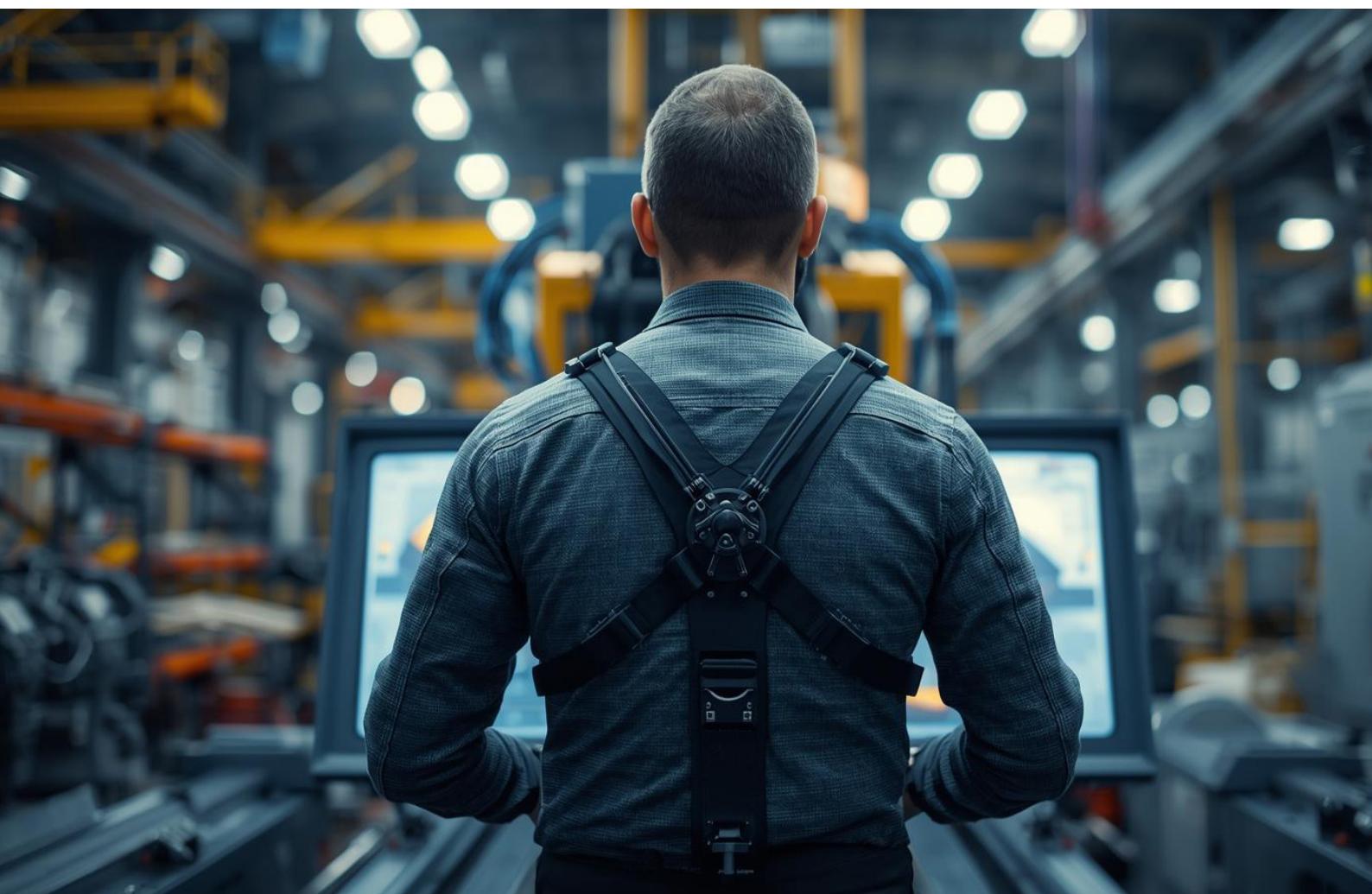


Guía para la identificación de los exoesqueletos más adecuados y su implantación en el sector del metal



Contenido

1. EL PROYECTO	3
2. INTRODUCCIÓN	4
3. EXOESQUELETOS, CONCEPTO Y TIPOLOGÍAS	6
3.1 Tipologías de exoesqueletos	8
4. PUESTOS SUSCEPTIBLES DE INCORPORAR EXOESQUELETOS	10
5. FICHAS DE AYUDA A LA SELECCIÓN DE EXOESQUELETOS	15
Ficha 1: Carga y descarga de bastidores	14
Ficha 2: Soldadura	17
BIBLIOGRAFÍA	21

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a las empresas y personas trabajadoras que han participado en el estudio.

1. El proyecto

Este proyecto/acción (TRCOIN/2025/23) ha sido apoyado/a por la Conselleria de Educación, Cultura, Universidades y Empleo en el marco de las subvenciones en materia de colaboración institucional, a través de acciones sectoriales e intersectoriales mediante programas o actuaciones en materia de prevención de riesgos laborales en la Comunitat Valenciana para el ejercicio 2025.

Su objetivo principal es ayudar a las empresas del sector a conocer qué puestos del mismo podrían ser susceptibles de incorporar exoesqueletos y, una vez identificados, cuál o cuáles serían los más adecuados. Todo ello con la finalidad última de reducir la aparición de trastornos musculoesqueléticos derivados de la exposición a la carga física.

Para la consecución de este objetivo, FEMEVAL, en colaboración con el Instituto de Biomecánica (IBV), ha llevado a cabo un estudio centrado en exoesqueletos, y en algunos de los puestos del sector susceptibles de incorporarlos. Los resultados de dicho estudio se plasman en la presente guía.

