

# III Ampliación de la Guía de criterios de diseño ergonómico de máquinas-herramientas con enfoque de género en el sector del calzado



## Contenido

INTRODUCCIÓN	3
EL PROYECTO	4
CRITERIOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO, SELECCIÓN Y COMPRA DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS	4
ALTURA DE TRABAJO	5
ÁREAS DE ALCANCE Y ESPACIO PARA LOS BRAZOS	8
ESPACIO PARA LAS PIERNAS Y LOS PIES	13
MANDOS Y CONTROLES	15
ESFUERZOS	19
HERRAMIENTAS	22
FICHAS MÁQUINAS	25
MÁQUINAS DE APARADO	25
MÁQUINAS DE CORTE	33
MÁQUINAS DOBLADORAS	41
MÁQUINAS DE MONTADO DE PUNTAS	47
MÁQUINAS DE MONTADO DE TALONES	57
REFERENCIAS	64

## Agradecimientos

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

# Introducción

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) representan un gran desafío en el sector del calzado, afectando a un amplio espectro de la población trabajadora. Estos trastornos tienen un impacto negativo en la salud de la plantilla, disminuyendo su calidad de vida y bienestar, así como en la productividad de la industria en general, con el consiguiente impacto económico. Por lo tanto, es fundamental comprender sus causas y actuar para prevenirlas.

Los principios del diseño ergonómico se centran en la adaptación de los entornos y productos a las morfologías, fuerzas y resistencias individuales de las personas. Esto significa que las máquinas y herramientas deben ser diseñadas de manera que eviten la necesidad de posturas o movimientos exigentes que podrían causar fatiga o lesiones. Además, se debe proporcionar suficiente espacio para permitir los movimientos naturales del cuerpo.

En este punto, es importante destacar que existen diferencias antropométricas y biomecánicas entre hombres y mujeres que deben considerarse cuidadosamente en el diseño. Algunos ejemplos de aspectos que presentan diferencias, entre otros, serían: las dimensiones de los segmentos corporales, el centro de gravedad, las distribuciones y proporciones, la capacidad de contracción muscular o las fuerzas. Ignorar estas diferencias puede llevar a una mayor fatiga, estrés y riesgo de lesiones, lo que perjudica tanto la salud de la plantilla como la eficiencia en el lugar de trabajo.

Un enfoque ergonómico de género en el diseño de máquinas y herramientas es, por tanto, esencial para garantizar que quienes utilicen las máquinas, independientemente de su género, puedan realizar sus tareas de manera segura y efectiva.

El diseño ergonómico aplica una serie de principios que permiten bajo las condiciones previstas de utilización de una máquina eliminar, o reducir lo más posible, molestias, fatiga y estrés de las personas que la operan. Estos principios, integrados en la Directiva Europea de máquinas, hacen referencia a: la adaptación a las diferentes morfologías, a la fuerza y resistencia de las personas, a evitar la necesidad de exigir posturas o movimientos de trabajos exigentes y a las fuerzas manuales que superen la capacidad de las personas, a proporcionar espacio suficiente para los movimientos de las distintas partes del cuerpo, etcétera.

Para lograr un entorno laboral más equitativo y seguro, esta guía de diseño ergonómico con enfoque de género, incluye criterios básicos que buscan asegurar que las máquinas y herramientas sean inclusivas y se adapten a toda la plantilla, independientemente del género. De esta manera, se promueve un ambiente de trabajo en el que todos los empleados pueden desempeñar sus funciones de manera óptima sin preocuparse por las limitaciones impuestas por el equipo o la estación de trabajo.

En esta guía se van a considerar los siguientes aspectos: altura de trabajo, áreas de alcance y espacio previsto para los brazos, espacio previsto para las piernas y pies, mandos y controles adaptados a mano y pie, esfuerzos y aspectos a considerar en el diseño/ compra de herramientas. Para cada uno de ellos, se presentan ejemplos de los problemas asociados a su no consideración, ofrece criterios ergonómicos para la selección de máquinas y se presentan ejemplos reales en el sector. Para terminar, se presentan una serie de fichas por tipo de máquina donde se recogen recomendaciones más específicas.

## El proyecto

Este proyecto se enmarca dentro de las acciones TRCOIN/2023/8, TRCOIN/2024/29 y TRCOIN/2025/14, que han sido apoyadas por la Conselleria de Educación, 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 los ejercicios 2023 y 2024, y 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 en la reducción de los trastornos musculoesqueléticos derivados de la falta de adecuación de las máquinas y herramientas utilizadas.

Para la consecución de este objetivo, AVECAL de nuevo en colaboración con el Instituto de Biomecánica (IBV), ha llevado a cabo un estudio centrado en máquinas y herramientas en las que se ha identificado la falta de adecuación a la población femenina desde el punto de vista ergonómico, y se han generado criterios de diseño para mejorarlas y especificaciones para su compra. Los resultados de dicho estudio se plasman en la presente guía. En esta tercera anualidad, se han incorporado a la guía dos nuevas fichas por tipo de máquina, concretamente se han incluido las máquinas de montado de puntas y montado de talones.

## Criterios a tener en cuenta en el diseño, selección y compra de máquinas y herramientas

En este apartado se recogen una serie de puntos donde se tratan los principales criterios a tener en cuenta a nivel ergonómico relativos a:

- Altura de trabajo
- Áreas de alcance y espacio para los brazos
- Espacio para las piernas y los pies
- Mandos y controles
- Esfuerzo físico
- Herramientas manuales

Para cada uno de ellos, se presentan ejemplos de los problemas asociados a su no consideración, se ofrecen criterios ergonómicos para la selección de máquinas y se presentan ejemplos reales en el sector.

## ALTURA DE TRABAJO

La altura de utilización de la máquina debe de estar adaptada a las personas que van a operarla y al tipo de trabajo a realizar.

### ¿Qué pasa si no está adaptada?

La altura de acceso a una máquina condiciona la postura adoptada durante su utilización. Cuando la altura de trabajo no es correcta, puede llevar a adoptar posturas inadecuadas (principalmente de espalda, cuello y brazos) que tienen asociados una serie de potenciales problemas ergonómicos e incrementa el riesgo de lesión.

Por ejemplo, cuanto más baja es la altura, más debe inclinarse la espalda hacia delante, volviéndose la tarea más penosa, y dificultándose la ejecución de la misma (Figura 1).



Figura 1. Adopción de posturas inadecuadas debido a una altura de trabajo baja: flexión y giro de tronco y cuello y mala visión. Fuente: estudio de campo.

En cambio, si la altura de trabajo es demasiado elevada, se generarán tensiones y esfuerzos excesivos en los hombros al elevar los brazos constantemente (Figura 2), lo cual también dificultará la ejecución de la tarea y aumentará el riesgo de lesiones en esta zona del cuerpo.

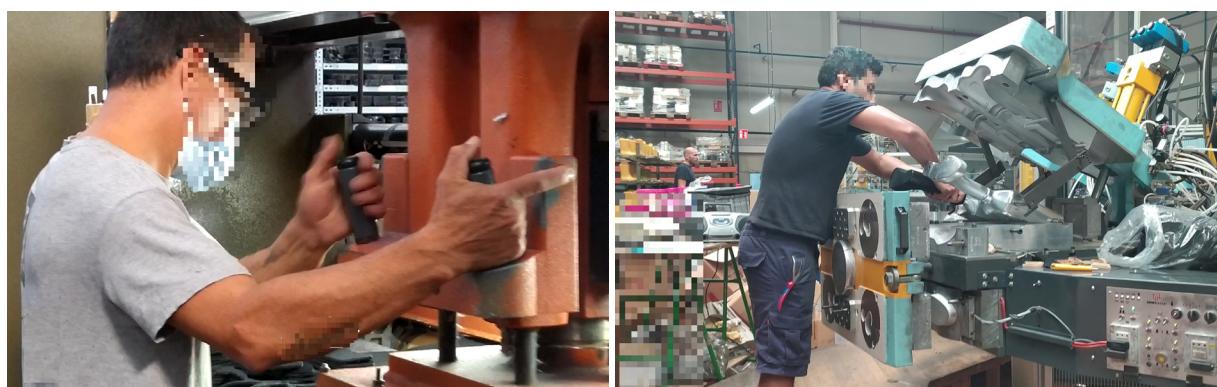


Figura 2. Adopción de posturas inadecuadas debido a una altura de trabajo elevada: Incomodidad de brazos y hombros. Fuente: estudio de campo.

## ¿Qué criterios y medidas se pueden tomar?

Para que la altura de utilización de la máquina sea la óptima, los principales factores a considerar son el tipo de tarea que se realice y la estatura de la persona que desarrolla dicha tarea. El objetivo de esta consideración es favorecer una buena postura corporal.

### TIPOS DE TAREA

Lo primero es determinar los requisitos y el tipo de tarea que se va a desarrollar en la máquina, fundamentalmente se consideran tres tipos:

- De precisión: tareas que requieran un elevado nivel de precisión, y un nivel bajo de fuerza.
- Ligera (o media): tareas con un requerimiento medio de fuerza y precisión, donde se manipulen objetos no muy pesados.
- De fuerza: tareas muy pesadas, que impliquen aplicar fuerzas elevadas o mover cargas o piezas pesadas, y que no requieran un elevado nivel de precisión.

