

# Guia bàsica d'exoesquelets



UNIÓ GENERAL  
DE TREBALLADORS  
I TREBALLADORS  
DE CATALUNYA

Edició: UGT de Catalunya. Any 2021

Elaboració i dinamització: Oficina Tècnica de Prevenció de Riscos Laborals.

Secretaria de Política Sindical

Disseny i maquetació: Comunicació i Imatge UGT de Catalunya

Fotografia: Getty Images, Iturri, Hilti

Correcció: pendent de revisió lingüística pel Servei Lingüístic UGT de Catalunya

Amb la col·laboració de



Generalitat de Catalunya  
**Departament d'Empresa  
i Treball**



# Índex

Introducció

Què és un exoesquelet?

Classificació

Exemple d'exoesquelets

Implementació d'un exoesquelet

Riscos dels exoesquelets

Normativa aplicable

Delegats i delegades de prevenció i exoesquelets

Punts clau

Bibliografia

## Introducció

Els trastorns múscul-esquelètics són la primera causa de malaltia professional i d'accident de treball per sobrecàrrega. Per reduir aquesta càrrega física i garantir la seguretat i la salut de les persones a la feina es fan servir exoesquelets. Els exoesquelets són dispositius portàtils que milloren o suporten la força de l'usuari.

Els exoesquelets poden ser una bona eina per reduir els riscos ergonòmics. Però s'han d'implantar una vegada s'han adaptat totes les mesures de prevenció del disseny del lloc de treball i totes les mesures col·lectives necessàries abans d'implantar un exoesquelet. També s'han d'escollir amb criteris tècnics i preventius i la seva integració s'ha de fer de forma planificada i metodològica.

L'objectiu d'aquesta guia és dotar als delegats i delegades de prevenció dels coneixements necessaris sobre els exoesquelets i els seus tipus, com ha de ser la seva integració a l'empresa, possibles riscos dels exoesquelets, normativa aplicable, etc. amb el fi de poder prendre decisions objectives, fer propostes, etc. En definitiva adaptar-se a les noves tecnologies i continuar sent agents actius de la prevenció de riscos laborals.

## Què és un exoesquelet?

Un exoesquelet és un equip dissenyat per a adaptar-se a la persona i prestar-li ajuda durant la realització de tasques, alleujant aquelles parts del cos exposades a sobreesforços o postures mantingudes.

Aquests dispositius agafen el seu nom de l'esquelet extern que recobreix, protegeix i suporta el cos d'un animal. Tot derivant d'aquesta idea de protecció i subjecció externa, s'estan dissenyant exoesquelets amb múltiples funcions.

L'àmbit on es va desenvolupar l'ús d'exoesquelets va ser el militar. Van ser desenvolupats per a reduir la càrrega física dels soldats, així com augmentar l'estabilitat per a augmentar la precisió de tir, suportar el pes dels equips de protecció, etc. Aquests exoesquelets van ser adaptats als usos de rehabilitació/assistència de les persones amb problemes neurològics o traumatològics amb la finalitat d'ajudar-los amb la marxa (caminar). El percentatge d'assistència per part del robot per a fer el pas, l'altura, longitud i velocitat del pas són algunes de les variables que es poden ajustar perquè s'adeqüi la marxa que el terapeuta consideri adequada per al treball amb el pacient. Finalment, aquests exoesquelets també van ser adoptats i desenvolupats ràpidament pel sector industrial, gràcies principalment a la indústria de l'automòbil. I són l'objecte d'aquesta guia. Actualment, també s'estan desenvolupant en el sector de l'esport i temps lliure, per exemple, assistint als esquiadors restant càrrega a les cames.

Els exoesquelets de l'àmbit laboral estan dissenyats per proporcionar un suplement de força local a l'esquena, espatlles, colzes, canell, mans, inclòs dits, mentre realitza un moviment específic, per compensació dels seus esforços o per un augment de les seves capacitats motrius. Així, permet a la persona un increment de la força i/o assistència en els moviments o en les postures. Mentre les mesures tècniques o organitzatives ofereixin possibilitats per a millorar el disseny ergonòmic, no s'ha de preferir l'ús d'exoesquelets.

Les seves funcions principals són donar suport físic en aquelles tasques on es produeixin, postures forçades, o moviments repetitius, manipulació manual de càrregues com per exemple, postures estàtiques amb braços per sobre de les espatlles, manipulació de pes sostingut o maneig de càrregues, bipedestació prolongada, etc.

Un exoesquelet pot reduir la càrrega suportada per algun grup muscular, però les càrregues manipulades o suportades seran les mateixes que sense la seva ajuda. És fals que un exoesquelet passiu augmenti la força de qui l'usa, si bé és cert

que en el cas dels exoesquelets actius es redueix la força que ha de realitzar l'usuari. Per això, la utilització d'un exoesquelet no ha de permetre incrementar ni el pes, ni el ritme de treball, etc. sinó, únicament alleugerir aquests.