2. Introducción

Dentro de la fabricación de productos metálicos, los riesgos asociados a la carga física y los sobreesfuerzos constituyen uno de los principales focos de atención preventiva. Estas exposiciones están directamente vinculadas a la aparición de trastornos musculoesqueléticos (TME), un problema que afecta tanto al bienestar de las personas trabajadoras como al rendimiento y la competitividad de las empresas del sector.

Según los datos del Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball (INVASSAT), en 2024 se registraron 1.469 accidentes laborales en jornada de trabajo dentro de esta división en la Comunitat Valenciana. De ellos, más de un tercio (34,3 %) tuvieron como causa un sobreesfuerzo físico sobre el sistema musculoesquelético, situándose como la primera causa de accidente. Este dato refleja con claridad la magnitud del problema y la necesidad de reforzar la prevención de los TME, que siguen siendo unas de las patologías laborales más frecuentes en la industria metalúrgica.

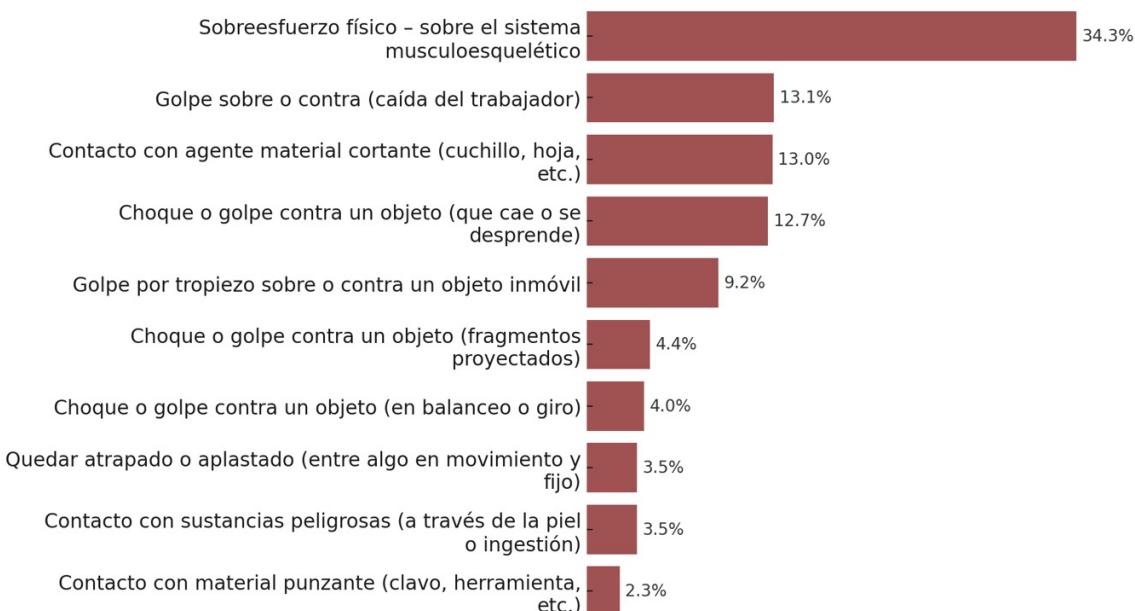


Figura 1.- Porcentaje del top 10 de accidentes por forma de lesión en jornada de trabajo, año 2024, división de fabricación de productos metálicos (INVASSAT).

Reducir esta elevada incidencia pasa por actuar sobre las causas más comunes: la manipulación manual de cargas, los movimientos repetitivos de los miembros superiores y la adopción de posturas forzadas o mantenidas durante largos periodos de tiempo. Tal y como señala la EU-OSHA (2020), las medidas preventivas más eficaces combinan acciones técnicas, organizativas y formativas, que deben integrarse en la gestión cotidiana de la empresa.

En los últimos años, las nuevas tecnologías han abierto nuevas posibilidades en este ámbito. Entre ellas, los exoesqueletos –dispositivos que asisten mecánicamente el movimiento o el mantenimiento de posturas– están adquiriendo un papel destacado. Los estudios disponibles muestran que el uso adecuado de exoesqueletos pasivos puede reducir de forma significativa el esfuerzo físico, especialmente en la zona lumbar y en las extremidades superiores, contribuyendo así a prevenir lesiones y a mejorar el confort en tareas concretas.

No obstante, la implantación de este tipo de soluciones debe hacerse siempre bajo un enfoque preventivo responsable. El artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece los principios generales de la acción preventiva, que priorizan eliminar el riesgo en su origen o reducirlo mediante mejoras en el diseño de los puestos, la organización del trabajo o la formación de las personas trabajadoras. Por ello, el uso de exoesqueletos debe considerarse una medida complementaria o de última instancia, una vez agotadas las alternativas más convencionales.

En este contexto, la presente guía se estructura en tres bloques fundamentales:

1. Una introducción al concepto de exoesqueleto y a los distintos tipos existentes.
2. Orientaciones para identificar los puestos de trabajo donde su incorporación pueda ser útil, junto con criterios para su selección e implantación segura.
3. Fichas prácticas sobre aplicaciones potenciales de exoesqueletos en tareas concretas del sector, con el objetivo de reducir el riesgo de TME y mejorar las condiciones ergonómicas en las empresas del sector.

3. Exoesqueletos, concepto y tipologías

El interés por los exoesqueletos en el ámbito laboral ha crecido en los últimos años como respuesta a la necesidad de reducir la carga física y prevenir los trastornos musculoesqueléticos (TME). Estos dispositivos pretenden aliviar el esfuerzo asociado a tareas que implican manipulación manual de cargas, posturas mantenidas o movimientos repetitivos, actuando como una ayuda mecánica parcial que compensa el peso del cuerpo o de herramientas, o que asiste determinados movimientos.

