

Exoesqueletos II: Criterios para la selección e integración en la empresa

Exoskeletons II: Criteria for selection and integration in the company
Exosquelettes II: Critères de sélection et d'intégration dans l'entreprise

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Teresa Álvarez Bayona
CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. INSST

Esta NTP se centra en los equipos conocidos como "exoesqueletos" en un entorno laboral, equipos que se emplean con el objeto de reducir la carga física en tareas concretas. A la hora de determinar la necesidad o conveniencia de utilizar un exoesqueleto, es imprescindible tener presente los principios de la acción preventiva. Una vez que se ha determinado que el exoesqueleto podría ser una solución a un problema, se deben considerar una serie de aspectos para la selección e implantación del más adecuado. A continuación, se presentan algunos criterios que podrían ser útiles para este fin.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. ASPECTOS GENERALES A CONSIDERAR

- El exoesqueleto no va a eliminar el factor de riesgo generado o presente en la tarea.
- El exoesqueleto, por tanto, no sustituye a las otras (o demás) medidas preventivas que requiera el puesto de trabajo.
- El exoesqueleto está diseñado para un uso determinado, no es válido para las múltiples tareas que generalmente se desarrollan en los puestos ni para todas las situaciones, y se deberá estudiar cada tarea de forma independiente.
- El exoesqueleto de uso laboral no debería ser empleado por personas con alguna limitación física, solo se empleará por personas sanas (no se debe confundir con el uso de exoesqueletos para fines "médicos") debido a los aún escasos estudios sobre

las consecuencias de su utilización.

- El uso del exoesqueleto debería ser voluntario.
- Se debe seguir el "principio de precaución" en su empleo debido a lo novedoso de los exoesqueletos y al estado incipiente de los estudios a largo plazo.

2. PROCESO DE SELECCIÓN E IMPLANTACIÓN

El proceso de selección e implantación del exoesqueleto en un puesto de trabajo debe estar planificado. A continuación se expone un posible proceso para la selección del exoesqueleto desarrollado en tres fases. En la figura 1, se pueden observar las mismas y los aspectos básicos de cada una de ellas. Posteriormente se va a describir de una manera más detallada cada una.

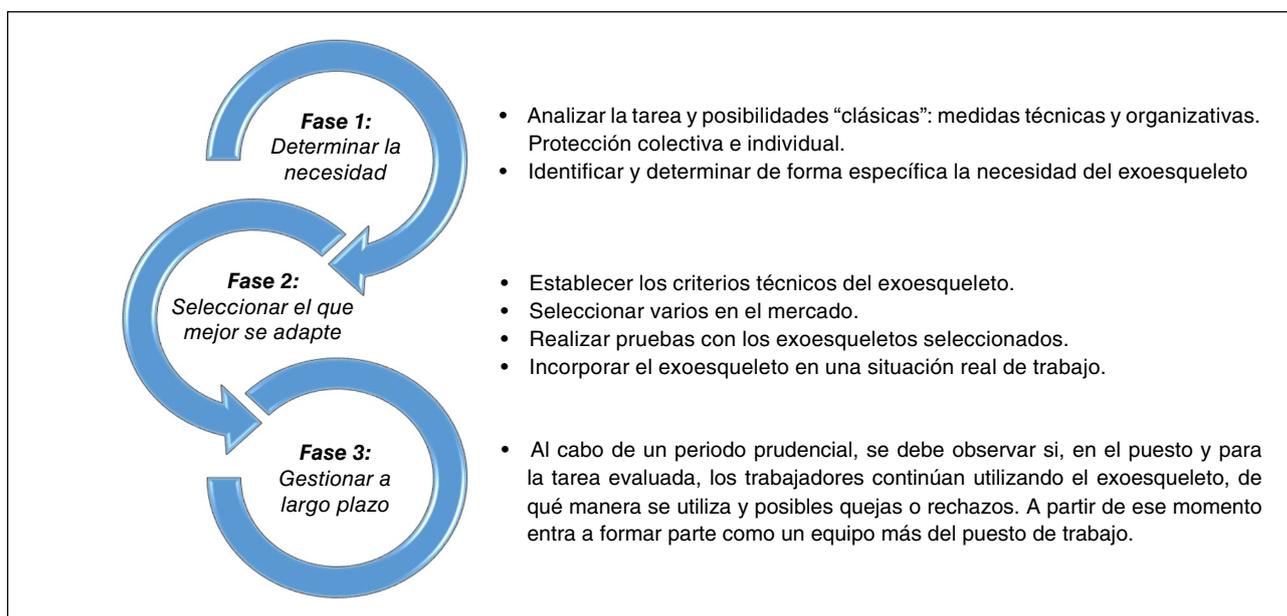


Figura 1. Propuesta de fases para la selección e implantación de los exoesqueletos.