Lògicament, el seu ús es planteja en aquells llocs de treball on hi hagi factors de risc ergonòmic per càrrega física, ja sigui aixecament de càrregues, postures forçades o moviments repetitius. També cal considerar que els exoesquelets proporcionen una assistència molt específica i no poden pretenen respondre genèricament a les limitacions de totes les situacions de treball i totes les tasques subjacents. És a dir, amb un exoesquelet dissenyat per extremitats superiors podem disminuir la càrrega física de les espatlles però no els problemes derivats de la bipedestació (mantenir-se dempeus).

També poden ser d'utilitat en empreses durant les fases de reincorporació de persones després d'una absència per restricció mèdica, per a reduir l'absentisme i la rotació del personal o desitgin adaptar les tasques a les capacitats de plantilles envellides, incorporant sempre la visió de l'àrea de medicina del treball en el procés.

Diversos estudis sobre l'ús d'exoesquelets no robotitzats (Exosquelettes au travail: impact sur la santé et la sécurité des opérateurs état des connaissances, INRS, octubre 2018) avalen aquests avantatges, quantificant la reducció dels esforços que realitzen les persones treballadores, i dels quals s'han obtingut unes certes conclusions, entre les quals es troben:

- Els destinats a redreçar l'esquena redueixen els esforços dels músculs lumbaris entre un 10 i un 40% en tasques de manipulació que operen en el pla sagital.
- Els destinats a elevar els membres superiors disminueixen la percepció de l'esforç sobre les espatlles en més d'un 50%.
- En tasques de manipulació en flexió/extensió del tronc redueixen les forces de comprensió sobre les vèrtebres lumbaris entre un 23 i 29%.
- En tasques estàtiques es pot aconseguir una disminució de l'activitat dels músculs lumbaris entorn del 10-40%, un 24% dels músculs que mobilitzen el maluc i un 50% del coll.
- S'ha observat un increment significatiu del temps durant el qual el personal de la secció d'assemblatge que manté el tronc flexionat cap endavant no refereix dolor o molèstia.

Actualment, els exoesquelets hi són en varietat d'activitats. Els sectors que on hi ha una major implantació és la indústria en tasques de fabricació, muntatge i manipulació del metall, ja siguin en els sectors de l'automoció, l'aeronàutica, la

fabricació de béns d'equips i electrodomèstics. També hi ha hagut una ràpida implantació en el sector de la logística.

En tota Europa, més del 30% de les tasques laborals estan relacionades amb la manipulació manual de càrregues (Eurofound, 2012), el que representa un risc important per a la salut. El treball que implica tasques repetitives, la manipulació de càrregues pesades, el treball per sobre del nivell del cap o les postures forçades del cos ofereixen diverses possibilitats per a l'ús d'exoesquelets. En aquest context, els llocs de treball industrials, els serveis de lliurament de mobles, els serveis d'urgència i els hospitals són d'interès per a aquest tema. No obstant això, és rellevant reconèixer que el disseny ergonòmic s'aplica principalment en els llocs de treball estàtics.

## Classificació

Existeixen diferents tipus d'exoesquelets segons la font d'alimentació empleada i la part del cos que interactua.

### Segons la font d'alimentació empleada:

- **Passius.** No tenen alimentació elèctrica. Aquests equips disposen d'una estructura rígida, amb parts articulades, conjunts de molls i/o amortidors, que es col·loquen sobre el cos de la persona i s'ajusta a través de cintes amb l'ajuda de sivelles i velcros. No aporten una força addicional, sinó que fan un repartiment més equitatiu de l'esforç realitzat redistribuint-lo a zones musculars més potents, per la qual cosa el múscul que inicialment fa el treball fa menys força i es redueix la fatiga i el risc de lesió. És a dir, pot reduir la càrrega suportada per algun grup muscular, però les càrregues manipulades o suportades seran les mateixes que sense la seva ajuda. Per exemple, en lloc de fer ús dels músculs de l'esquena, fan ús dels músculs de les cames que són més grans i forts. Actualment, la majoria que es troben són d'aquesta categoria.
- **Actius.** Funcionen amb energia elèctrica sigui mitjançant bateries o endollats a la xarxa elèctrica. Es componen d'una estructura mecànica que funciona amb motors elèctrics o sistemes hidràulics. També trobem exoesquelets robotitzats que es controlen amb l'ajuda d'un ordinador que detecta els moviments de la persona amb sensors i activen els actuadors que donen el moviment. Aquests exoesquelets sí que incrementen la força de la persona que l'hi manipula reduint l'esforç físic.

### Segons la mobilitat

- **Fix:** el dispositiu es troba fixat a una paret o suport o, fins i tot, suspès en l'aire per un ganxo fix i un arnès.
- **Suportat:** l'exoesquelet s'uneix a un carril elevat que està suportat per un bastidor mòbil o per un robot de rodes adjacent. D'aquesta manera els motors pesats, controladors i bateries són suportats externament mentre continuen concedint mobilitat a la persona. Els fixos i suportats es fan servir a la indústria a determinats llocs de treball específics com ara una cadena de muntatge.
- **Mòbil:** tant la persona com l'exoesquelet poden moure's lliurement. Actualment són els més utilitzats.