Conviene subrayar que no están concebidos para incrementar la fuerza o el rendimiento físico de la persona trabajadora, sino para reducir el riesgo ergonómico asociado al esfuerzo y a la fatiga muscular. En otras palabras, su objetivo es proteger la salud, no aumentar la capacidad productiva individual.

Los exoesqueletos son dispositivos externos portátiles que se ajustan al cuerpo humano (a veces denominados exotrajes o máquinas vestibles). Están formados por estructuras mecánicas o textiles con articulaciones que acompañan el movimiento, proporcionando soporte postural, redistribuyendo el peso o asistiendo el levantamiento de cargas. Aunque su origen se encuentra en la rehabilitación médica, su aplicación se ha extendido progresivamente a sectores industriales como la construcción, la automoción o la fabricación metálica.

Existen distintas formas de clasificación, según cómo funcionan, qué parte del cuerpo asisten o de qué manera permiten moverse. A continuación, se describen los criterios más habituales:

SEGÚN EL SISTEMA DE ENERGÍA O ALIMENTACIÓN

- **Pasivos:** emplean resortes, bisagras o materiales elásticos que almacenan y liberan energía procedente del propio movimiento de la persona. Son los más utilizados actualmente, especialmente los modelos de asistencia lumbar y de hombros.
- **Activos:** incorporan motores eléctricos alimentados por baterías o fuentes externas de energía, que impulsan el movimiento y ayudan al levantamiento de cargas. Su uso sigue siendo minoritario debido a su peso y complejidad.
- **Híbridos:** combinan mecanismos pasivos y elementos activos para optimizar la asistencia según la tarea.

SEGÚN LAS NECESIDADES DE MOVILIDAD

- **Fijos:** anclados a una estructura o soporte, limitan el movimiento del usuario a una zona determinada.
- **Apoyados:** se deslizan sobre raíles o sistemas suspendidos, permitiendo cierta libertad de desplazamiento.
- **Móviles:** no presentan restricciones de movimiento; tanto la persona como el exoesqueleto se desplazan con total autonomía. Son los más comunes en entornos productivos.

SEGÚN LA PARTE DEL CUERPO QUE ASISTEN

Tipo de abertura de acceso	Dimensión límite recomendada (cm)
<p>Cuerpo completo: Ofrecen soporte simultáneo a la parte superior e inferior del cuerpo.</p>	
<p>Espalda: Reparten el peso de la parte superior del tronco hacia el pecho y las piernas, descargando la zona lumbar.</p>	
<p>Cuello: descargan la musculatura cervical al sostener parte del peso de la cabeza, útil en tareas que exigen mirar hacia arriba o mantener la cabeza inclinada durante largos períodos.</p>	
<p>Extremidades superiores (brazos y hombros): redistribuyen las fuerzas ejercidas al trabajar con los brazos elevados o sostener herramientas, derivándolas hacia la cadera o las piernas.</p>	
<p>Manos y dedos: proporcionan soporte adicional o facilitan el agarre de objetos, mejorando la precisión y reduciendo la fatiga.</p>	
<p>Extremidades inferiores (piernas): permiten mantener posturas semisentadas, transfiriendo el peso al suelo y reduciendo la tensión sobre el sistema musculoesquelético.</p>	

Los exoesqueletos pasivos son actualmente los más implantados en el entorno laboral, ya que su diseño ligero y sencillo permite compensar el esfuerzo sin necesidad de energía externa. Al contrario, los modelos activos —más complejos y pesados— se reservan para otro tipo de aplicaciones, como la sanitaria o la militar. En cualquier caso, su eficacia depende de una adecuada selección, ajuste e integración en el puesto de trabajo, así como de la formación del personal que los utiliza.

Más allá de la tecnología, es esencial entender que los exoesqueletos no sustituyen las medidas ergonómicas tradicionales, sino que las complementan. Su incorporación debe venir precedida de una evaluación rigurosa de las tareas y de la carga física, de modo que su uso resulte realmente beneficioso y no introduzca nuevos riesgos.

3.1 Tipologías de exoesqueletos

En este apartado se presentan las principales tipologías de exoesqueletos pasivos con posible aplicación en el sector, describiendo de forma resumida sus características y funciones básicas. Estos dispositivos han sido desarrollados para disminuir la carga física en distintas zonas del cuerpo durante la ejecución de tareas manuales, sin aportar energía externa ni alterar la organización del trabajo. Su eficacia depende de una adecuada selección, ajuste e integración en el entorno laboral.

EXOESQUELETOS LUMBARES

Están diseñados para reducir la tensión en la zona baja de la espalda, especialmente durante tareas que implican flexión del tronco o manipulación manual de cargas, teniendo su mayor utilidad cuando la carga se maneja a la altura de las caderas o por debajo. Funcionan mediante sistemas mecánicos que redistribuyen parte del esfuerzo hacia la pelvis o las piernas, ayudando a mantener la espalda más alineada y a iniciar el movimiento de extensión al levantar peso.



Existen versiones textiles o ligeras, que proporcionan un soporte moderado y permiten gran movilidad, y modelos estructurados, con armazones más rígidos que ofrecen una asistencia mayor, aunque limitan parcialmente el movimiento. Su uso puede ser útil en entornos donde se realizan tareas con flexión mantenida o esfuerzos repetidos.

EXOESQUELETOS DE MIEMBROS SUPERIORES

Proporcionan asistencia a hombros, brazos y parte alta de la espalda, disminuyendo el esfuerzo cuando se trabaja con los brazos elevados o en posturas forzadas. Su principio de funcionamiento consiste en trasladar el peso del brazo hacia zonas corporales más robustas, como la pelvis o el tronco, mediante bandas, resortes o mecanismos elásticos.