Para cada una de ellas, se ofrece una altura de trabajo recomendada que, generalmente, se relaciona con la altura de codo, medida desde el suelo. En este sentido, cabe tener en cuenta que los hombres son, en general, más altos que las mujeres y, también la altura del codo será superior. Así, en general, un plano de trabajo o punto de acceso diseñado exclusivamente con dimensiones antropométricas masculinas, sería demasiado alto para las trabajadoras, y un plano de trabajo o punto de acceso diseñado exclusivamente con dimensiones antropométricas femeninas, sería demasiado bajo para los trabajadores. En la siguiente tabla se muestran, esquemáticamente, estas recomendaciones de alturas.

Tipo de tarea	Ejemplo	Postura recomendada	Altura de trabajo recomendada
De precisión	Aparado	Preferiblemente sentada	Ligeramente por encima de la altura de los codos
Ligera (o media)	Clavado de tacones	Preferiblemente de pie	Ligeramente por debajo de la altura de los codos
De fuerza	Cambio de troqueles en inyectado	De pie	Entre la altura de los nudillos y la altura de los codos (la máxima fuerza de levantamiento se puede hacer cuando el objeto está a la altura de los nudillos)
Controles sobre paneles verticales	Accionamiento máquina	De pie o sentada	Entre la altura de los codos y la de los hombros

De manera general, las alturas recomendadas para la población femenina y masculina son las que se muestran en la figura 3 y 4.

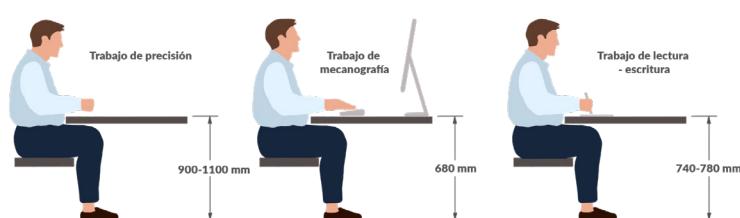
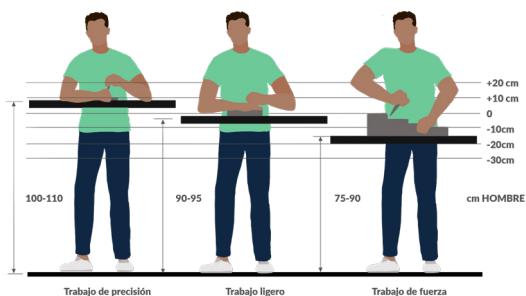
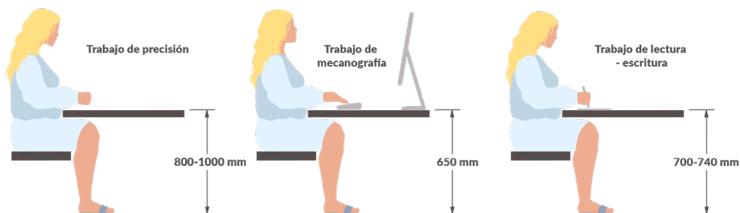
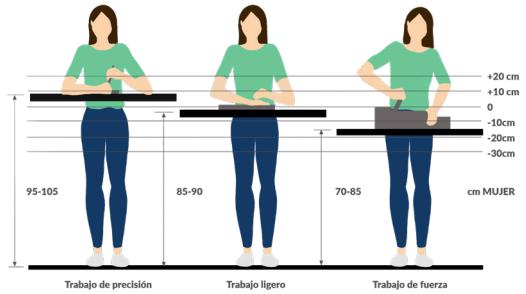


Figura 3. Tareas realizadas en postura de pie.

Figura 4. Tareas realizadas en postura sentada.



Al trabajar sobre una superficie o plano utilizando determinadas prendas o artículos, puede existir una cierta diferencia entre la altura de trabajo y la altura del plano de trabajo en función de las dimensiones de los primeros. Por ejemplo, si se utiliza una alfombra antifatiga, o un calzado con suela gruesa, la altura del codo medida desde el suelo, aumentará.

## EJEMPLOS

Para que la altura de trabajo en la máquina sea lo más adecuada posible a todas las personas que las operen, permita los cambios de postura, se adecúe a los diferentes tamaños de artículos a manipular, así como a las demandas de fuerza específicas, se recomienda que sea regulable (Figura 5). Cualquier regulación debe ser sencilla de utilizar.

En caso de no ser posible la regulación en altura, la máquina debe diseñarse de manera que se adapte al mayor porcentaje posible de personas. Si no es posible contar con alturas de trabajo individualizadas, o regulables, cosa que en la realidad es habitual, por ejemplo, al utilizar una máquina en la que no sea posible modificar el plano de trabajo, pueden utilizar-



Figura 5. Mesa de trabajo regulable en altura. Fuente: REFREY.

se una serie de accesorios, herramientas o estrategias para conseguir una altura de trabajo que sea lo más ergonómica posible para todas las personas trabajadoras. Un ejemplo es el uso de tarimas o plataformas individuales para acomodar las alturas de trabajo cuando un conjunto de personas deba utilizar un mismo plano de trabajo fijo, facilitando los alcances y así mejorando la postura de aquellos trabajadores de menor altura.

La disposición del panel de mandos en postes o brazos articulados regulables (Figura 6), también son algunos ejemplos de configuraciones flexibles que permiten la regulación en altura y orientación, facilitando a quien lo opere orientarlo ajustándolo a sus necesidades.



Figura 6. Panel de mandos sobre brazo articulado. Fuente: ORMAC.

## ÁREAS DE ALCANCE Y ESPACIO PARA LOS BRAZOS

El **espacio previsto para los brazos** debe permitir los movimientos necesarios para realizar las tareas en la máquina y, al mismo tiempo, favorecer que los alcances necesarios a todos los elementos de la máquina con los que interactúa la persona que la opera se realicen de manera cómoda y sin restricciones.

### ¿Qué pasa si no está adaptada?

Al realizar tareas que requieren alcanzar puntos de la máquina u objetos hacia adelante, las personas más altas pueden tener un mayor alcance y una mayor facilidad para mantener la estabilidad y el equilibrio, mientras que las personas más bajas pueden tener que inclinarse más hacia adelante o elevar los brazos, lo cual puede aumentar la tensión en la espalda y los hombros. Por tanto, la ubicación de las partes y/o elementos con los que interactúan las personas que trabajan en la máquina y que los deben alcanzar, condicionan las posturas adoptadas durante su utilización. Cuando dicho alcance no es ergonómico, la persona en el puesto de trabajo se ve obligada a adoptar posturas forzadas de brazo o tronco (estiramiento del brazo, inclinación o giro del tronco, extensión del brazo, etc.) (Figura 7).

Otro punto a chequear es que las dimensiones de las aberturas de acceso (Figura 8) en el equipo garanticen el paso correcto de la parte del cuerpo de la persona trabajadora (brazo, antebrazo, mano o dedos). Si estas dimensiones no son suficientes puede haber problemas de acceso.



Figura 7. Adopción de posturas inadecuadas debido a un alcance alejado: flexión de brazos y tronco. Fuente: estudio de campo.

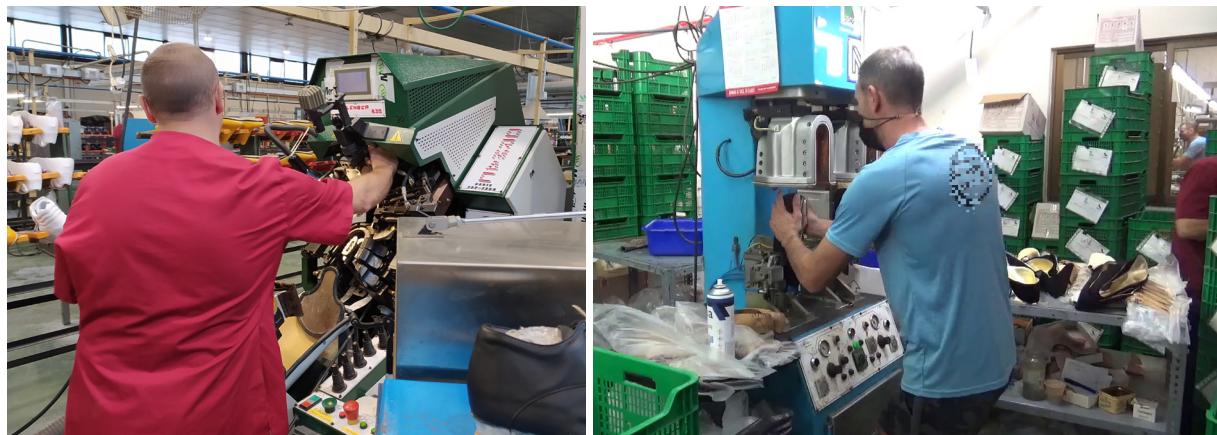


Figura 8. Abertura de acceso en máquinas del sector (Montado de enfranques y talones, y Moldeado contrafuertes). Fuente: estudio de campo.