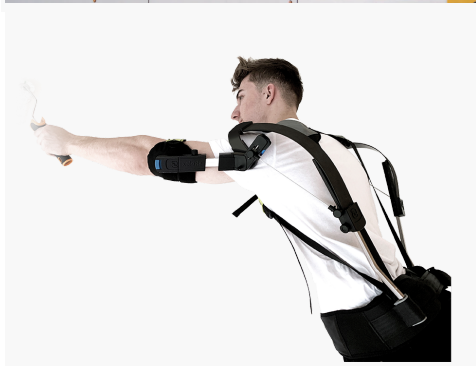


## Segons la part del cos:

- Cos sencer.
- Esquena
- extremitats superiors: braços, canells, mans, dits.
- extremitats inferiors: cames, malucs, genolls, turmells, etc.

## Exemple d'exoesquelets

**Espatlles i esquena dorsal.** Indicats per als treballadors que tinguin els braços elevats durant un temps prolongat. Redueixen la càrrega produïda en la musculatura dels membres superiors i l'esquena en fer tasques amb els braços a l'altura de les espatlles o per damunt, proporcionant un suport per a mantenir-los elevats sense carregar els músculs d'aquesta zona, és a dir, fan de suport dels braços per a poder mantenir-los elevats durant més temps i amb menys esforç suportant la seva càrrega repartint la càrrega de la part superior de l'esquena i les espatlles cap a la zona lumbar i els malucs.



«Silla sin silla» (chairless chair): Indicat per a treballadors i treballadores que estiguin gran part o la totalitat de la seva jornada dempeus. Es fan servir en llocs de treball estàtics que hagin de mantenir-se dempeus però no caminar distàncies considerables. Permet que la persona pugui alternar entre posicions dempeus i assegut fent les funcions d'una cadira que la pròpia persona porta i amb simplement ajupir-se una mica la mecànica de l'exoesquelet fa de suport perquè pugui descansar les cames. També protegeixen l'esquena al poder descansar la musculatura lumbar.



**Esquena lumbar:** Indicat per a treballadors i treballadores en llocs de treball en els quals es requereix una inclinació de l'esquena cap endavant mantinguda en el temps o repetitiva. Fa que part del pes es reparteixi entre els malucs i els músculs de les cames i del tòrax.



**Ma:** indicat per als treballadors i treballadores que han de fer servir eines pesades de forma prolongada. Es tracta d'un exoesquelet actiu que reforça la capacitat de pressionar i sostenir eines amb la mà de manera prolongada. Recordem que els exoesquelets actius són és que necessiten energia elèctrica per funcionar i aquest incorpora un motor que ajuda a reduir l'esforç emprat.



Aquesta és una petita mostra dels exoesquelets que s'estan comercialitzant actualment. El desenvolupament tecnològic està sent molt ràpid i caldrà estar atent a les novetats.

## Implementació d'un exoesquelet

El primer que s'ha de fer abans d'implementar un exoesquelet en un lloc de treball és fer l'avaluació ergonòmica específica i intentar implantar mesures de prevenció en origen com ara, canvi del disseny del lloc de treball, disminució de pesos, ús de plataformes per elevar el pla de treball, reorganització de les tasques, etc. S'han d'aplicar els principis de l'acció preventiva que estableix l'obligatorietat de combatre els riscos a l'origen i la necessitat de l'adopció de mesures que anteposin la protecció col·lectiva a la individual.

S'ha de comptar també amb la participació de les treballadores i treballadors i dels delegats i delegades de prevenció amb caràcter previ a la seva execució tal com estableix els articles 33 i 36 respectivament de la Llei de prevenció de riscos laborals.

Es recomanable crear un grup de treball format les persones afectades per l'ús potencial d'exoesquelets (direcció, producció, servei de prevenció, delegats i delegades de prevenció, treballadors i treballadores, etc.) Cal adaptar-ho al context de cada empresa.

El Institut Nacional d'Investigació Seguretat francès (INRS) ofereix una metodologia pròpia per als prevencionistes per l'adquisició i integració d'un exoesquelet a les empreses amb tres fases diferenciades. Aquesta proposta de l'INRS és un bon exemple de metodologia per l'adquisició i la integració d'un exoesquelet en l'àmbit laboral. L'empresa pot aplicar la metodologia que consideri més adient per les seves circumstàncies. Però és recomanable que es faci de forma metòdica i amb criteris preventius. És a dir, que no es faci de forma arbitrària, sense preparació prèvia, ni avaluació.

## El mètode d'acció en tres fases

### Fase 1. Ajuda amb la decisió

#### 1r Pas.

Anàlisi de la càrrega física de treball i recerca de vies de prevenció:

S'espera:

- Identificar situacions laborals que poden beneficiar-se de solucions prevenció col·lectiva i organitzativa.
- Identificar les tasques que es poden beneficiar d'assistència física específica

#### 2n pas

Descripció detallada de les tasques que es poden beneficiar d'assistència física específica

S'espera:

- Identificar les característiques específiques de les tasques seleccionades

#### 3r pas

Validació col·lectiva de les característiques de l'exoesquelet

S'espera:

- Enumerar criteris objectius a incloure en el plec
- Acordar l'exoesquelet més adequat

**Resultat: Elecció d'un exoesquelet potencialment adequat**

### Fase 2. Avaluació de la interacció humà-exoesquelet

#### 1r Pas.

Introducció de criteris i eines d'avaluació

S'espera:

- Conèixer els criteris d'avaluació
- Seleccionar eines d'avaluació

#### 2n pas

Elaboració del protocol d'avaluació

S'espera:

- Registre en un protocol estructurat

#### 3r pas

Aprenentatge fora d'una situació laboral real.