Contribuyen a reducir la fatiga muscular en deltoides y trapecios, mejoran la estabilidad en tareas que requieren precisión y ayudan a prevenir lesiones por sobrecarga. Suelen ser compatibles con otros exoesqueletos (por ejemplo, los de cuello) para aliviar simultáneamente la tensión en hombros y cervicales.

EXOESQUELETOS DE MIEMBROS INFERIORES

Su función principal es descargar la musculatura de las piernas y la zona lumbar en tareas que implican permanecer agachado o en cuclillas durante períodos prolongados. Actúan como una estructura de soporte que permite adoptar una postura semisentada, transfiriendo el peso del cuerpo al suelo.



Estos dispositivos reducen la presión sobre las articulaciones de rodilla y cadera, disminuyen la fatiga y favorecen la estabilidad postural. Están diseñados para no interferir con la movilidad y se adaptan a tareas que combinan desplazamientos y posturas estáticas.

EXOESQUELETOS DE CUELLO

Dirigidos a aliviar la carga cervical en trabajos que exigen mantener la cabeza en extensión (por ejemplo, tareas por encima del nivel de la cabeza). Funcionan como soportes mecánicos que compensan el peso de la cabeza, reduciendo la fatiga en cuello y parte superior de la espalda.

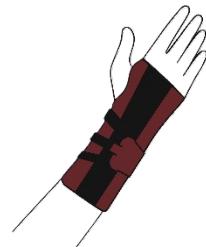
Pueden presentarse como dispositivos independientes o como acoplos a exoesqueletos de miembros superiores, lo que permite una protección conjunta de cuello y hombros. Deben seleccionarse considerando la frecuencia y duración de la postura, así como la compatibilidad con otros equipos de protección.



EXOESQUELETOS DE MANO Y MUÑECA

Diseñados para disminuir el esfuerzo en antebrazos, muñecas y manos, en tareas que requieren agarres prolongados, aplicación continua de fuerza o movimientos repetitivos. Los modelos pasivos funcionan como soportes mecánicos o férulas asistidas, que estabilizan la muñeca y reducen la tensión sobre la musculatura flexora y extensora del antebrazo.

Estos sistemas contribuyen a prevenir molestias y lesiones asociadas a la sobrecarga de la mano (tendinitis, síndrome del túnel carpiano, fatiga por agarre). Su eficacia depende de un ajuste correcto al tamaño de la mano y al tipo de herramienta utilizada.



4. Puestos susceptibles de incorporar exoesqueletos

Este capítulo busca explicar cómo determinar si un puesto es susceptible de incorporar un exoesqueleto y qué pasos se deben seguir para tomar una decisión informada. El enfoque parte de identificar la necesidad real (analizando la carga física y confirmando que se han aplicado antes las medidas técnicas y organizativas; el exoesqueleto es siempre la última opción conforme a los principios de acción preventiva del art. 15 de la LPRL), continúa con la selección del tipo de exoesqueleto que responda al riesgo o riesgos prioritarios del puesto.

Es importante tener en cuenta que el proceso de selección e implantación de un exoesqueleto siempre debe contemplar las siguientes fases:



En este apartado se desarrollarán los pasos relacionados con la selección del puesto y de los exoesqueletos, es decir, los pasos del 0 al 3.

FASE 0. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

El primer paso para valorar la incorporación de un exoesqueleto en un puesto de trabajo consiste en identificar la necesidad real que motiva su posible implantación. No se trata de introducir una tecnología por su novedad, sino de dar respuesta a una exposición ergonómica concreta que no ha podido resolverse eficazmente mediante otras medidas preventivas.

Es importante tener siempre en cuenta que, de acuerdo con los principios de la acción preventiva, el uso de exoesqueletos debe considerarse una medida complementaria o de último recurso, una vez se haya comprobado que no es viable eliminar el riesgo en su origen o reducirlo a través de la mejora del diseño del puesto, la organización del trabajo o la introducción de ayudas mecánicas.

Así pues, el primer paso, será seleccionar aquella tarea o tareas en que se considere que incorporar un exoesqueleto pueda ser beneficioso, y, a través de los análisis ergonómicos de dicha tarea, se comprobará si en la misma se realizan de manera frecuente acciones que supongan:

- Adopción de posturas forzadas de tronco y/o cuello
- Adopción de posturas forzadas de miembros superiores
- Adopción de posturas forzadas de piernas
- Manipulación manual de cargas
- Aplicación de fuerzas con las manos

En caso de darse al menos uno de estos factores, y observando que existen situaciones que superan los límites aceptables de esfuerzo o generan fatiga y molestias persistentes en determinadas zonas del cuerpo, el puesto podría ser susceptible de incorporar un exoesqueleto. En caso contrario, un exoesqueleto no sería, a priori, el tipo de ayuda o la solución más adecuada para reducir la exposición a los riesgos ergonómicos.

Una vez se determine que un exoesqueleto podría llegar a ser una opción, debe comprobarse que no existan otros medios prioritarios, de acuerdo con los principios de la acción preventiva que permitan controlar o eliminar los riesgos ergonómicos presentes en la tarea.

Antes de considerar incorporar un exoesqueleto, algunos pasos previos a realizar son:

- Realizar la evaluación ergonómica de la tarea e identificar los principales factores de riesgo. Además del análisis técnico, resulta esencial recoger la percepción de las personas trabajadoras, que pueden aportar información sobre las dificultades del puesto, la aparición de molestias o la falta de medios adecuados para realizar las tareas de forma segura.
- Plantear e implementar medidas técnicas y organizativas para mejorar el diseño ergonómico de la tarea

Si tras ello, el riesgo ergonómico sigue presente, la tarea podría ser susceptible de incorporar un exoesqueleto, siempre teniendo en cuenta que se debe incluir su adquisición dentro del plan integral de seguridad y salud de las personas trabajadoras y que su implementación solo puede considerarse como medida para mejorar la seguridad y salud y no para incrementar la carga de trabajo.