## ¿Qué criterios y medidas se pueden tomar?

### ÁREAS DE ALCANCE CON LOS BRAZOS

Es importante tener en cuenta las diferencias entre hombres y mujeres. Las dimensiones corporales, como la longitud de brazo, afectan directamente a la capacidad de alcance. De manera general, las dimensiones longitudinales masculinas son mayores que las de las mujeres del mismo grupo, pudiendo representar hasta un 20% de diferencia. Ello supone que, ante un mismo diseño de la máquina, pueda haber diferencias significativas en la forma en que se realiza el movimiento de alcance.

Aparte de las dimensiones corporales, al considerar el alcance en el plano horizontal, también se debe tener en cuenta la intensidad de uso de los elementos a alcanzar de la máquina. En función de la intensidad o frecuencia de uso se recomienda que:

- Aquellos elementos que van a tener un uso intensivo y/o frecuente deben estar ubicados en el área de alcance principal. Esta área permite el alcance sin tener que extender o flexionar el brazo. De

manera general, el radio de alcance principal sería de 356 mm para mujeres (Figura 9) y 394 mm para hombres (Figura 10), ubicando los elementos con un uso más intensivo tan cerca y al frente como sea posible. Los elementos que requieran de esfuerzo, aunque no sean de uso tan frecuente, deberán ubicarse también en esta zona.

- El resto de elementos, con un uso más ocasional, pueden ubicarse en el área de alcance máximo. Esta área permite el alcance sin tener que flexionar el tronco o moverse, pero sí flexionando el brazo. De manera general, el radio de alcance máximo sería de 597 mm para mujeres (Figura 9) y 673 mm para hombre (Figura 10).

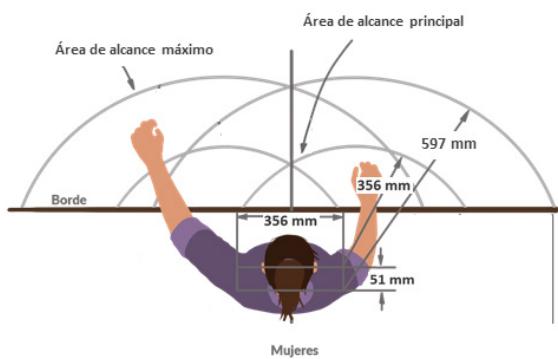


Figura 9. Áreas de alcance población femenina.

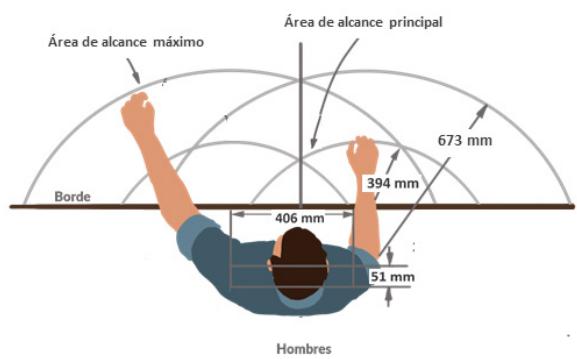


Figura 10. Áreas de alcance población masculina.

En el caso del alcance sagital (en el plano vertical), el alcance máximo tanto de pie como en postura sentada, se calcula también considerando a las personas de menor tamaño, para que aquello ubicado a esta distancia pueda ser alcanzado por la gran mayoría de la población laboral (masculina y femenina), evitando la inclinación de tronco o desplazamientos. Lo recomendable es que aquellos objetos de uso más frecuente se ubiquen lo más cerca de la persona trabajadora. Respecto a la altura máxima que debe tener un estante, no debe superar los 1400-1500 mm para las mujeres (Figura 11) o los 1500-1600 mm para hombres (Figura 12).

De manera general, las áreas de alcance con los brazos para la población femenina y masculina son las indicadas en las figuras 11 y 12.

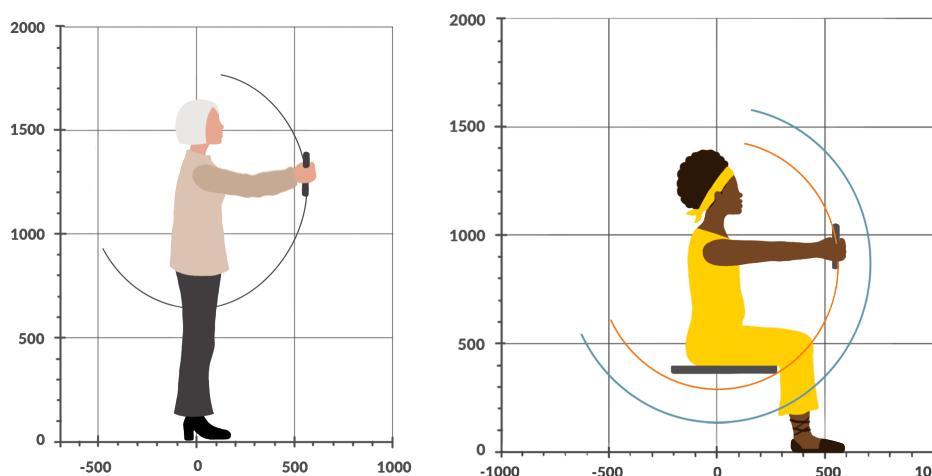


Figura 11. Áreas de alcance de pie y sentada, población femenina.

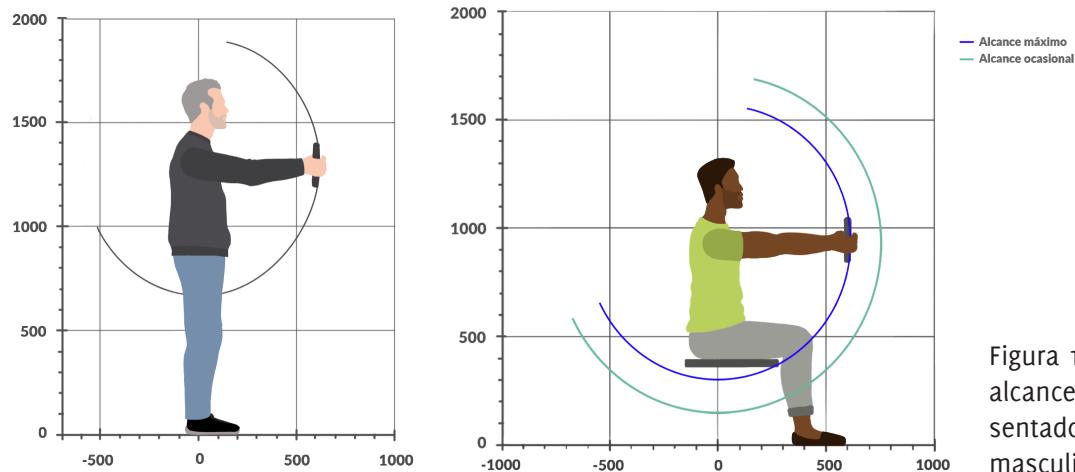


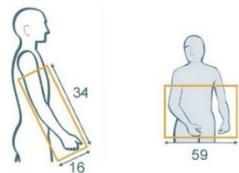
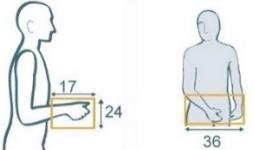
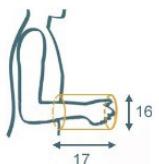
Figura 12. Áreas de alcance de pie y sentado, población masculina.



En el caso de **trabajadoras embarazadas**, es importante tener en cuenta (siempre y cuando sea seguro que una trabajadora embarazada opere la máquina) que, debido a la prominencia del abdomen, el alcance frontal efectivo de los brazos se verá reducido, por lo que será todavía más restrictivo. La obligación de trabajar más lejos del cuerpo si no se regula el alcance puede originar una sobrecarga en brazos, hombros y zona lumbar.

## ABERTURAS DE ACCESO PARA LOS BRAZOS

Una abertura de acceso en una máquina es un orificio a través del cual la persona puede inclinarse hacia delante o alargar el brazo para alcanzar algo, así como extender alguna parte del cuerpo (cabeza, brazo, mano, dedo, etc.) para efectuar ciertas operaciones durante su trabajo. En la siguiente tabla vienen recogidas algunas de las dimensiones límite recomendadas en norma para aberturas de acceso.

Tipo de abertura de acceso	Dimensión límite recomendada (cm)
<b>Para ambos brazos (hacia delante y hacia abajo)</b> Dimensiones consideradas: distancia entre codos, grueso del brazo y alcance del brazo.	
<b>Para ambos antebrazos (hacia delante y hacia abajo)</b> Dimensiones consideradas: grueso y alcance del antebrazo, diámetro de los dos antebrazos.	
<b>Para un antebrazo hasta el codo</b> Dimensiones consideradas: anchura de la mano y alcance del antebrazo	
<b>Para el puño</b> Dimensión considerada: diámetro del puño.	