S'espera:

- Familiaritzar-se amb l'exoesquelet i aprendre la tasca i el seu entorn

- Decidir la continuació de l'avaluació en una situació laboral real

#### **4t pas**

Implementació en una situació laboral real

S'espera:

- Aprendre en profunditat l'ús de l'exoesquelet
- Decidir sobre la integració definitiva, o no, de l'exoesquelet segons resultats de l'avaluació

**Resultat: Integració d'un exoesquelet eficaçment adaptat**

### **Fase 3. Feedback o avaluació contínua**

S'espera:

- Realitzar comentaris a curt, mitjà i llarg termini sobre l'ús de l'exoesquelet sobre la salut i la seguretat dels operaris canvis en les situacions laborals

Sigui amb aquesta metodologia o un altre, com a delegats i delegades de prevenció heu de tenir en compte diferents consideracions perquè l'adquisició i integració d'un exoesquelet es facin amb criteris preventius. Un procés participatiu i metodològic en diferents etapes poden formar part d'un procés millora contínua, assegurant que es té en compte la prevenció de riscos laborals en compliment dels principis generals de prevenció.

### **Consideracions per la fase ajuda amb la decisió**

Cal determinar, per una banda, quins llocs de treball es poden veure beneficiats per un exoesquelet i per altre cal decidir quin exoesquelet és el millor per les tasques.

Una vegada, s'observa que no es poden aplicar més mesures de prevenció en l'origen o col·lectives, s'ha de fer un estudi de la situació amb tota la documentació de la gestió preventiva i laboral:

- avaluació de riscos, planificació preventiva, ús d'equips de protecció individual, etc.
- informes d'investigació de malalties professionals o accidents de treball
- baixes laborals
- treballadors o treballadores especialment sensibles amb limitacions relacionades amb l'ergonomia, menors d'edat o personal d'edat avançada
- rotació de personal en els diferents llocs de treball
- absentisme recurrent



- ús freqüent de treballadors o treballadores temporals
- queixes dels treballadors i treballadores
- etc.

També s'ha de fer una descripció detallada de les tasques requerides assistència física específica. Per això es pot fer servir un full de tasques específic que permet una descripció de cadascun de les tasques amb una elevada càrrega física o un profesiograma específic per a cada persona. S'ha d'analitzar en profunditat:

- **Esforços físics:** pesos desplaçats i moviments d'arrossegament i embranzida, desplaçaments, facilitat de subjecció.
- **Dimensions de la situació de treball:** postures i moviments estàtics i dinàmics, possibilitat d'ajustos dels equips de treball, accessos i circulació.
- **Aspectes temporals:** freqüència i durada de les tasques, períodes de recuperació.
- **Factors ambientals:** temperatura, humitat, soroll, il·luminació, vibració, desnivells, ús de EPI, treball en interior o exterior, ambients pulverulents.
- **Característiques organitzacionals:** horaris irregulars, seqüència de l'activitat, ritmes de treball, formació de les persones treballadores en PRL, maduresa tecnològica, possibilitats de modificació dels mètodes de treball.

D'aquesta anàlisi s'han d'extreure i descriure les tasques que poden beneficiar-se de la incorporació d'un exoesquelet. I així, es poden conèixer les necessitats en termes d'assistència física específica per triar el bonimi l'exoesquelet més adequat pel lloc de feina on s'implantarà i els llocs de treball o persones on és prioritari la seva implantació.

## Consideracions avaluació de la interacció humà-exoesquelet

Una vegada escollit el lloc de treball i l'exoesquelet cal assegurar-se que l'elecció s'ha fet de forma correcta.

Per a determinar-los, podem plantejar-nos les següents preguntes:

- Quines són les aportacions i limitacions de la tecnologia?
- Quins són els seus riscos i mesures preventives corresponents?
- Quines zones corporals estaran més exposades a la interacció?
- Quines són les condicions d'operació de la tasca utilitzant la nova tecnologia?
- Quins ajustos específics han de realitzar-se sobre la tecnologia per a tenir en compte la variabilitat de tasques i la variabilitat individual de les persones treballadores (talla, gènere, edat)?