Primera fase: Determinar la necesidad de utilizar un exoesqueleto

El objetivo de esta primera fase es responder a la pregunta: ¿Es necesario el exoesqueleto?

Antes de decidir la adquisición de un exoesqueleto se debe conocer la necesidad real del mismo ya que no siempre es la mejor solución a un determinado problema.

Los exoesqueletos son el resultado de una tecnología que puede tener grandes ventajas, pero hoy en día sus repercusiones a largo plazo aún son poco conocidas. Por tanto, hay que ser muy cauteloso con la decisión para su empleo (y, en consecuencia, para su adquisición). Puesto que existen otro tipo de recursos que pueden ayudar a controlar o eliminar los riesgos, se debe considerar si es necesario recurrir al uso de los exoesqueletos, es decir, hay que plantearse las siguientes preguntas:

1. ¿Se puede eliminar el riesgo o la exposición?
2. Si no ha sido posible, ¿se ha evaluado el riesgo y se ha observado la posibilidad de adoptar otro tipo de medida preventiva?
3. ¿Se puede controlar el riesgo en el origen con las medidas preventivas conocidas?
4. ¿Se pueden adaptar las tareas a las personas que las van a desempeñar?
5. ¿Se pueden adoptar medidas técnicas u organizativas conocidas que disminuyan los riesgos a niveles tolerables?
6. ¿Se puede remplazar algún proceso peligroso por otro menos peligroso?

En el caso de que la respuesta a alguna de estas preguntas sea positiva, es posible que el uso del exoesqueleto no sea la medida preventiva más adecuada. Siempre hay que procurar controlar el riesgo siguiendo los principios de la acción preventiva: evitando o eliminando el riesgo, anteponiendo soluciones colectivas y, si no es posible, con el uso de equipos de protección individual (EPI). Pero, si las respuestas a todas estas preguntas resultan ser negativas, el riesgo no estará suficientemente controlado y será entonces cuando podrá plantearse la opción del empleo de exoesqueletos.

A partir de ahí, el primer paso es conocer las características que se le deben exigir al exoesqueleto. Para ello hay que considerar:

- **La tarea específica en la que no se ha podido controlar los riesgos, y sus características.** Se debe disponer de una descripción clara de la misma. Conocer el problema ergonómico específico de manera que estén definidas las características que posteriormente se le exigirán al exoesqueleto. Por ejemplo: supongamos un puesto de montador. Hay una tarea en la que no se han podido controlar algunos riesgos de otra manera: la tarea de atornillado. En este caso será imprescindible la descripción de la tarea: elevación de brazos y sujeción de herramientas que pesan 2 Kg durante 3 minutos por cada acción. Esta tarea se repite durante 2 horas seguidas con un descanso de 10 minutos a la hora. La tarea también implica la adopción de una postura con extensión del cuello. En este momento se debe considerar también el entorno de trabajo, tanto las características ambientales (humedad, temperatura, etc.) como la organización del trabajo (trabajo en equipo o individual, pausas, ritmo, etc.). Hay que ser

conscientes de la capacidad real para modificar este entorno de trabajo en caso necesario. La herramienta principal es la evaluación de riesgos, en concreto la evaluación de la carga física de la tarea. Un buen diagnóstico del problema será clave para determinar las características que se le deberán exigir al exoesqueleto.

- **Los criterios en la selección del exoesqueleto.** Como se ha podido ver en la NTP 1162, hay muchos tipos de exoesqueletos que permiten múltiples tareas: activo/pasivo; tren superior/inferior/cuerpo entero. El objetivo de la tarea a realizar, determinará las características del exoesqueleto. Continuando con el ejemplo anterior, elevación y soporte del brazo que permita el movimiento de atornillado y apoyo de la cabeza para permitir disminuir la tensión en la zona cervical, resistente a altas temperaturas,...

Se recuerda que el exoesqueleto no aportará soluciones universales, puede ser una solución específica a un problema planteado, pero no se podrá considerar su uso extensible a otros puestos o tareas sin su previo análisis. En el caso anterior, sólo será útil para la tarea de atornillado que implica esa postura y esos movimientos descritos, para el resto de las tareas desarrolladas en el puesto no será necesariamente válido.

Segunda fase: Seleccionar el exoesqueleto que mejor se adapte

El objetivo de esta fase es contestar a la pregunta: ¿Se adapta el exoesqueleto a los usuarios?