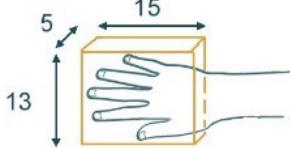
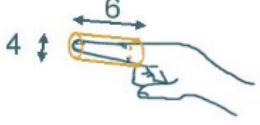
Tipo de abertura de acceso	Dimensión límite recomendada (cm)
<b>Para la mano plana hasta la muñeca</b> Dimensiones consideradas: anchura, espesor y longitud de la mano	
<b>Para el dedo índice</b> Dimensiones consideradas: anchura y longitud del índice	

Tabla 1. Dimensiones límite recomendadas para aberturas de acceso (en cm).

Para establecer las dimensiones límite recomendadas, además, se ha de tener en cuenta el uso de calzado y ropa de trabajo, así como el espacio para el movimiento del cuerpo. En la Tabla 2 vienen recogidos algunos suplementos a añadir a estas dimensiones para circunstancias particulares:

Casco	+ 6 cm
Ropa gruesa y EPI (casco, protectores auditivos, etc)	+ 10 cm
Equipos de protección de la mano	+ 2 cm

Tabla 2.- Requisitos espaciales adicionales (en cm) para las aberturas de acceso (Fuente: EN 547-2).

## EJEMPLOS

En las siguientes imágenes (Figura 13) se muestran algunas de las máquinas existentes, donde se puede observar que permiten un correcto alcance y acceso del área principal de trabajo.

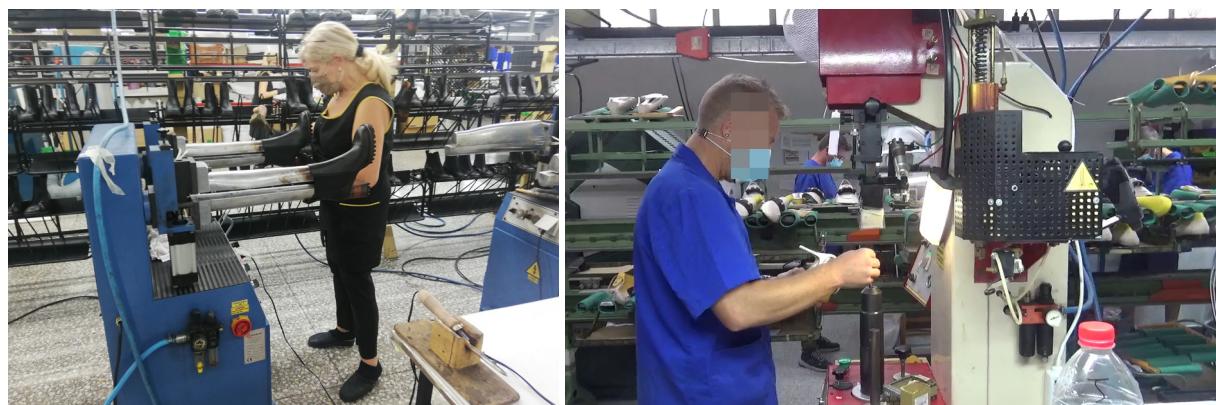


Figura 13. Alcances dentro del área principal (conformado de caña y clavado de tacón). Fuente: estudio de campo.

## ESPACIO PARA LAS PIERNAS Y LOS PIES

El **espacio previsto para los pies** debe permitir el acercamiento correcto para realizar la tarea y, en el caso de utilizar algún tipo de asiento, el **espacio previsto para las piernas** debe permitir tanto los movimientos necesarios para realizar la tarea como garantizar el espacio suficiente para poder albergar las piernas sin obstáculos que impidan una correcta postura sentada.

### ¿Qué pasa si no está adaptado?

Conviene comprobar que sea posible acercarse a la máquina correctamente sin que los pies o piernas topen contra la parte inferior de la misma, o sea necesario girarlos para poder arrimarse al área de trabajo. Cuando el diseño de la máquina no permite un correcto acercamiento, y los pies o piernas topan contra la parte inferior de la misma, se aumenta la distancia o separación al punto de acceso o trabajo (Figura 14). En posición sentada, debe observarse si se tiene espacio suficiente para las piernas, de manera que se pueda adoptar una postura sentada correcta, sin tener que girar el tronco o las piernas ni alejar el área de trabajo.



Figura 14. Espacio insuficiente para las piernas y los pies. Fuente: estudio de campo.

### ¿Qué criterios y medidas se pueden tomar?

A la hora de definir el espacio necesario para las piernas y los pies, es importante tener en cuenta las diferencias en las dimensiones antropométricas entre hombres y mujeres. Al tratarse de una holgura, si se garantiza el espacio necesario para las personas con mayores requerimientos de espacio, este también será suficiente para las personas con un requerimiento menor. Por lo tanto, se deben considerar las dimensiones corporales de las personas trabajadoras de los percentiles más altos (generalmente en diseño se utiliza el P95 masculino en estos casos).

## ESPACIO LIBRE PARA LOS PIES DE PIE

Cuando se habla de máquinas, de manera general, las dimensiones mínimas recomendadas son de 230 mm de altura y 210 mm de profundidad. Además, en cualquier caso, la altura del espacio para los pies deberá incrementarse si se utilizan reposapiés o plataformas.

Los requisitos mínimos de espacio para los pies recogidos en normativa son (Figura 15):

- Profundidad de espacio para los pies: 210 mm
- Altura del espacio para los pies 230 mm

Esta última dimensión deberá incrementarse, si es el caso, con la altura de reposapiés o plataformas.

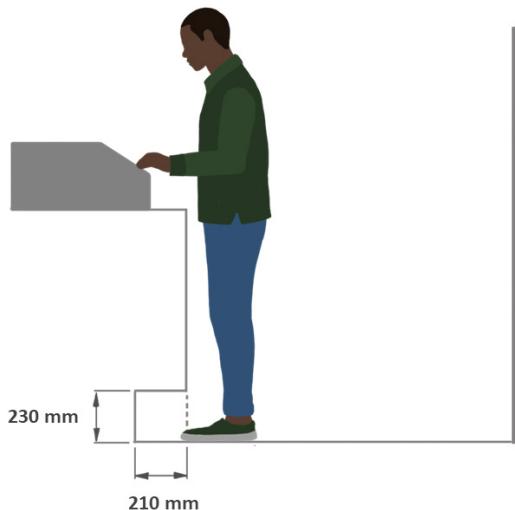


Figura 15. Espacio libre para los pies de pie.

## ESPACIO LIBRE PARA LAS PIERNAS EN POSICIÓN SENTADA

Se debe proporcionar espacio suficiente para las piernas cuando se trabaje sentado frente a una máquina. Dependiendo de la postura principal de trabajo adoptada, se tendrá que habilitar mayor o menor hueco para garantizar una correcta aproximación y alcance al área de trabajo. En la norma UNE EN 14738 se dan recomendaciones sobre requisitos de espacio libre para las piernas.

El hueco recomendado para albergar las piernas cuando se trabaja en posición sentada frente a una máquina, debería tener las siguientes dimensiones (Figura 16):

- Altura: 720 mm
- Anchura: 790 mm
- Profundidad: 550 mm (a la altura de la rodilla) y 880 mm (para las piernas y pies)

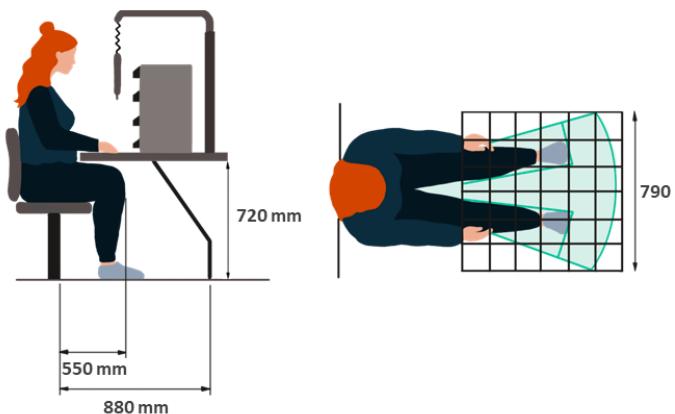


Figura 16. Espacio libre para las piernas sentada.

## EJEMPLOS

En las siguientes imágenes (Figura 17) se muestran algunas de las máquinas existentes, donde se puede observar que permiten un acercamiento de los pies al área principal de trabajo.



Figura 17. Espacio libre para los pies en diversas máquinas del sector. Fuente: estudio de campo.

## MANDOS Y CONTROLES

Los **mandos y controles** deben ser adecuados para el tipo de acción a realizar, y estar adaptados a las manos y pies de las trabajadoras.

### ¿Qué pasa si no están adaptados?

Si los mandos y controles de la máquina no están correctamente seleccionados y adaptados a las necesidades de uso, pueden darse molestias asociadas a su accionamiento repetitivo, e incluso ocurrir accionamientos involuntarios. La ubicación de los controles es fundamental, si están situados a excesiva altura pueden provocar dolor de hombros, y si están colocados demasiado bajo pueden causar dolor de espalda. También es posible que se den posturas inadecuadas (estiramiento del brazo, inclinación o giro de tronco, estiramiento de la pierna, giro de tobillo, etc.) y/o esfuerzos asociados a su uso (Figura 18).