Si se decide que un exoesqueleto, podría ser la mejor de las opciones, agotadas otras alternativas, sería adecuada la creación de un grupo de implantación, que:

- Participará en todo el proceso.
- Estará integrado por una representación de los diferentes “actores” implicados.

Una vez detectadas las tareas críticas, debe valorarse si la adopción de un exoesqueleto pasivo podría contribuir a reducir el riesgo identificado. Esta valoración inicial no implica su implantación, sino únicamente determinar si el puesto podría ser susceptible de mejora mediante asistencia física externa, abriendo paso a la siguiente fase de análisis más detallado.

FASE 1. ANÁLISIS DE LA TAREA A MEJORAR

Tras determinar que puede ser beneficioso incorporar un exoesqueleto para reducir la carga física, se deben analizar las tareas de manera más profunda, definiendo con precisión la demanda física real de la tarea y extrayendo los requisitos que deberá cumplir el exoesqueleto.

Esta fase, debe llevarse a cabo una descripción operativa de la tarea en la que se indique las operaciones principales, las condiciones de ejecución, las demandas físicas de cada una de ellas y el nivel de presencia de estas y cualquier otra la información disponible de las condiciones que pueden influir en la selección del modelo más adecuado, como, por ejemplo: uso de herramientas, ropa laboral y EPI, rangos de movimiento, espacio disponible y accesos, tipo de ambiente, uso de productos, población usuaria, etc.

Con toda esta información, se puede realizar una priorización de tareas, en caso de haber varias, decidiendo aquella tarea o tareas en las que se implantará el exoesqueleto, teniendo en cuenta aspectos como los factores de riesgo presentes en ellas y su nivel, o la existencia de posibles alternativas para poder mejorar los problemas ergonómicos.

FASE 2. SELECCIÓN DEL EXOESQUELETO MÁS ADECUADO

El objetivo de esta fase es determinar qué tipo de exoesqueleto pasivo puede dar respuesta a las necesidades identificadas en el análisis de tareas, garantizando al mismo tiempo su compatibilidad con el puesto y con la persona usuaria.

Los factores de riesgo detectados en la fase anterior – por ejemplo, manipulación manual de cargas por debajo de la altura de las caderas, mantener los brazos elevados durante períodos prolongados, o trabajar con el cuello flexionado - y su nivel de presencia, permitirán identificar la tipología de exoesqueleto más adecuada: lumbar, de miembros superiores, de cuello, de miembros inferiores o de mano – muñeca.

El resto de condiciones y necesidades específicas de la tarea (ropa laboral, espacio disponible, necesidad de movimientos o ambiente entre otras), permitirá seleccionar el modelo más adecuado.

La selección debe realizarse de forma estructurada y objetiva, comparando todas estas características con las funcionalidades, limitaciones y requisitos de los distintos modelos disponibles en el mercado.

Es fundamental recordar que un exoesqueleto no debe seleccionarse para aumentar el ritmo de trabajo ni la carga manipulada, sino únicamente para reducir la exposición al riesgo ergonómico y mejorar el bienestar físico de las personas trabajadoras.

Para una elección informada, conviene consultar las fichas técnicas de los exoesqueletos pasivos disponibles en el mercado y, si es necesario, contactar con los fabricantes o distribuidores para confirmar la compatibilidad del modelo con las condiciones reales del puesto y la eficacia del tipo de asistencia que proporciona (soporte postural, reducción del momento de carga, transferencia de peso, etc.).

Solo los modelos que cumplan los requisitos básicos de seguridad, funcionalidad y adecuación al puesto pasarán a la siguiente etapa: la fase 3, valoración del exoesqueleto seleccionado, en la que se comprobará su eficacia y aceptación en condiciones reales de trabajo.

FASE 3. VALORACIÓN DEL EXOESQUELETO SELECCIONADO

Una vez identificado el tipo de exoesqueleto más adecuado, se procede a verificar su idoneidad en la tarea, analizando su comportamiento real durante la ejecución y su interacción con las personas usuarias.

Esta fase permite confirmar o descartar su implantación definitiva, asegurando que la solución aporta una mejora ergonómica sin generar efectos adversos o nuevos riesgos.

Revisión detallada del modelo seleccionado

Antes de realizar pruebas de uso, se recomienda llevar a cabo una revisión técnica exhaustiva del modelo elegido, considerando tanto las condiciones del puesto como los requisitos identificados en las fases anteriores.

Entre los aspectos a revisar:

- Duración y frecuencia de la tarea: tiempo de uso continuado, pausas y ciclos de recuperación.
- Interacción con el entorno: presencia de máquinas, obstáculos o elementos que puedan interferir o generar enganches.

- Compatibilidad con EPI, ropa laboral y herramientas.
- Condiciones ambientales (temperatura, humedad, polvo, atmósferas especiales, etc.).
- Adaptabilidad a la morfología de las personas que vayan a usarlo.
- Facilidad de colocación, ajuste y retirada del dispositivo sin necesidad de ayuda externa.
- Mantenimiento, limpieza y conservación: frecuencia y requisitos.

La verificación documental puede completarse revisando información técnica del fabricante, fichas de especificaciones, vídeos demostrativos o pruebas previas en otros entornos similares.