Hasta este momento se ha determinado claramente la necesidad de emplear el exoesqueleto en una tarea concreta, se ha identificado exactamente el tipo de ayuda que debe aportar el exoesqueleto y se ha analizado la tarea crítica. Entonces comienza la segunda fase con la creación de un grupo de trabajo, si es que no se ha creado en la fase anterior, y con la selección entre los exoesqueletos existentes en el mercado.

Seleccionar varios exoesqueletos del mercado

La selección del exoesqueleto empieza con la búsqueda en el mercado de aquellos que aporten soluciones a la situación crítica: descanso de brazos en tareas con elevación del brazo por encima del hombro, en el caso del ejemplo, pero también puede ser manipulación de cargas o aumento de fuerza en los dedos de la mano, entre otros.

Es posible encontrarse con distintas situaciones en el mercado:

- Muchos modelos que dan respuesta a la necesidad. El grupo de trabajo, con sus conocimientos, seleccionará varios exoesqueletos de los existentes para proceder a su análisis.
- Sólo unos pocos modelos dan respuesta adecuada a la necesidad específica. En este caso el estudio debería realizarse con todos los modelos encontrados.
- No se encuentra respuesta a la necesidad específica. En este caso habrá que valorar la viabilidad de diseñar un exoesqueleto a medida, pero aumentará tanto el tiempo como el coste del proceso. Otra opción es seleccionar un exoesqueleto que resuelva parcialmente la necesidad, pero en este caso hay que extremar la atención en todo el proceso de evaluación, especialmente en la etapa de prueba en el puesto de trabajo.

Es deseable seleccionar exoesqueletos de distintas marcas y modelos (por ejemplo tres). Lo primero que el grupo de trabajo verificará es si esos exoesqueletos disponen de las características necesarias y cumplen con el objetivo previamente descrito. Hay que tener en cuenta que un exoesqueleto está diseñado para facilitar un movimiento o una postura determinada, pero puede limitar otros movimientos y posturas que pueden generar otro tipo de riesgos. Conocer las características y las limitaciones de cada modelo será una tarea importante. Si el exoesqueleto no cumple los criterios requeridos, quedará descartado.

Se valorarán algunos criterios para evaluar la interacción persona-exoesqueleto de manera que en cada etapa de esta fase (bien en el laboratorio o en campo) se determine el grado de cumplimiento de los siguientes criterios:

- **Adaptabilidad:** Se valorará el grado en el que se adapta y permite la realización de la tarea: la libertad de movimientos, el tiempo de utilización, el grado en el que se permite realizar otras tareas auxiliares, etc. Si se prevé que pueda ser utilizado por personas de distinto sexo, o con características antropométricas distintas, el exoesqueleto se deberá adaptar a ellas.
- **Utilidad:** Se valorará el grado en el que cumple con lo esperado. Por ejemplo: el grado de reducción del esfuerzo físico en su empleo.
- **Usabilidad:** Se dará cuenta de la facilidad en su empleo, colocación y ajuste, etc.
- **Impacto:** Proporciona el grado de integración del exoesqueleto en la empresa, los efectos sobre la organización y, por supuesto, sobre la persona.
- **Seguridad y salud:** Se evaluarán los riesgos laborales que el nuevo equipo pueda producir. Algunos de los aspectos a los que habrá que prestar atención son:
 - El grado de incomodidad, molestias e incluso la posibilidad de producir irritación de la piel.
 - El incremento en la carga mental.
 - El aumento del ritmo cardiaco por el uso del exoesqueleto.
 - Las compresiones musculares y esfuerzos biomecánicos producidos en diferentes partes del organismo.
 - La disminución de la masa muscular en las zonas protegidas.
 - Los desequilibrios y limitaciones en los movimientos del trabajador o trabajadora.
 - El riesgos de choques y colisiones debidos a la limitación en los movimientos y al incremento en el espacio ocupado por el trabajador o trabajadora.
 - La dificultad en caso de evacuación.

En todos los casos la *aceptabilidad* por parte de quien los vaya a emplear puede ser clave, pues si un exoesqueleto cumple todas las características necesarias pero no es aceptado por parte de los usuarios, la implantación de este en la empresa no será eficaz. El caso extremo es que puede resultar un elemento utilizado para estigmatizar al usuario. Por este motivo es necesario que en los grupos de trabajo estén representadas las personas que trabajan directamente en la tarea en la que se prevé implantar el exoesqueleto. Técnicas relacionadas con la ergonomía participativa pueden resultar muy útiles (para conocer más sobre ellas se puede consultar la [NTP 1137: Ergonomía participativa: un enfoque diferente en la gestión del riesgo ergonómico](#)).