Figura 18. Adopción de posturas inadecuadas durante el accionamiento de mandos y pedales en máquinas del sector. Fuente: estudio de campo.

### ¿Qué criterios y medidas se pueden tomar?

#### MANDOS

Es importante verificar que los **tipos de mandos** de la máquina son adecuados para el tipo de acción a realizar. Así, por ejemplo, los pulsadores manuales son excelentes para la activación, y los interruptores giratorios son excelentes para selección. En la tabla 3 se muestra el grado de adecuación de los principales tipos de mandos (Figura 19) para los diferentes tipos de acciones.

MANDO	Accionamiento puntual			Accionamiento continuo	
	Activación	Entrada de datos	Selección	Selección continua	Control continuo
Pulsador manual	Excelente	Bueno	No recomendado	No aplicable	No aplicable
Pulsador de pie	Bueno	No aplicable	No recomendado	No aplicable	No aplicable

MANDO	Accionamiento puntual			Accionamiento continuo	
	Activación	Entrada de datos	Selección	Selección continua	Control continuo
Interruptor de palanca	Bueno, pero propenso a activación accidental.	No aplicable	Bueno	No aplicable	No aplicable
Interruptor giratorio	Utilizable. Pueden confundirse sus posiciones.	No aplicable	Excelente	No aplicable	No aplicable
Botón	No aplicable	No aplicable	Pobre	Bueno	Regular
Manivela	Sólo si hay que hacer mucha fuerza	No aplicable	No aplicable	Regular	Bueno
Volante	No aplicable	No aplicable	No aplicable	Bueno	Excelente
Palanca	Bueno	No aplicable	Bueno	Bueno	Bueno
Pedal	Regular	No aplicable	No aplicable	Bueno	Regular

Tabla 3. Grado de adecuación de los principales tipos de mandos.

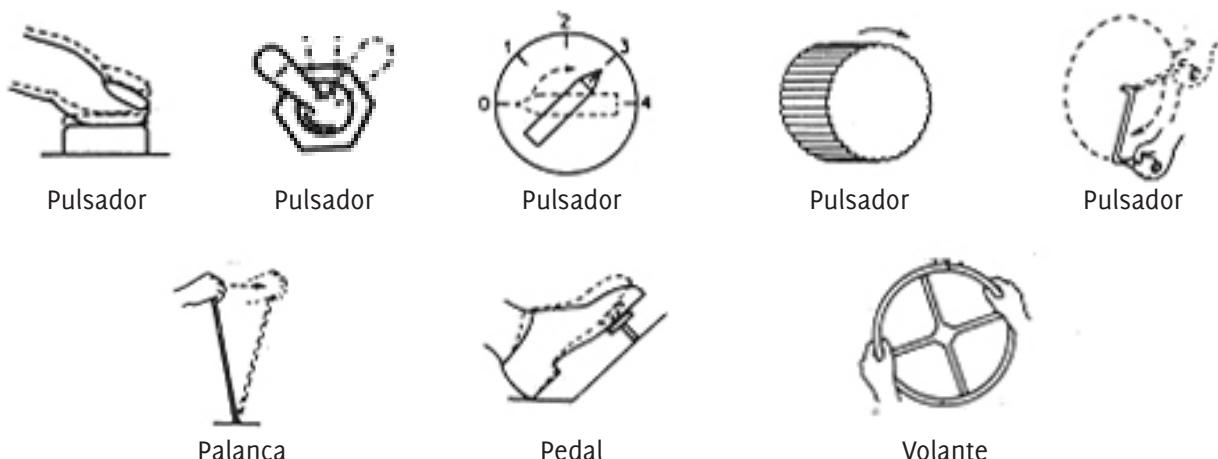


Figura 19. Principales tipos de mandos.

Los mandos de uso frecuente deben de estar situados al alcance inmediato de las manos y de los pies de la persona que opera la máquina, de manera que pueda alcanzar cómodamente, y desde la posición normal de trabajo, los mandos de uso frecuente de la máquina. Esta medida ahorra tiempo y esfuerzo (consultar apartado 2. ÁREAS DE ALCANCE). Se debe de tener en cuenta el principio de espacio para los movimientos, es decir, la distancia que separa los diferentes dispositivos de mando deber ser la óptima para asegurar un accionamiento eficaz, ya que una distancia demasiado grande puede requerir movimientos inútiles mientras que una distancia excesivamente pequeña incrementa el riesgo de efectuar

accionamientos involuntarios. Existen diferentes formas de evitar el accionamiento accidental de un control o mando. La importancia que pueda tener la activación inapropiada del control determinará el mecanismo o mecanismos de seguridad utilizados. Algunas alternativas para evitar accionamientos involuntarios o accidentales de mandos son: emplear dos mandos para la activación, emplear controles que requieran dos acciones diferentes (por ejemplo, tirar hacia el operador y después tirar hacia el suelo), cubrirlos, protegerlos mediante llave, etc.

La función de cada mando de la máquina debe ser fácilmente identifiable y distinguible de la función de los mandos adyacentes. Es conveniente que las etiquetas de identificación, los pictogramas y otros textos o símbolos informativos estén emplazados sobre, o próximos, a los dispositivos de mando a los que estén asociados de forma que sean visibles cuando se accionen (Figura 20).

Los mandos deben ser ergonómicos, y eso incluye que estén adaptados a la morfología y características de las personas. Las mujeres tienen las manos y los dedos más pequeños que los hombres, lo cual influye en la forma en que se sujetan y operan los mandos.

Tomar en cuenta estos aspectos garantiza que los mandos sean accesibles y cómodos para todas las personas. Por ejemplo, si los botones o controles son demasiado pequeños o están ubicados muy cerca unos de otros, una persona con dedos más grandes podría activar más de uno a la vez, lo que podría dar lugar a acciones no deseadas o errores. Del mismo modo, si el espacio alrededor de un interruptor o control es insuficiente debido a su proximidad con otros interruptores o partes de la máquina, las personas con dedos más grandes podrían tener dificultades para acceder a ellos de manera rápida y precisa.

En el caso de que haya una secuencia de operación de los mandos en un orden determinado y que se repite con frecuencia, es recomendable que la ubicación de los controles (y de los indicadores asociados) respete esta secuencia en lo posible. De tal manera, que el orden de operación debe ir de izquierda a derecha, o de arriba hacia abajo. Además, los controles (e indicadores) con funciones similares o relacionadas deben ir agrupados (Figura 21). Los grupos pueden distinguirse mediante líneas de demarcación, separación en el panel, codificación con colores, etc.



Figura 20. Pictogramas empleados en máquinas del sector. Fuente: estudio de campo.



Figura 21. Disposición de mandos agrupados por funciones. Fuente: estudio de campo.

## PEDALES ADAPTADOS AL PIE

Aunque es habitual el uso de pedales en las máquinas del sector, en general a nivel ergonómico, se recomienda limitar el uso de pedales y de elementos que se tengan que accionar con los pies, limitándolo solo a aquellas acciones que sean indispensables, como por ejemplo cuando ambas manos estén ocupadas, evitando en la medida de lo posible el uso de pedales de manera repetitiva cuando se trabaja en posición de pie.

En los pedales de pie completo es importante que, cuando se estén accionando, la persona que realiza la tarea tenga espacio suficiente para apoyar totalmente el pie, y en los pedales de punta, garantizar que se dispone de espacio suficiente para acceder sin ningún obstáculo. Al calcular las dimensiones y accesos a los pedales, deberán tenerse en cuenta no solo las dimensiones antropométricas de los pies, sino también las del calzado, EPI o accesorios que puedan utilizarse.



Figura 22. Pedales en diversas máquinas del sector. Fuente: estudio de campo.

## EJEMPLOS

Máquinas con pedal independiente (reubicable) y con sistema de mandos suspendido (Figura 23).



Figura 23. Máquinas de cardado automático dotadas de pedal independiente (reubicable) y sistema de mandos sobre brazo suspendido. Fuentes: Comercial Gomis, ORMAC.

## ESFUERZOS

Los esfuerzos realizados en la máquina durante la ejecución de las tareas no deben sobrepasar ciertos límites recomendados por la normativa de máquinas.

### ¿Qué pasa si no están adaptados?

La interacción persona-máquina lleva asociada la realización de acciones que requieren de esfuerzos musculares. Estos esfuerzos causan tensiones en el sistema músculo-esquelético con riesgo de fatiga, molestias e, incluso, TME. Mediante el diseño y selección de la máquina pueden optimizarse las fuerzas requeridas y controlar estos riesgos para la salud.