Pruebas de uso con personas trabajadoras

El siguiente paso es realizar una valoración práctica con las personas que desempeñan habitualmente la tarea. Esta prueba puede llevarse a cabo utilizando un modelo adquirido o bien mediante una demostración facilitada por la empresa fabricante o distribuidora, ya que muchas de ellas ofrecen este tipo de servicio. Estas pruebas permiten observar el comportamiento del exoesqueleto en condiciones reales o simuladas y recoger información tanto objetiva como subjetiva, analizando de forma global su funcionamiento, comodidad, eficacia y adecuación al puesto. Algunos aspectos importantes son:

- Adecuación a la tarea: libertad de movimiento, facilidad de manejo, adaptación a la secuencia de trabajo.
- Utilidad real: reducción del esfuerzo físico, mejora del confort postural o disminución de la fatiga.
- Usabilidad: tiempo necesario para colocarlo y retirarlo, estabilidad durante el trabajo, comodidad al llevarlo, interferencias con otros elementos del puesto.
- Seguridad: riesgo de atrapamiento, pérdida de estabilidad, limitación de movimientos en emergencias o evacuaciones.
- Impacto global: posibles cambios en la estrategia de trabajo, velocidad, coordinación con otras personas o interacción con el entorno.
- El análisis conjunto de la información obtenida permitirá determinar si:
- El uso del exoesqueleto es inviable, por incompatibilidad técnica, falta de aceptación o aparición de nuevos riesgos.
- La implantación es viable con modificaciones, como ajustes de diseño, reorganización de tareas o cambios en el entorno de trabajo.
- La implantación es viable directamente, sin modificaciones relevantes, procediéndose a la fase de implantación y seguimiento.

En todos los casos, la decisión debe documentarse y comunicarse al grupo de trabajo responsable, incluyendo las conclusiones de la valoración, las incidencias detectadas y las recomendaciones preventivas.

FASES 4 Y 5. IMPLANTACIÓN Y SEGUIMIENTO

Una vez verificada la idoneidad del exoesqueleto, se procede a su implantación controlada en el puesto de trabajo. Esta fase incluye la formación práctica de las personas usuarias sobre su colocación, ajuste, mantenimiento y limitaciones de uso, así como una incorporación progresiva, de forma que el cuerpo se adapte gradualmente y puedan detectarse posibles molestias o dificultades. El uso debe ser siempre voluntario y revisarse de manera continua para garantizar la seguridad, la aceptación y la eficacia del dispositivo.

Superada esta etapa, se recomienda realizar un seguimiento periódico que permita valorar si el exoesqueleto cumple con los objetivos preventivos previstos. Este control debe contemplar la revisión ergonómica del puesto, la percepción de las personas trabajadoras y la detección de posibles efectos secundarios o nuevas limitaciones.

El seguimiento debe servir para confirmar la mejora de las condiciones de trabajo y ajustar, si es necesario, los tiempos de uso, el tipo de exoesqueleto o las condiciones del entorno.

En conjunto, estas fases finales permiten cerrar el ciclo de implantación, asegurando que el exoesqueleto se integre de forma segura, eficaz y sostenible dentro del sistema de prevención de la empresa.

5. Fichas de ayuda a la selección de exoesqueletos

En este apartado se presentan fichas de puestos de trabajo del sector, mostrándose, en cada una de ellas, una descripción del puesto, la identificación de las tareas susceptibles de apoyo mediante exoesqueletos, los principales riesgos ergonómicos asociados y el tipo de exoesqueleto que podría ser de utilidad.

En esta anualidad, los puestos considerados han sido, carga y descarga de bastidores y soldadura.

Es importante subrayar que los ejemplos de tipología de exoesqueleto mencionados en estas fichas tienen un carácter meramente orientativo. No se pretende recomendar tipo específico sobre otro, sino proporcionar una base para el análisis de posibles soluciones. Antes de considerar la adquisición de un exoesqueleto, es imprescindible valorar si realmente es la opción más adecuada y, en caso afirmativo, se deberá seguir un procedimiento que garantice su correcta selección, implantación y seguimiento.

Ficha 1: Carga y descarga de bastidores

PUESTO: CARGA Y DESCARGA DE BASTIDORES

Descripción general:

Puesto dedicado a cargar manualmente piezas metálicas en bastidores vacíos para su tratamiento superficial y, tras el proceso, vaciar los bastidores colocando las piezas ya tratadas en cajas o contenedores. Los bastidores cargados se movilizan con medios mecánicos (carretillas, transpaletas eléctricas, grúas, etc.). Las piezas presentan forma, tamaño y peso variables y, en ocasiones, se manipulan varias a la vez.



Sus principales tareas son:

- Transportes de bastidores, contenedores y/o cajas vacíos y llenos de piezas con medios mecánicos.
- Llenado manual del bastidor con piezas metálicas.
- Vaciado del bastidor y colocación de las piezas tratadas en un contenedor vacío manualmente.