Per això, s'han d'introduir criteris i eines per avaluar la rellevància de l'ús d'un exoesquelet. El mateix INRS proposa els següents:

- **Conveniència:** implica avaluar fins a quin punt l'operador ve convenient l'equip en el seu entorn de treball. Quins són els indicadors que mostren que l'operador ha integrat l'exoesquelet en la seva activitat laboral, entre les eines de què disposa?
- **Utilitat:** es tracta d'avaluar si la tasca es realitza amb èxit amb l'assistència física. L'exoesquelet realitza el servei per al qual va ser adquirit?
- **Usabilitat:** implica avaluar la facilitat d'ús de l'equip. És fàcil utilitzar l'exoesquelet?
- **L'impacte:** implica avaluar les modificacions a les estratègies operatives de l'usuari així com els efectes sobre l'entorn i el grup de treball. Quines conseqüències té l'ús de l'exoesquelet en la forma de treballar de l'usuari i del col·lectiu?
- **Seguretat:** implica avaluar els riscos per a la seguretat del treballador o treballadora i l'entorn. Quins són els efectes de seguretat de l'ús de l'exoesquelet?

Les eines d'avaluació poden ser de dos tipus: objectives (mesurament de paràmetres fisiològics o físics) o subjectives (recollint l'opinió del personal). És interessant combinar totes dues perquè són complementàries. L'elecció de l'una o l'altra es realitzarà en funció del criteri d'avaluació, les dimensions a mesurar, els recursos tècnics, humans, temporals i econòmics a emprar.

Seguidament, s'ha de definir un mostreig. És a dir, demanar a una mostra de les futures persones involucrades que voluntàriament avaluin segons criteris descrits anteriorment. Aquesta mostra ha de ser suficient i representativa. I finalment, s'ha de provar l'exoesquelet. Per avaluar la contribució de l'exoesquelet, cal comparar l'assoliment de la tasca amb l'exoesquelet i sense. Cada treballador voluntari haurà d'executar la tasca en ambdues modalitats, amb i sense exoesquelet. És recomanable que les opinions siguin recollides de forma anònima. S'ha de valorar:

- Instruccions d'ús.
- Temps màxim d'ús permès.
- Lleugeresa i llibertat de moviments (facilitat per a caminar, treballar dempeus, estirar-se, asseure's, moure i girar espatlles, etc.).
- Facilitat d'integració, temps d'aprenentatge.
- Manteniment.
- Autonomia o limitacions per motors o bateries.
- Facilitat per a posar/llevar.
- Tallatge disponible.

- Regulació de la càrrega.
- Efecte moll, que obliga a compensar l'embranchida del mecanisme per a modificar la postura de treball.
- Ajust independent a les extremitats.
- Possibilitat d'integrar comando per veu/ intenció de moviment

Les persones que provin dels exoesquelets, han de rebre formació, que ha de ser teòric-pràctica. Cal fer un descobriment progressiu de l'ús de l'exoesquelet. Això implica donar a la persona els mitjans per construir els seus primers punts de referència (fluïdesa moviments, possibles ajustos del sistema, sensació de l'operador, etc.) pel que fa a la seva interacció amb l'exoesquelet. Per a això, és imprescindible, prèviament, informar la persona dels riscos específics associats a l'ús de l'exoesquelet.

Una vegada la familiarització amb l'exoesquelet és efectiva, la persona equipada amb l'exoesquelet pot dur a terme la tasca reproduïda per refinar el seu aprenentatge. És recomanable reproduir una tasca tan propera com sigui possible a la situació laboral real per tal de restar l'operador dels requisits de producció. Si això no és possible, la fase d'aprenentatge pot tenir lloc directament en la situació laboral real.

Per valorar la implementació en situació laboral real, s'ha de tenir en compte els elements resumits de la fase de formació realitzada fora de la situació real de treball per adaptar la càrrega de treball real per a l'ús de l'exoesquelet abans de la seva integració (temps de cicle, reconfiguració d'elements materials, possibilitat de treballar diferent...). La persona ha de disposar de temps suficient per adaptar-se. El temps variarà en funció de factors vinculats a la persona, a l'exoesquelet, la tasca a realitzar i entorn de treball.

Finalment, s'ha de reavaluar amb els criteris escollits per a l'avaluació de la interacció humà-exoesquelet, com ara els proposats per l'INRS: conveniència, utilitat, usabilitat, impacte i seguretat.

I així, l'empresa disposarà dels elements de judici suficients per a prendre una decisió raonada sobre la conveniència de seguir endavant amb la implantació i adquirir una solució ja disponible en el mercat, buscar una adaptació a mida o valorar un altre tipus de solucions.

## **Comentaris pel *feedback* o avaluació contínua**

El treball no s'acaba quan s'implanta un exoesquelet en un lloc de treball. S'ha de continuar fent avaluacions a curt, mitjà i llarg termini, en particular, sobre els

possibles efectes sobre la salut de les persones que en fan ús. L'avaluació s'ha de basar en la comparació entre la situació inicial i les situacions a curt, mitjà i llarg termini. Una avaluació contínua garanteix que l'acció implementada sigui sempre eficient, independentment dels canvis en la situació laboral.

## Riscos dels exoesquelets

Abans de la implantació d'un exoesquelet, el servei de prevenció de l'empresa ha de fer una avaluació de riscos, ja que es tracta de la introducció d'una nova tecnologia i l'empresa ha d'aplicar abans del començament de l'ús per part de les treballadores i treballadors les mesures de prevenció necessàries per garantir la seguretat i la salut de les persones.