Existe una gran variedad de factores que afectan a la capacidad de las personas para aplicar fuerzas. Por ejemplo, esta capacidad se ve afectada cuando se adoptan posturas forzadas durante la realización de tareas, ya que ello implica mantener una posición incómoda o inestable del cuerpo, pudiendo generar una mayor demanda física y disminuir la eficiencia en la aplicación de fuerzas. Diferencias individuales, como la distribución de peso, estatura y las proporciones corporales (por ejemplo, de las dimensiones de las manos) pueden también influir en cómo las personas interactúan con su entorno de trabajo y cómo adoptan posturas durante la aplicación de fuerzas, en accesos al realizar tareas en espacios reducidos o con restricciones de altura (muy alta o baja) o al asir mandos, ya que pueden requerir posturas más forzadas y menos ergonómicas para realizar las tareas.

### ¿Qué criterios y medidas se pueden tomar?

Existen una serie de aspectos diferenciales entre hombres y mujeres que es necesario conocer a la hora de diseñar y/o seleccionar una máquina, los cuales al que considerarlos, pueden reducir el riesgo de sufrir TME al aplicar fuerzas. Un diseño ergonómico debe considerar que:

- Las mujeres tienden a tener menor capacidad muscular y masa muscular en comparación con los hombres, lo que hace que tengan menor potencia y capacidad de aplicar fuerza explosiva (aproximadamente 2/3 de la capacidad de los hombres de manera general). Estos son valores genéricos, y, lógicamente, existen mujeres con tanta fuerza o más que la media de los hombres. La fuerza es una capacidad que se puede entrenar y desarrollar, existiendo variaciones individuales considerables dentro de ambos sexos.
- En general, las mujeres tienden a tener una mayor proporción de masa corporal en la parte inferior del cuerpo, como las caderas y los muslos, mientras que los hombres suelen tener una mayor masa en la parte superior del cuerpo, como los hombros y los brazos, por lo que, aunque las mujeres tienen menos fuerza en miembros superiores, suelen tener más estabilidad.
- Las diferencias en la estatura entre hombres y mujeres también pueden desempeñar un papel en la aplicación de fuerzas. Una persona más alta puede tener una mayor ventaja mecánica al ejercer fuerza en mandos, controles o al empujar/arrastrar objetos, ya que su mayor envergadura puede permitirle generar más fuerza debido a una palanca más larga. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la estatura de la persona afectará en función de la altura a la que se aplique la fuerza, una persona más alta puede tener una ventaja mecánica al aplicar fuerza en situaciones en las que la tarea requiere trabajar a alturas elevadas, si se tiene que realizar el empuje en una altura elevada o si se deben manipular controles ubicados en posiciones elevadas. En cambio, tendrán dificultades si se deben aplicar fuerzas en situaciones en las que la tarea se realiza a una altura bastante inferior

a la cómoda, pudiendo requerir flexiones de tronco, cuello o brazos o una postura incómoda que comprometa la estabilidad y la eficiencia en la aplicación de fuerza.

- El tamaño de las manos también puede ser relevante en la aplicación de fuerzas. Por lo general, los hombres tienden a tener manos y dedos más grandes en comparación con las mujeres. Esto puede influir en la forma en que se sujetan y manipulan los mandos, así como en la capacidad para aplicar una fuerza adecuada en ciertos contextos laborales.

El sexo afecta a la fuerza máxima que una persona puede ejercer y, por lo tanto, se debe tener en cuenta en el diseño y/o selección de máquinas. En la normativa de referencia “UNE EN 1005-3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas” se recogen valores límites de fuerzas para la población laboral adulta europea. Sin embargo, dichos límites de fuerza recomendados, que se dan para diversos tipos de acciones, tienen que ser corregidos y minorados en función de la velocidad, frecuencia y duración de la acción de aplicar fuerza. Si se cumple con los límites de fuerza establecidos por el procedimiento propuesto en la norma, se podría minimizar el riesgo para la gran mayoría de las personas (al menos el 85% de usuarios potenciales). En dicha norma se recoge una tabla con valores de referencia para la población femenina adulta (Tabla 4), así como procedimientos para estimar la fuerza máxima de manera más específica, en el caso de que la población objetivo sea muy homogénea, y se conozcan las proporciones respecto al sexo y la edad. El fabricante debería tener en cuenta que la evaluación de la fuerza que se presente en esta norma puede utilizarse también como una guía para la elaboración de las instrucciones de empleo de las máquinas.

El método de evaluación de Fuerzas del software ErgoIBV®, aplica unos valores de referencia de fuerza máxima diferentes para hombres y mujeres para cada tipo de actividad posible.

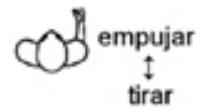
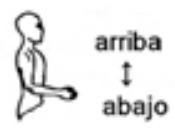
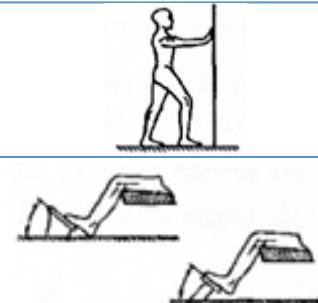
Actividad	Valor Límite (kilos)	Ámbito profesional
<b>Con una mano</b>		
Asir con toda la mano	28,3	
<b>Con el brazo en postura sedente</b>		<b>dentro ↔ fuera</b>
Hacia arriba	5,9	
Hacia abajo	9	
Hacia fuera	6,6	
Hacia dentro	8,7	
Empujando con apoyo del tronco	31,8	
Empujando sin apoyo del tronco	7,9	
Tirando con apoyo del tronco	25	
Tirando sin apoyo del tronco	6,9	
<b>Con el cuerpo completo en postura de pie</b>		
Empujando con apoyo del tronco	23,8	
Empujando sin apoyo del tronco	16,7	
<b>Con el pie, postura sedente, con apoyo del tronco</b>		
Empujando con apoyo del tronco	29,9	
Empujando sin apoyo del tronco	55,3	

Tabla 4. Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas (Grupo de referencia: población femenina adulta).

En lo que respecta a los mandos y controles, existen también valores límite de fuerza recomendados, donde se establecen, por ejemplo, que en un accionamiento por contacto no se sobrepase 1 kg de fuerza si es con un dedo o 2 kg si es con la mano. Los valores recogidos en la norma EN 894-3 son valores que se basan en optimizar la fuerza para facilitar el accionamiento, y tienen en cuenta los requisitos derivados del uso frecuente o continuo. Cuando se considera necesario evitar accionamientos involuntarios, es conveniente que la fuerza no sea inferior a 0,5 kg. Los mandos pueden usarse, en algunas circunstancias para mover partes de una máquina, y se necesitan ciertas fuerzas para moverlos. Algunos diseños de máquinas permiten una ayuda o asistencia mecánica o eléctrica para disminuir el esfuerzo de la persona cuando actúa dichos mandos. Si esto no es posible, la magnitud de la fuerza requerida deberá de determinarse y evaluarse.

Por último, y en lo que respecta a la posición en que se aplica la fuerza, es fundamental considerar la ergonomía y adaptar el entorno de trabajo para minimizar las posturas forzadas. Esto implica tanto realizar una técnica adecuada como disponer de herramientas, equipos y mobiliario adecuados que se ajusten a las dimensiones y características de cada persona, independientemente de su sexo. La implementación de espacios de trabajo adecuados, por ejemplo, siendo ajustables en altura, disponiendo de asientos ergonómicos, de soportes adecuados y otras soluciones, pueden ayudar a reducir la necesidad de adoptar posturas forzadas.

## EJEMPLOS

El empleo de máquinas automáticas (Figura 24) puede reducir, no sólo los movimientos asociados a la atención de la máquina, sino también el esfuerzo asociado a tener que ejecutar dichas tareas. Algunos ejemplos son el corte automático de pieles o el cardado automático.



Figura 24. Máquinas de corte automática y máquina de cardado automático. Fuente: estudio de campo.

## HERRAMIENTAS

### Aspectos a tener en cuenta en el diseño / compra de herramientas

Las herramientas deben ajustarse a las características individuales de quienes vayan a utilizarlas, teniendo en cuenta todos los factores, incluyendo el sexo.

De manera general, los datos antropométricos más relevantes para diseñar herramientas, son los relacionados con la mano. En la siguiente tabla, se muestran los datos antropométricos de la población trabajadora española, en la cual se pueden observar las diferencias entre ambos sexos tanto en formas como proporciones.



Dimensión	Mujeres			Hombres		
	P5	P50	P95	P5	P50	P95
Longitud de la mano	163	183	202	159	173	188
Anchura de la mano en los metacarpianos	72	86	97	70	78	86
Longitud del dedo índice	64	72	81	62	68	75
Anchura proximal del dedo índice	17	20	23	16	18	21
Anchura distal del dedo índice	14	17	20	13	15	18

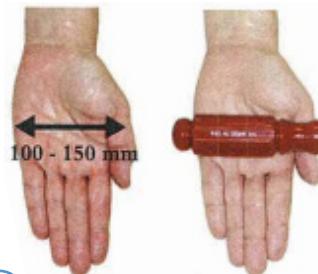
Datos antropométricos de la población trabajadora española del año 1996. Fuente: INSHT (2016).

