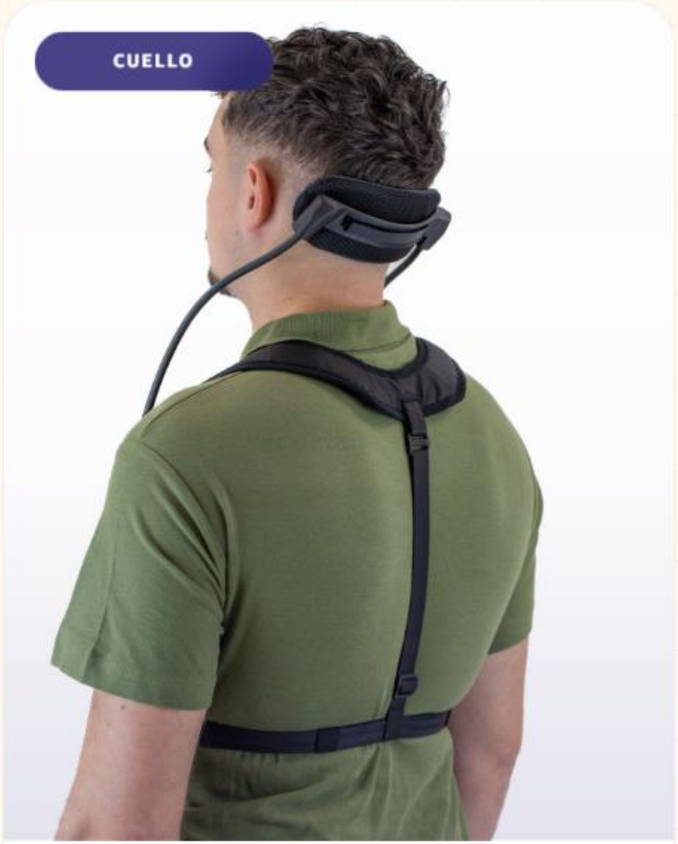
Prueba piloto (2-4 semanas)

- Formación personalizada
- Integración paulatina
- Evaluación de usabilidad y aceptación

Fase 3

Transferencia

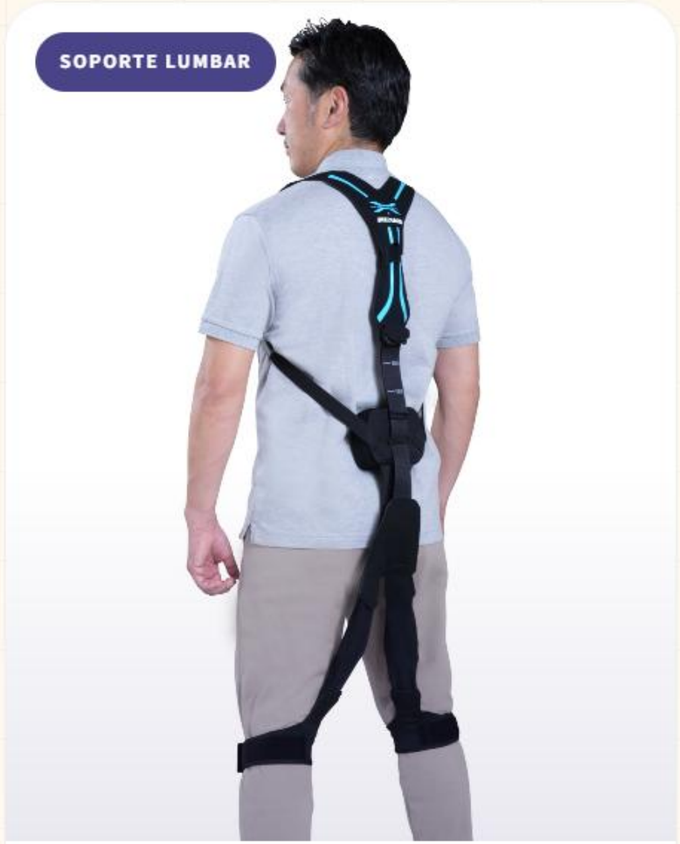
- Renta integral (WaaS)
- Compra de equipos
- Seguimiento y servicio post-venta



Hapo NECK

Soporte cervical para posturas elevadas

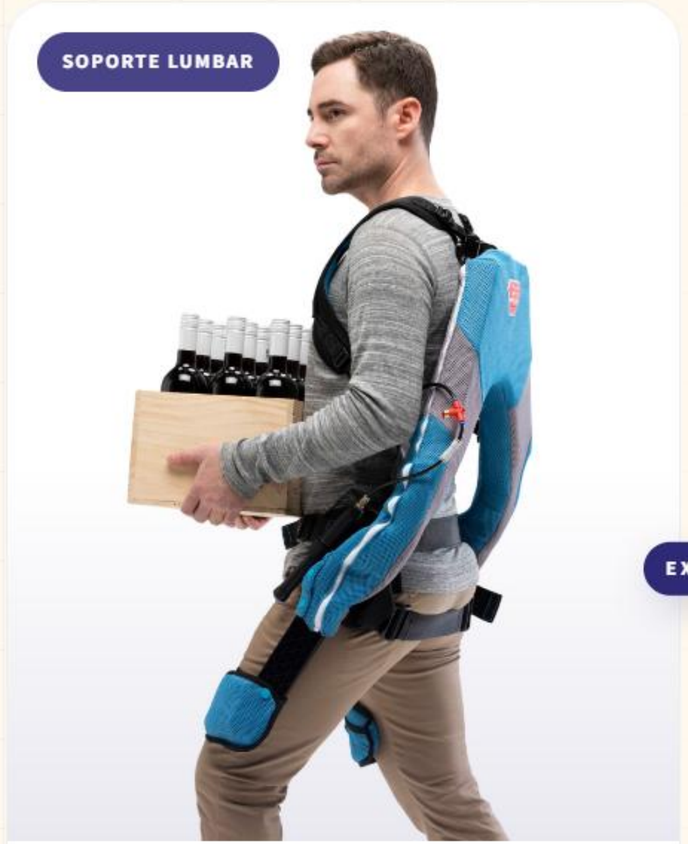
Soporta la musculatura del cuello con cabeza y mirada elevadas, transfiriendo la carga hacia la espalda media. Se integra con el Hapo UP.



Muscle Suit Soft-Power

Ultraligero como una prenda de ropa

Alivia la zona lumbar en tareas dinámicas sin restringir el movimiento. El soporte se activa y desactiva con un simple clip.



Muscle Suit Every

Músculo artificial neumático para cargas pesadas

Genera una potente fuerza de empuje mediante músculo artificial neumático. Reduce directamente la carga lumbar en levantamientos repetitivos.

5.º Encuentro Nacional
Seguridad y salud en el trabajo



Gracias

SCAN ME

www.linkedin.com/in/yaniel-torres

yaniel.torres@udea.edu.co

ExoLab TECHNOLOGIES

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
Facultad Nacional de Salud Pública
Héctor Abad Gómez

RIESST
RED DE INTERCAMBIO EN ERGONOMÍA Y SST