Els riscos més comuns de l'ús per especialitat preventiva de l'ús d'un exoesquelet són:

### Seguretat

- Rascades, molèsties i irritació de la pell a causa de la fricció o pressió repetida de l'exoesquelet sobre determinades parts del cos a causa d'una talla inadequada, mal ajust, ús prolongat, moviments de rangs excessius, etc.
- Disconfort, compressions de músculs o nervis, per contacte directe o pressió mantinguda. Possible incompatibilitat amb certs implants o pròtesis de les persones usuàries.
- Risc de col·lisió amb una tercera persona o elements de l'entorn pel canvi en la propiocepció (capacitat de sentir la posició relativa de les parts corporals), ja que que les mesures corporals amb l'exoesquelet canvien.
- Caiguda de la persona usuària per desequilibri (nova distribució de les masses, posicions del cos o segments corporals, inèrcia, etc.), moviments incontrolats, problemes d'equilibri estàtic i dinàmic i de propiocepció, tant en la fase d'ús o en retirar l'exoesquelet.

### Ergonomia

- Desplaçament d'unes certes restriccions a altres parts del cos originant trastorns musculoesquelètics per exemple lumbàlgies en l'ús d'exoesquelets de membres superiors.
- Riscos ergonòmics derivats de la pertorbació del moviment per modificació de la repartició de les masses i de la inèrcia de l'operador, així com de moviments incontrolats.
- Disconfort tèrmic per l'ús mantingut de l'exoesquelet principalment en ambients calorosos.
- Augment del ritme cardiovascular pel pes de l'exoesquelet i la realització d'uns certs moviments.
- Augment de la càrrega física global a causa del pes i volum de l'exoesquelet.
- Lesions articulars per depassament dels límits fisiològics de l'operador.

- Trastorns sensorials (tacte, percepció de força i control de moviments...), reducció de la massa muscular, trastorns de l'equilibri (postura, moviments travats, etc.).
- Problemes musculars per immobilització o reducció de la mobilitat d'una articulació.
- Sensació similar a la de flotar a la retirada d'un exoesquelet, per la qual cosa es necessitarà un cert temps abans de començar una altra tasca
- Dificultats en la seva col·locació en posar-s'hi i llevar-s'hi l'exoesquelet. Cal tenir-ho en consideració també en el pla d'emergència. Els dissenyadors també han de considerar les situacions en les quals els treballadors poden estar solos.

### **Higiene industrial**

- Risc biològic per condicions higièniques inadequades en cas de compartir d'un mateix exoesquelet entre diverses persones. Cal netejar-ho i desinfectar-ho abans.

### **Psicosociologia**

- Increment de la càrrega mental de treball que pot derivar en estrès donat que determinades activitats executades amb exoesquelets requereixen una major atenció a causa d'una modificació mètodes operatius i estratègies de les persones.
- Augment de la càrrega mental per una possible posada en qüestió de l'experiència de la persona treballadora, pressió de temps, etc.
- Sensació de pèrdua de control i autonomia.
- Incidència sobre la perícia de les persones treballadores per la necessitat de reajustament d'habilitats motrius i sensitives.
- Resistència al canvi de les persones a l'introduir una nova tecnologia.
- Un sistema d'implantació d'exoesquelets injust no basat en aspectes preventius pot generar conflictes i mal clima laboral.

### **Medicina del treball**

És molt important que el metge o metgessa del treball conegui que la persona fa servir un exoesquelet per elaborar el protocol dels reconeixements mèdics específics i així estudiar els possibles efectes a la salut de les persones.

Es tracta d'una nova tecnologia i que no existeixen estudis sobre els efectes a llarg termini. Caldrà estar atent a les noves evidències científiques i nous criteris tècnics.

## Normativa aplicable

A causa de la seva àmplia gamma d'aplicacions en l'àmbit de la rehabilitació, la indústria i l'exèrcit i als seus diferents tipus de construcció, encara no existeix una regulació o certificació uniforme dels exoesquelets.

Els exoesquelets han de considerar-se un equip de treball que porta la treballadora o treballador. No es consideren equips de protecció individual. No estan recollits amb la normativa específica d'EPIs, ni cap norma de disseny tècnic o procediment de certificació, etc. i, per tant, no els hi aplica.

Sí que els hi aplica la normativa d'equips de treball, establerta a l'article 41 de la LPRL que estableix que els fabricants, importadors i subministradors de maquinària, equips, productes, matèries primeres i útils de treball estan obligats a:

- Assegurar l'efectivitat d'aquests, sempre que siguin instal·lats i usats en les condicions i de la forma recomanada per ells.
- Han de proporcionar la informació necessària perquè la utilització i manipulació de la maquinària es produeixi sense riscos per a la seguretat i la salut dels treballadors, així com perquè els empresaris puguin complir amb les seves obligacions d'informació respecte dels treballadors.

El exoesquelets actius els hi serà d'aplicació també, el Reial decret 1435/1995 que estableix uns mínims essencials de seguretat i salut en les màquines i els components de seguretat no intercanviables, de manera que els exoesquelets que no compleixin aquests requisits no podran ser comercialitzats.