El **diámetro del mango** es fundamental para un agarre cómodo y eficaz. Considerando las diferencias de género:

- Para herramientas de potencia, como martillos o mazas de goma, se considera que el diámetro es adecuado cuando el dedo índice y el pulgar están montados unos 10 mm durante el agarre. En general se recomienda un diámetro de 30-50 mm, con 50 mm como preferencia.
- Para herramientas de precisión, con agarre tipo pinza, como destornilladores para tareas minuciosas, el diámetro del mango suele variar entre 6 y 13 mm.
- En herramientas con espacios para los dedos, como tijeras, se sugiere un diámetro de aproximadamente 30 mm para huecos circulares, para acomodar cómodamente dedos o pulgares. Para huecos rectangulares, un tamaño de 110 x 45 mm facilita el paso de la palma de la mano. Si se usan guantes, se debe aumentar el tamaño en unos 25 mm.

Es esencial considerar que las mujeres suelen tener dedos más cortos y de menor diámetro, y palmas más pequeñas que los hombres. Un mango demasiado grande dificultará el agarre y requerirá posturas incómodas y esfuerzo adicional, mientras que un mango muy pequeño generará tensión y molestias. En el caso de huecos, un diámetro inadecuado dificultará la sujeción y la comodidad, por lo que se debe seleccionar el tamaño con cuidado.



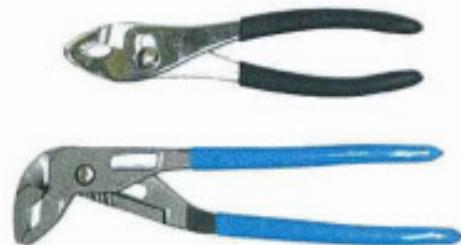


**La superficie del mango** debe ser antideslizante, sin ser tan lisa o pulida que pueda provocar deslizamientos no deseados, ni tan rugosa que cause incomodidad o abrasión.

Esta debe ser redondeada, sin aristas ni ángulos rectos, para prevenir la generación de presiones incómodas en la palma de la mano y los dedos, especialmente durante agarres intensos. Sus extremos deben estar redondeados para evitar puntos de presión en la mano, y se deben evitar surcos profundos que pudieran causar molestias locales.

**La longitud del mango** se debe ajustar al ancho de la mano, siendo siempre mayor que esta para distribuir la presión de manera uniforme y evitar presión. Al tener los hombres, generalmente, manos más anchas, se consideran las dimensiones antropométricas masculinas como referencia.

De manera general, el mango debe medir al menos 120 mm, sumando 25 mm si se utiliza llevando guantes.



#### Forma del mango

Evitar mangos con alojamientos para los dedos, ya que estos se ajustan solo a un número limitado de personas, pudiendo generar presiones intensas en los dedos. Es mejor un mango de forma suave, preferiblemente oval o rectangular con bordes redondeados.

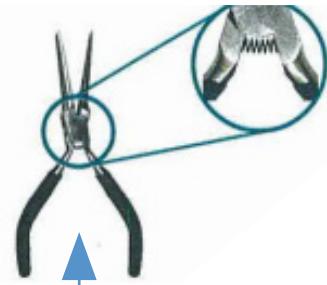
Idealmente, su forma debe seguir el arco transversal de la mano para utilizar la musculatura más fuerte de la muñeca y permitir una distribución uniforme de la fuerza entre todos los dedos. En este sentido, el arco transversal suele ser menor en las mujeres que en los hombres. Una forma ligeramente curvada o cónica facilita un mejor agarre siguiendo este arco.

En herramientas con huecos para los dedos, como tijeras, la sección del hueco debe tener forma suave y bordes redondeados, evitando puntos de presión en las áreas de contacto con los dedos, especialmente en la base del pulgar. Una ligera forma angulada del mango de unos 15 grados, puede facilitar mantener la muñeca en posición neutra durante su uso.



En herramientas con **mangos dobles**, como alicates, a mayor separación entre ellos, mayor fuerza de aprehensión se requerirá. Debe tenerse en cuenta en este caso que, al tener las mujeres, en general, menor tamaño de palma, la apertura cómoda de la mano también será menor.

En términos generales, se recomienda una apertura máxima de 100 mm para garantizar comodidad y usabilidad.



La cantidad de **fuerza** requerida varía según las demandas de cada tarea. Utilizar una herramienta inadecuada para la tarea aumenta la necesidad de aplicar fuerza.

Las mujeres, en general, tienden a tener una fuerza muscular inferior y manos más pequeñas. Un mango con un diámetro diseñado en base a las dimensiones antropométricas masculinas requerirá más esfuerzo a las mujeres.

Para ciertas herramientas, existen soluciones, u opciones eléctricas, que pueden reducir significativamente la fuerza necesaria y minimizar los movimientos repetitivos de muñeca. Ejemplos incluyen destornilladores de carraca o tijeras y alicates con muelle de retroceso, que disminuyen la fuerza requerida.



Para herramientas que se usen con una sola mano, es preferible que su **peso** no exceda los 1,12 Kg, ya que pueden causar fatiga muscular en antebrazos y hombros, especialmente al manejarlas lejos del cuerpo. Lo ideal es que el peso se mantenga por debajo de los 0,50 Kg. En herramientas de precisión en general, se debe evitar siempre, superar los 0,5 Kg.

Es importante considerar que, en promedio, la fuerza de la parte superior del cuerpo de las mujeres es aproximadamente un 60% de la de los hombres.

# FICHAS MÁQUINAS

Para cada una de las máquinas analizadas se ha confeccionado una ficha con criterios ergonómicos. El objetivo fundamental de estas fichas es recoger una serie de medidas y propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en este tipo de máquinas.

Las fichas están dirigidas tanto a personal de los departamentos de Ingeniería y Diseño, de Prevención de Riesgos Laborales como de Recursos Humanos y Organización, al objeto de plantear mejoras en los puestos de trabajo, así como ayudar a las personas responsables de compras a determinar qué requerimientos ergonómicos deben cumplir las máquinas.

El contenido de cada una de las fichas es el siguiente:

- Descripción breve de las funciones de la máquina.
- Resumen de los principales problemas ergonómicos detectados en el estudio de campo para este tipo de máquinas,
- Planteamiento de propuestas para la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en las máquinas.

A continuación, se recogen un conjunto de fichas correspondientes a las diferentes tipologías de máquinas vistas:

- Máquinas de aparado
- Máquinas de corte
- Máquinas dobladoras
- Máquinas de montado de puntas
- Máquinas de montado de talones

## MÁQUINAS DE APARADO

### Función y utilización

La función de estas máquinas es el ensamblado de las piezas de cuero, materiales sintéticos y/o textiles del calzado, para formar el corte a través del cosido o aparado de todas las partes del zapato, excepto de la suela. Estas máquinas industriales tienen mayor resistencia para coser tejidos gruesos y una mayor velocidad de puntadas por minuto. En cuanto a los tipos o modelos de máquinas de aparado, aunque hay una gran variedad, las tipologías más habituales son fundamentalmente dos:

- Máquina de aparado plana: en este tipo de máquinas el cosido de las piezas se realiza al nivel de la mesa de trabajo, ya que el canillero y los elementos para el cosido se encuentran en la mesa de trabajo.
- Máquina de aparado de columna: en este otro tipo, el plano de cosido se encuentra en el extremo superior de una columna, en la que se encuentra el canillero y el resto de elementos para el cosido de las piezas. Este tipo es el más utilizado en el sector, sobre todo para el cosido de partes cóncavas y de piezas de tamaño pequeño.

Aunque las tareas específicas pueden variar sustancialmente de un producto a otro, así como en función del proceso productivo y la empresa, las principales tareas desarrolladas en este tipo de máquinas son:

- Ajustes de la máquina al tipo de pieza a coser, selección y enhebrado de hilos, punzada, etc.
- Cosido de piezas mediante accionamiento de la máquina.
- Revisión de las piezas y retirada.
- Otras tareas complementarias o auxiliares son: recorte de hilos, repasado, etcétera.

## Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han visto una serie de aspectos, relacionados con la ergonomía de las máquinas, que son susceptibles de mejora. Estos aspectos están relacionados con:

- Alturas de utilización de la máquina.
- Áreas de alcance y espacio previsto para los brazos.
- Espacio previsto para las piernas y pies.
- Mandos y controles.

### ALTURAS DE UTILIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE APARADO

La altura de trabajo o acceso a la máquina condiciona la postura que se adopta. Cuando la altura no es correcta, puede llevar asociados una serie de problemas ergonómicos, como son: la adopción de posturas inadecuadas de espalda, cuello, brazos, mala visión, etc. Si el punto de acceso a la máquina se encuentra demasiado alto, se pueden generar tensiones y esfuerzos excesivos en los hombros al elevar los brazos constantemente, lo cual también dificultará la ejecución de la tarea y aumentará el riesgo de lesiones en esta zona del cuerpo. En cambio, si la altura de trabajo es demasiado baja, las personas tienden a inclinar la espalda hacia delante e incluso flexionar el cuello, volviéndose la tarea más penosa, y dificultándose la ejecución de la misma.