Tareas susceptibles de incorporar exoesqueletos

LLENADO Y VACIADO MANUAL DE BASTIDORES	
Qué se hace	<p>La operación consiste en colocar y retirar piezas metálicas de bastidores para su tratamiento superficial. El llenado y el vaciado se puede realizar a distintas alturas y profundidades del bastidor (capas superiores, intermedias y cercanas al suelo), y también en distintas profundidades (exteriores y zonas centrales de difícil acceso). La forma, tamaño y peso de las piezas varía; en piezas ligeras puede manipularse más de una a la vez.</p> <p>La tarea exige precisión de colocación, cambios frecuentes de postura y repetición del gesto durante el lote.</p>
Riesgo/s clave/s	<p>Adopción de posturas forzadas</p> <p>De tronco, brazos y cuello por la realización de flexiones para acceder a capas bajas y zonas profundas del bastidor, por giros/asimetrías al tomar en un punto y depositar en otro y por necesidad de alcances alejados hacia zonas centrales que cargan hombros y cuello.</p> <p>De mano-muñeca por la necesidad de realizar accesos difíciles.</p> <p>Manipulación manual de cargas</p> <p>En la colocación/retirada de piezas, con condiciones desfavorables, como planos de trabajo bajos o alejados, en función del llenado/ vaciado del bastidor.</p> <p>Movimientos repetitivos</p> <p>Por la repetición de la misma secuencia de alcanzar-tomar-colocar que se dan durante todo el ciclo, con pausas limitadas.</p>
Exoesqueletos susceptibles de incorporar	<p>Exoesqueleto lumbar pasivo tipo textil</p> <p>Diseñado para reducir la carga física al manipular cargas a alturas bajas (por debajo de la altura de la cadera) durante las acciones de llenado y vaciado de bastidores. Este tipo de dispositivo actúa como un soporte, que asiste el movimiento de incorporación del tronco tras agacharse y ayuda a mantener una postura más estable y alineada durante los trabajos prolongados en flexión.</p> <p>Su diseño ligero y flexible permite mantener la movilidad necesaria para agacharse, girar o alcanzar zonas de difícil acceso, y puede ajustarse de forma rápida y adaptable a distintas personas usuarias.</p> <p>Debe garantizarse que el modelo elegido no presente elementos que puedan engancharse con el bastidor u otros equipos de trabajo, y que sea compatible con la ropa laboral y los equipos de protección individual que se utilicen en el puesto.</p> <p>En aquellos casos excepcionales en los que las piezas manipuladas sean más pesadas (superiores a 15-20 kg), podría valorarse el uso de un exoesqueleto lumbar estructurado, que ofrece una asistencia mayor, aunque con menor ligereza y flexibilidad.</p>

COLOCACIÓN DE PIEZAS TRATADAS EN CONTENEDORES

Qué se hace	<p>Tras el tratamiento superficial, las piezas metálicas se retiran del bastidor y se colocan manualmente en contenedores vacíos para su almacenamiento o expedición. Esta tarea se puede realizar a alturas cercanas al suelo (cuando el contenedor está vacío) y/o en planos alejados, para llegar al extremo más alejado del contenedor en función de su tamaño y forma. Esto puede implicar flexiones del tronco, alcances prolongados y repetición del gesto de depósito, especialmente cuando se trabaja con lotes numerosos de piezas.</p>	
Riesgo/s clave/s	<p>Adopción de posturas forzadas De tronco y cuello al agacharse o inclinarse para acceder a las zonas más profundas del contenedor. Alcances alejados hacia el interior del contenedor, que pueden implicar también posturas forzadas de brazos y tensión en la zona lumbar.</p> <p>Manipulación manual de cargas Frecuentes, generalmente ligeras o de peso moderado, pero repetidas y adoptando posturas que pueden alejarse de la neutra.</p> <p>Movimientos repetitivos Por la repetición del ciclo de tomar cada pieza y depositarla con precisión en el contenedor.</p>	
Exoesqueletos susceptibles de incorporar	<p>Exoesqueleto lumbar pasivo tipo textil Proporciona asistencia durante la flexión y extensión del tronco. Este tipo de exoesqueleto actúa como un resorte, ayudando a incorporarse tras agacharse y mantener la estabilidad postural durante los movimientos de depósito de las piezas. Su estructura flexible permite mantener la movilidad necesaria para alcanzar zonas interiores del contenedor y adaptarse a diferentes alturas y profundidades de trabajo. Debe garantizarse que el dispositivo no presente elementos que puedan engancharse con los bordes del contenedor ni con otros objetos del entorno, y que sea compatible con la ropa laboral y los equipos de protección individual habituales del puesto. Además, el sistema de ajuste debe ser rápido y adaptable a distintas personas trabajadoras, favoreciendo su uso en turnos o rotaciones. En aquellos casos excepcionales en los que se manipulen piezas de mayor peso (superiores a 15-20 kg), podría evaluarse la posibilidad de utilizar un exoesqueleto lumbar estructurado, que aporte una asistencia más robusta, aunque con menor flexibilidad de movimiento.</p>	

Ficha 2: Soldadura

PREPARACIÓN DEL MATERIAL Y DE LAS PIEZAS PARA LA SOLDADURA	
Qué se hace	<p>Antes de iniciar el proceso de soldadura, se realiza la preparación del equipo, los útiles y las piezas que se van a unir, y tras su unión, se almacenan las piezas terminadas. Esta tarea incluye la limpieza, ajuste y posicionamiento de las piezas, que pueden presentar diferentes tamaños, formas y pesos, así como la colocación de elementos que garanticen la estabilidad durante la unión.</p> <p>Durante estas operaciones es habitual tener que manipular piezas metálicas a distintas alturas y profundidades y agacharse o inclinarse para preparar las partes inferiores. En función de las dimensiones, algunas piezas se manipulan de forma individual, mientras que otras requieren el manejo conjunto de dos o más elementos más pequeños, repitiendo varias veces la misma secuencia de toma, colocación y ajuste.</p>
Riesgo/s clave/s	<p>Adopción de posturas forzadas De tronco y cuello por flexión e inclinación al trabajar en planos bajos o acceder a zonas interiores de la bancada o del utillaje; de brazos y cuello por alcances alejados durante el posicionamiento o ajuste de las piezas y de muñeca y mano al sujetar o mantener la pieza en posición mientras se ajusta o fija.</p> <p>Manipulación manual de cargas Frecuente en la colocación, ajuste o reposicionado de piezas metálicas, con pesos variables. Algunas piezas pueden ser ligeras, pero su manipulación repetida o combinada puede implicar esfuerzo acumulado, sobre todo cuando se realiza en planos bajos o con alcances alejados.</p>
Exoesqueletos susceptibles de incorporar	<p>Exoesqueleto lumbar pasivo tipo textil Estos exoesqueletos proporcionan asistencia durante las manipulaciones por debajo de la altura de la cadera, sin añadir peso adicional, redistribuyendo la carga de la zona lumbar a grupos musculares más fuertes, como los de las piernas. Además, proporciona asistencia durante la flexión y extensión del tronco, actuando como un resorte que ayuda a incorporarse tras agacharse, y permite una mayor estabilidad y mantener una postura más adecuada.</p> <p>Debe garantizarse que el dispositivo no presente elementos que puedan engancharse con las piezas, herramientas o soportes, que sea compatible con la ropa de trabajo y los equipos de protección individual (ropa ignífuga, guantes, calzado de seguridad, etc.), que no impida los movimientos necesarios para realizar la tarea y que el ajuste sea rápido y adecuado.</p> <p>En aquellos casos en los que se manipulen piezas de mayor peso (superiores a 15-20 kg), podría valorarse el uso de un exoesqueleto lumbar estructurado, que aporte una mayor asistencia, aunque con menor flexibilidad y ligereza.</p>