Aquests requisits són:

- Disposar de la declaració de conformitat declarant que l'exoesquelet ha estat fabricat conforme a la normativa europea i que, per tant, es responsabilitza de la seguretat del producte. Amb aquest informe s'aconsegueix la certificació de seguretat europea CE.
- L'exoesquelet disposarà d'una placa d'identificació amb el marcat «CE».
- Manual d'instruccions redactades en la llengua original del país de fabricació i en la llengua del país d'ús que ha de contenir: condicions d'utilització; llocs dels operadors; instruccions per a efectuar sense risc la instal·lació; la posada en servei, la utilització, la conservació, el manteniment, la reparació i el reglatge; instruccions d'aprenentatge; característiques de les eines; contraindicacions d'ús; plans i esquemes en matèria de seguretat; presentació de l'exoesquelet d'acord amb el manual; prescripcions per a la reducció del soroll i les vibracions i indicacions sobre soroll aeri; indicacions per a atmosferes explosives.

També als exoesquelets actius se'ls hi pot aplicar la regulació internacional de robots i dispositius robòtics (ISO 10218-1:2011) i els requisits de seguretat per a robots de cura personal (ISO 13482:2014).

La normativa de manipulació manual de càrregues RD 487/1997 i la seva guia tècnica estableixen que el pes màxim a carregar per a la població general en condicions ideals és de 25 kg, 15 kg per a dones, joves o majors i 40 kg per a persones entrenades en circumstàncies especials. La normativa no contempla incrementar la càrrega màxima a elevar, ni tan sols en l'ús d'exoesquelets actius motoritzats. I recordar que com hem dit anteriorment, l'ús d'exoesquelets s'ha d'incloure en la gestió preventiva: avaluació de riscos, planificació, informació i formació, etc. que estableix la Llei 31/1995 i la seva normativa de desenvolupament.



## Delegats i delegades de prevenció i exoesquelets

El paper dels delegats i delegades de prevenció en l'empresa és fonamental per potenciar la millora de les condicions de treball. Com hem vist anteriorment, les delegades i els delegats de prevenció han de ser informats abans d'implantació d'un exoesquelet com qualsevol canvi que pugui afectar a la seguretat i la salut de la plantilla.

Els delegats de prevenció hi han de comprovar durant el procés d'implantació d'un exoesquelet que:

- Les decisions de quin exoesquelet i on s'implanta es fa amb criteris preventius.
- Que els avantatges de la utilització superen els inconvenients. I quan això ocorre, no es tomaren represàlies contra la persona a la qual no si li adapta un exoesquelet.
- Les persones que ho faran servir reben tota la informació i formació suficient per a garantir la seva seguretat i salut.

Les delegades i delegats de prevenció poden ser promotors de l'ús d'aquesta tecnologia. És necessari donar arguments econòmics d'estalvi per fer front a la compra d'un equip que es poden costar entre els 2.000 i 7.000 euros. Per exemple, el costo total mitjà d'un accident lleu és de 1.002.4 euros. Segons el Manual de temps òptims d'incapacitat temporal de l'INSS, la incapacitat temporal per esquinçament o trencament del manegot dels rotatoris són 30 dies i una dorsàlgia són 20 dies el que suposa. Hi ha estudis que estimen que cada euro que s'inverteix en prevenció de riscos laborals suposa un retorn de 2,2 euros i és dades de l'Organització Internacional del Treball estableix que la prevenció en riscos laborals és 30 vegades menor que el cost d'un accident de treball o d'una malaltia professional.

## La representació sindical davant la transformació digital

En la transformació digital de la indústria, com en totes les transformacions de la indústria que l'han precedit, una primera tasca de la gestió social és l'anticipació del canvi a llarg termini. Una vegada que aquests canvis són identificats i quantificats, les habilitats dels treballadors i treballadores actuals i futurs han de canviar, i ser formats per a adaptar-se a aquesta nova situació i donar-li a les indústries els factors qualitius que necessiten per a diferenciar-se en els mercats mundials.

Els reptes i oportunitats que presenta la digitalització fan que els interlocutors socials tinguin un interès comú a facilitar l'accés a una formació i un desenvolupament d'aptituds de qualitat i eficaces, respectant al mateix temps la diversitat i flexibilitat dels sistemes de formació, que varien segons les diverses pràctiques de relacions laborals. Això suposa el compromís de les empreses d'utilitzar la tecnologia digital (els exoesquelets en aquest cas), de manera positiva, tractant de millorar la innovació i la productivitat per a la salut duradora de les empreses i la seguretat laboral de la mà d'obra, així com la millora de les condicions de treball. Juntament amb el compromís dels treballadors de donar suport al creixement i l'èxit de les empreses i de reconèixer el paper potencial de la tecnologia digital perquè les empreses continuïn sent competitives en el món modern.