Evaluación en el laboratorio

Se deben estudiar las ventajas y los problemas que pueden producir los modelos seleccionados para poder determinar si resulta interesante el empleo de los exoesqueletos o si, por el contrario, producen más riesgos que beneficios. Será necesario contar con la opinión de personas voluntarias en relación con la usabilidad, confort y desempeño, pues parte de la eficacia de la medida está vinculada a la aceptación de estos equipos por parte del trabajador. Hay que considerar que un roce o una compresión en una zona concreta pueden provocar su rechazo. Lo ideal es realizar simulaciones y acompañar estos estudios “subjetivos”, con otros. Sería recomendable, por ejemplo, combinar distintas técnicas como la escala subjetiva de Borg para determinar el esfuerzo percibido, o el cuestionario nórdico para determinar si aparece dolor en las personas que lo emplean, con otras técnicas objetivas como, por ejemplo, la electromiografía. Todo ello deberá ser reproducible para así poder comparar los distintos exoesqueletos seleccionados. En ocasiones esta evaluación en el laboratorio puede estar realizada parcialmente por los propios fabricantes, pero habrá que asegurarse de la adecuación de las mismas a las necesidades específicas. En otras ocasiones podrá ser necesario recurrir a laboratorios especializados.

Prueba piloto en campo

Hasta este momento los exoesqueletos se han probado en un entorno controlado que permite seleccionar los que mejor se adaptan. Es el momento de hacer la comprobación en una situación real con los equipos previamente seleccionados. En esta fase se valora cómo se comporta el exoesqueleto, y su adaptación a los distintos usuarios. Para ello se debe analizar la actividad con y sin el exoesqueleto para poder comparar. Se puede emplear alguna de las técnicas y herramientas indicadas en el paso anterior, este análisis debe considerar también la conexión persona-exoesqueleto. Finalmente se puede determinar la duración de las tareas con exoesqueleto y las pausas y descansos necesarios. Los voluntarios deben tener experiencia en el puesto de trabajo y no padecer ningún problema previo.

En campo, hay que considerar las características del puesto, no sólo en la tarea concreta en la que se pretende implantar el exoesqueleto, sino también aspectos como la organización del resto de las tareas, los espacios físicos disponibles, las condiciones ambientales, etc. En este momento pueden aparecer distintas situaciones de cara a su implantación, por ejemplo:

- En ocasiones puede ser necesario hacer ajustes de tareas, organización o incluso distribución física en el entorno del puesto de trabajo.
- En otras ocasiones, la implantación resulta inviable bien económica o bien técnicamente.
- Por último, puede ser que con cambios menores o incluso sin ellos la implantación del exoesqueleto sea viable.

Se recomienda una incorporación del exoesqueleto de forma progresiva. A modo de ejemplo, no se debe comenzar empleando el exoesqueleto durante todo el tiempo que dura la tarea, se puede empezar con 30 minutos e ir subiendo 30 minutos diariamente hasta alcanzar el tiempo total de duración de la tarea o de uso del exoesqueleto.

Esta forma de implantación tiene como objeto la aclimatación de la persona al nuevo equipo, ya que se requiere un tiempo para aprender y familiarizarse con él. Cada día que pasa el uso de este equipo nuevo se convierte en algo habitual y al cabo de un tiempo la percepción de las personas será más realista. Es aconsejable mantener su uso un periodo de tiempo suficiente antes de llegar a alguna conclusión, por ejemplo, unas semanas de uso del exoesqueleto hasta que los usuarios se hayan familiarizado con él. En el momento en el que se considere que las personas han tenido tiempo para adaptarse al exoesqueleto será cuando se valore la percepción subjetiva del empleo del exoesqueleto y por tanto su aceptabilidad.

Implantación al resto de personas que desempeñen la tarea

La situación más favorable para la implantación al resto de la plantilla susceptible del empleo del exoesqueleto se produce cuando los voluntarios lo quieren seguir llevando y el resto de la plantilla que realiza las mismas tareas o tareas similares quiere utilizarlo también.

Para la implantación del uso del exoesqueleto al resto del personal que lo requiera: se tendrá en cuenta que este estudio se ha realizado para una tarea concreta; el uso debería ser voluntario y, si el trabajador o trabajadora decide que ya no quiere seguir empleando el exoesqueleto, debería poder abandonar y volver a la situación anterior; sólo se debería utilizar por personas sanas y debidamente entrenadas (tanto en la tarea como en el uso del exoesqueleto).