SOLDADURA EN POSICIONES VARIABLES (AGACHADO, CON BRAZOS ELEVADOS Y DE RODILLAS/SEMISENTADO)

Qué se hace	<p>Durante la ejecución del cordón pueden presentarse trabajos en planos bajos, zonas interiores de la pieza/útil o puntos situados por encima del nivel de los hombros. En función de la geometría y del acceso, la persona trabajadora puede agacharse o inclinarse para soldar en capas inferiores o fondos, elevar los brazos para cordones por encima del hombro, mirando hacia arriba, o trabajar de rodillas / en postura semisentada para estabilizar el gesto en piezas situadas cerca del suelo. Estas situaciones combinan alcances alejados, cambios de postura y mantenimiento de posición estática, para asegurar visibilidad y precisión.</p>	
Riesgo/s clave/s	<p>Adopción de posturas forzadas De tronco y cuello en flexión al soldar en planos bajos o zonas profundas. Brazos elevados y extensión cervical al soldar a la altura del pecho y por encima. Muñeca y mano por ajustes finos en accesos estrechos. De piernas en posturas de rodillas/ en cuclillas al trabajar a alturas bajas. Todas ellas pueden darse de manera sostenida.</p> <p>Movimientos repetitivos Debidos al avance/oscilación del electrodo o pistola.</p>	
Exoesqueletos susceptibles de incorporar	<p>Todos deben ser compatibles con la ropa de trabajo y los EPI (pantalla, guantes, chaqueta ignífuga, calzado), no añadir peso o volumen excesivo y permitir el rango de movimiento necesario para ejecutar la tarea con precisión. Además, han de ajustarse de forma rápida a quien vaya a llevarlos, evitar puntos de enganche con cables, bordes o piezas, y ser fáciles de limpiar y mantener.</p> <p>Lumbar pasivo tipo textil – para planos en los que se deba flexionar el tronco. En aquellas tareas con flexión pronunciada y/o mantenida del tronco, ayudan a mantener una postura más estable y alineada del tronco y reducen la carga muscular lumbar, disminuyendo la fatiga al sostener el tronco cuando se trabaja en posturas bajas o con alcance hacia el frente.</p> <p>Miembros superiores – para trabajo a la altura del pecho y por encima. Ayuda a sostener los brazos cuando se trabaja por encima del nivel del pecho, reduciendo la fatiga en hombros, cuello y zona dorsal alta y facilitando la estabilidad del gesto.</p> <p>Exoesqueletos de cuello – para trabajo por encima de la altura de la cabeza. Ayuda a sostener el cuello, y así reducir la sobrecarga cervical en tareas prolongadas con la cabeza en extensión.</p> <p>Miembros inferiores tipo “semisilla” – para trabajo cerca del suelo. Permite descargar parte del peso corporal directamente al suelo, favoreciendo mantener una postura semisentada estable y reducir la carga en rodillas, cadera y zona lumbar cuando el cordón exige permanecer a alturas bajas y estable durante tiempo prolongado.</p>	

Exoesqueletos susceptibles de incorporar	<p>Exoesqueletos de mano-muñeca.</p> <p>Aporta control y estabilidad de muñeca y agarre durante el manejo sostenido de la antorcha/pistola, reduciendo desviaciones de muñeca y la fuerza de prensión mantenida, y reduciendo la fatiga del antebrazo, sin penalizar la precisión del cordón. Debe ser compatible con los guantes de soldadura y no interferir con la activación del gatillo ni con el control del baño.</p>
---	---

Bibliografía

EU-OSHA. (2020). Prevention of musculoskeletal disorders in the construction sector: examples from the INAIL incentive schemes. Italian National Institute for Insurance against Accidents at Work (INAIL).

FEMEVAL. (2022). Información y sensibilización de los riesgos ergonómicos del sector del metal de la Comunidad Valenciana. Proyecto/ acción TRCOIN/2022/22 apoyado/a por la Conselleria de Economía Sostenible, Sectores Productivos, Comercio y Trabajo.

IBV. (2023). Guía de implantación. Obtenido de INNOWORK: <https://innowork.ibv.org/>

INVASSAT (Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball). (s.f.). Visor estadístico: accidentes de trabajo. <https://invassat.gva.es/es/visor-estadistic-accidents-treball> Último acceso 06/11/2024

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales.

Proyecto/acción (TRCOIN/2025/23) apoyado/a por la Conselleria de Educación, Cultura, Universidades y Empleo en el marco de las subvenciones en materia de colaboración institucional, a través de acciones sectoriales e intersectoriales mediante programas o actuaciones en materia de prevención de riesgos laborales en la Comunitat Valenciana para el ejercicio 2025.



Puede acceder a los materiales elaborados en el marco de este proyecto en:

femeval