És de gran importància garantir els drets d'informació i consulta de la representació dels treballadors en aquest procés en l'àmbit d'empresa, així com en els nivells sectorials, nacionals i europeu. Els canvis tècnics i les possibilitats portaran també aconseguir molts canvis socials en les empreses i en la societat. Els treballadors i els seus representants han de participar en el seu degut temps en la cerca de solucions per als desafiaments i els canvis en l'ambient de treball i han de donar la seva opinió, ja que són els experts sobre el lloc de treball.

Només si els representants dels treballadors i els sindicats tenim suficient informació i els drets de consulta necessaris, tindrem la possibilitat d'actuar i utilitzar el moment de la transició a l'era digital per a l'establiment de bones normes en l'àmbit d'empresa i per a negociar bons convenis col·lectius per a abordar els canvis.

## Punts clau

- Un exoesquelet és un equip dissenyat per a adaptar-se a la persona i prestar-li ajuda durant la realització de tasques, alleujant aquelles parts del cos exposades a sobreesforços o postures mantingudes.
- Els exoesquelets es fan servir individualment. Cal aplicar totes les mesures ergonòmiques tècniques o organitzatives abans d'implantar un exoesquelet.
- Els sectors amb major implantació d'exoesquelets són la indústria i la logística.
- Els exoesquelets que no tenen alimentació elèctrica se'ls anomena passius. Els que en tenen actius. Segons la mobilitat, poden trobar exoesquelets fixos, suportats o mòbils.
- Cada exoesquelet ajuda a una part específica del cos en una activitat determinada. Cal buscar l'exoesquelet adient a la persona i a la tasca.
- No tothom pot portar el mateix exoesquelet i inclòs no portar-ne.
- L'adquisició i integració d'un exoesquelet s'ha de fer de forma metòdica i amb criteris preventius.
- La utilització d'un exoesquelet pot comportar riscos. El servei de prevenció ha d'avaluar-los i l'empresa ha d'implantar les mesures de prevenció necessàries abans de començar a fer ús.
- No hi ha legislació específica per exoesquelets, però els hi aplica tota la legislació de la gestió preventiva. Els exoesquelets actius han de complir amb la normativa d'equips de treball RD 1435/1995 i la regulació internacional de robots o dispositius robòtics.
- Les delegades i els delegats de prevenció han de participar activament en la implantació d'un exoesquelet a l'empresa. Han de ser informats abans d'implantació d'un exoesquelet, participar en la presa de decisions i ser promotors d'aquesta tecnologia.

## Bibliografia

Agencia Europea Seguridad y Salud en el Trabajo

**Impacto de la utilización de los exoesqueletos en la seguridad y la salud en el trabajo**

<https://osha.europa.eu/es/publications/impact-using-exoskeletons-occupational-safety-and-health>

[Consulta: octubre 2021]

Agencia Europea Seguridad y Salud en el Trabajo

***Occupational exoskeletons: wearable robotic devices to prevent workrelated musculoskeletal disorders in the workplace of the future***

<https://osha.europa.eu/es/publications/occupational-exoskeletons-wearable-robotic-devices-and-preventing-work-related-musculoskeletal-disorders-workplace-future>

[Consulta: octubre 2021]

AMETIC, CC.OO. y UGT

**Recomendaciones sobre el Impacto de la Tecnología en los Centros Productivos de Trabajo**

<https://ametic.es/es/publicaciones/recomendaciones-sobre-el-impacto-de-la-tecnologia-en-los-centros-productivos-de>

[Consulta: noviembre 2021]

Asepeyo

**Exoesqueletos en el trabajo. ¿Futuro o realidad?**

[https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/R6E21247-Folleto-Exoesqueletos-%C2%BFfuturo-o-realidad\\_Asepeyo.pdf](https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/R6E21247-Folleto-Exoesqueletos-%C2%BFfuturo-o-realidad_Asepeyo.pdf)

[Consulta: octubre 2021]

Institut National de Recherche et de Sécurité

***Acquisition et intégration d'un exosquelette en entreprise. Guide pour les préventeurs***

<https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206315>

[Consulta: octubre 2021]

Puebla Farías. D. A.

**Beneficios y limitaciones del uso de exoesqueletos ocupacionales para la prevención de trastornos musculoesqueléticos: revisión sistemática exploratoria**

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3978/1/PRESENTACION%20EXOESQUELETOS%20INDUSTRIALES%20PUEBLA%20AMANDA.pdf>

[Consulta: octubre 2021]

R-evolución industrial. Prevención y retos 4.0.

**Exoesqueletos en prevención de riesgos laborales.**

<https://www.prlcuatropuntocero.es/>

[Consulta: octubre 2021]

Rega Barca, L. Universitat da Coruña

**Lesiones musculoesqueléticas, exoesqueletos como medida de prevención.**

<https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/27708>

[Consulta: octubre 2021]

Rivera. D. Revista seguridad laboral. 9/01/2019.

**Exoesqueletos: la nueva ergonomía**

[https://www.seguridad-laboral.es/especiales-prl/ergonomia/exoesqueletos-la-nueva-ergonomia\\_20190109.html](https://www.seguridad-laboral.es/especiales-prl/ergonomia/exoesqueletos-la-nueva-ergonomia_20190109.html)

[Consulta: octubre 2021]