Es el momento de realizar la evaluación de riesgos del puesto con la incorporación del exoesqueleto como un elemento más en la gestión preventiva.

Tercera fase: Gestionar a largo plazo

El objetivo de esta fase es dar respuesta a la pregunta: Al cabo de un tiempo... ¿ha mejorado la seguridad y salud con el uso de exoesqueletos?

En esta fase, se debe evaluar la adecuación en el uso de exoesqueletos en el puesto y analizar y comparar con la situación anterior las repercusiones tanto positivas como negativas a largo plazo, por ejemplo, sobre:

- La salud de los trabajadores: las quejas y molestias, datos de la vigilancia de la salud, satisfacción de las personas usuarias.
- Las repercusiones en las horas perdidas: los accidentes de trabajo, absentismo, etc.
- La actividad de la empresa: cambios técnicos, humanos o de organización.

En todas las fases son importantes las actividades de formación e información, pero en esta última son imprescindibles. Toda nueva incorporación en la plantilla va a requerir formación y tiempo para habituarse al uso de los exoesqueletos, al igual que ocurrió con los voluntarios en fases anteriores.

3. CONCLUSIONES

El uso de exoesqueletos en el ámbito laboral puede ser una opción muy interesante en aquellos casos en los que no se haya podido emplear otro tipo de medidas preventivas para eliminar o controlar un determinado riesgo. Ciertamente los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral continúan siendo una de las principales causas de baja laboral y los exoesqueletos podrían contribuir a su disminución. El éxito en la implantación está sujeto a una adecuada selección del equipo y va a depender de cómo se gestione y se introduzca en la empresa y en especial en el puesto de trabajo.

Elementos imprescindibles en todas las fases son:

- Una adecuada información a los participantes en la medida en que la fase del proceso de implantación del exoesqueleto lo requiera. Transmitir transparencia y claridad mejora y facilita el proceso y, por tanto, el resultado final.
- Como todo equipo nuevo, requiere formación, entrenamiento y tiempo de adaptación. Los tres aspectos serán diferentes en la medida en que se esté en una u otra fase. En todos los casos hay que dar un margen de familiarización que requiera la fase del estudio, y, cuando se incorpore una nueva persona al puesto de trabajo, también hay que darle un tiempo de adaptación con las debidas formaciones e instrucciones para su uso.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. Discussion paper: The Impact of Using Exoskeletons on Occupational Safety and Health. EU-OSHA, 2019. [Consulta: 2 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://osha.europa.eu/en/publications/impact-using-exoskeletons-occupational-safety-and-health>

Álvarez Bayona, Teresa y col. *Ergonomía participativa. Un enfoque diferente en la gestión del riesgo ergonómico.* Madrid: INSST, 2020. Notas Técnicas de Prevención: NTP 1137. [Consulta: 2 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/706209/NTP+1137+Ergonom%C3%ADa+participativa+un+enfoque+diferente+en+la+gesti%C3%B3n+del+riesgo+ergon%C3%B3mico+-+A%C3%B1o+2020.pdf/66dd329f-e4d1-4b0c-b6fa-3850a78b9e26>

Christian, Dahmen et al. Approach of Optimized Planning Process for Exoskeleton Centered Workplace Design. *Procedia CIRP* [en línea]. 2018, vol 72; 1277–1282. [consulta. 2 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827118303445>

Goldenhar, Linda et al. The Intervention Research Process in Occupational Safety and Health: An Overview From the National Occupational Research Agenda Intervention Effectiveness Research Team. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* [en línea]. Agosto 2001, vol 43 (7); 616-622. [consulta. 2 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.>

[researchgate.net/publication/11878606_The_Intervention_Research_Process_in_Occupational_Safety_and_Health_An_Overview_From_the_National_Occupational_Research_Agenda_Intervention_Effectiveness_Research_Team](https://www.researchgate.net/publication/11878606_The_Intervention_Research_Process_in_Occupational_Safety_and_Health_An_Overview_From_the_National_Occupational_Research_Agenda_Intervention_Effectiveness_Research_Team)

Institut National de Recherche et de Sécurité. Acquisition et integration d'un exosquelette en entreprise: Guide pour les pré-venteurs. París, INRS, 2019. [Consulta: 2 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206315>

Institut National de Recherche et de Sécurité. Exosquelettes au travail: impact sur la santé et la sécurité des opérateurs – état des connaissances. París, INRS, 2018. [Consulta: 2 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206311>