En lo que respecta a la altura de cosido en las máquinas de aparado, existe una diferencia importante según se utilice máquina plana o de columna, ya que determina en gran medida la postura de los brazos y el cuello. En general, se aprecian las siguientes diferencias en función del tipo de máquina:

En las máquinas aparadoras de columna es habitual encontrar posturas de extensión y de desviación de muñeca, así como flexión de brazos, en muchas ocasiones, sin apoyo, es decir, con los brazos en el aire sin poder apoyar en la mesa durante el aparado (Figura 25). También se pueden dar alturas elevadas de trabajo al ajustar el volante.



Figura 25. Altura de utilización de máquinas de columna  
(Fuente: estudio de campo).

En cambio, en las máquinas aparadoras planas, es más habitual que el problema que se dé es la flexión elevada de cuello por la propia configuración de la máquina, así como la falta de apoyo de la espalda (Figura 26).



Figura 26. Alturas de utilización de máquinas planas (Fuente: estudio de campo).

Además, se trata de un puesto de trabajo sedente, por lo que la altura de la silla de trabajo tiene especial importancia en la postura que adoptan las trabajadoras; estando ambos elementos, máquina-mesa de aparado y silla, interrelacionados a nivel ergonómico.

#### ÁREAS DE ALCANCE Y ESPACIO PREVISTO PARA LOS BRAZOS

Los alcances más alejados se dan durante las tareas de aprovisionamiento y retirada de material (Figura 27).



Figura 27. Alcances alejados (Fuente: estudio de campo).

#### ESPACIO PREVISTO PARA LAS PIERNAS Y PIES

Bajo la mesa se localizan el motor y otros elementos de la máquina que pueden llegar a limitar la altura, la anchura y la profundidad libre disponible para alojar las piernas, así como para accionar correctamente el pedal (Figura 28).



Figura 28. Espacio para las piernas (Fuente: estudio de campo).

La ubicación de los pedales es un aspecto importante de la máquina y el puesto de aparado, dado que condiciona la postura adoptada (Figura 29)



Figura 29. Pedales (Fuente: estudio de campo).

## MANDOS Y CONTROLES

El accionamiento del motor de las máquinas de aparado (tanto planas como de columna), se realiza mediante un pedal que se acciona con los pies. El pedal se encuentra normalmente en posición fija, localizándose frente a los pies de la persona trabajadora. El tamaño de los pedales también es un aspecto importante, las dimensiones principales de los pedales, anchura y profundidad, suelen ser bastante homogéneas. En lo que respecta a los mandos para el ajuste de la máquina, estos van a depender del modelo y de la antigüedad de la misma (Figura 30).



Figura 30. Mandos y pedal (Fuente: estudio de campo).

## PROPUESTAS DE MEJORA ERGONÓMICA

A continuación, se recogen una serie de medidas y propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en este tipo de máquinas.

### ALTURAS DE UTILIZACIÓN DE LA MÁQUINA

El puesto de aparado, es un puesto altamente feminizado, la práctica totalidad de los puestos están ocupados por mujeres, por lo que es esencial un correcto ajuste de los elementos y equipos de trabajo

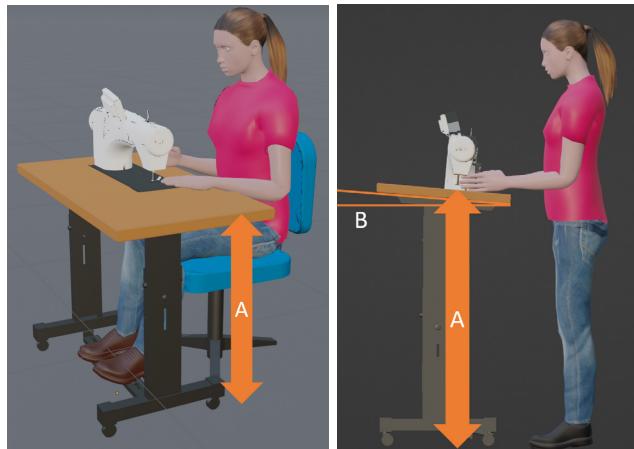


Figura 31. Esquema de las dimensiones recomendadas de la altura de trabajo.



Figura 32. Mecanismo de ajuste de altura de la mesa de trabajo, y controles de ajuste (Fuente: INSST, 2021).

ALTURAS DE TRABAJO (población femenina)		
	MÍNIMO	MÁXIMO
PARA PUESTO SENTADO		
(A) altura	700 mm	800 mm + (altura promedio del pedal)
(B) inclinación	0°	5°
PARA PUESTO DE PIE		
(A) altura	1000 mm	1150 mm
(B) inclinación	0°	5°
PARA PUESTO DONDE SE ALTERNEN POSTURAS DE PIE/SENTADO		
(A) altura	650 mm	1150 mm
(B) inclinación	0°	5°

Tabla 5. Dimensiones recomendadas de la altura de trabajo (Fuente: INSST, 2021) de trabajo, y controles de ajuste (Fuente: INSST, 2021).

a las características y antropometría de las trabajadoras. Una recomendación general básica, para hacer posible esta adaptación, es que la máquina esté dotada del mayor número de elementos regulables (Figura 32). Esto va a posibilitar un ajuste individualizado del puesto a cada caso.

- **Ajuste de la altura de la mesa:** En general, se recomienda que la mesa de trabajo quede a una altura cómoda, tanto si trabaja de pie como sentado, de manera que el punto de cosido se encuentre en una posición, altura y profundidad, que evite la flexión pronunciada de cuello. La altura de trabajo, es recomendable que quede ligeramente por encima de la altura de codos, unos 5 cm, ya que la tarea a realizar requiere cierta precisión y es fundamental contar con un ángulo visual adecuado del punto de cosido. El rango de ajuste de la altura de trabajo requerido para la alternancia de la postura en el puesto se sitúa entre 700 y 1150 mm, considerando los datos de la población femenina española (Tabla 5). Si no es posible regular la altura de la mesa, se deberá buscar el ajuste más cómodo regulando la silla, por lo que deberían de poder regularse los pedales.

**Alternancia de postura de trabajo sentada y de pie:** Si es posible, contar con un puesto de trabajo que permita trabajar tanto sentado como de pie, facilitando que las trabajadoras elijan la postura de trabajo en la que quieren estar y permitiendo la alternancia. En caso de no poder realizarse variaciones, y deber elegir entre postura de pie o sentada, es preferible la postura sentada. Para lograr un correcto ajuste del puesto de aparado independientemente de la postura de trabajo, deben cumplirse los siguientes requisitos:

- Contar con un rango de ajuste suficiente de la mesa de trabajo para la adaptarla a las dimensiones corporales de las trabajadoras y al tipo de tarea a realizar.
- El mecanismo de ajuste debe ser cómodo, fácil de usar y accesibles en ambas posturas.
- Los pedales deben ser completamente funcionales cuando se está en postura sentada y de pie.
- La silla de trabajo debe tener ruedas para que sea sencillo apartarla del lugar de trabajo.
- Contar con espacio que permita libertad de movimiento para sentarse y levantarse.
- El almacenamiento de material debe tener en cuenta diferentes alturas de trabajo.

**Inclinación del plano de trabajo:** Si es posible, es recomendable que se pueda inclinar el plano de trabajo para favorecer la visualización de las piezas con las que se está trabajando. Esta recomendación permite adoptar una postura adecuada de los brazos, así como evitar la flexión del cuello. Si no se dispone de mesas de trabajo con mecanismo de inclinación integrado, se puede lograr el mismo resultado con las mesas ordinarias levantando las patas traseras. El ángulo de inclinación se ajusta una vez que la mesa está a la altura adecuada. Sin embargo, este ajuste puede causar problemas en el sistema de lubricación de ciertos modelos de máquinas.

Los bordes de la mesa deben de estar redondeados, para que al apoyar los brazos o antebrazos no se produzcan molestias. Si el borde de la mesa no está redondeado, puede ser de ayuda la colocación de elementos acolchados.

## ÁREAS DE ALCANCE Y ESPACIO PREVISTO PARA LOS BRAZOS

Se deben poder alcanzar todos los elementos de la máquina con los que interactúa la persona trabajadora, sin adoptar posturas forzadas de brazos o tronco (estiramiento del brazo, inclinación o giro del tronco, flexión del brazo, etc). Sin embargo, tampoco es recomendable que no se respete una distancia mínima, para evitar flexiones de cuello altas y privar a la trabajadora de una pequeña franja de trabajo entre el borde de la mesa y la máquina. Al colocar la máquina de coser sobre la mesa, la distancia entre la aguja y el borde frontal de la mesa no debe ser superior a 300 mm. Cuanto más lejos esté la aguja del borde delantero de la mesa, mayor será la carga mano-brazo-hombro. A continuación, se recogen las dimensiones recomendadas para el tablero (Tabla 6).

## ESPACIO PREVISTO PARA LAS PIERNAS Y LOS PIES

El espacio bajo la mesa de trabajo debe estar libre de obstáculos y garantizar que las piernas pueden alojarse cómodamente, a fin



Figura 33. Mesa de trabajo regulable en inclinación.

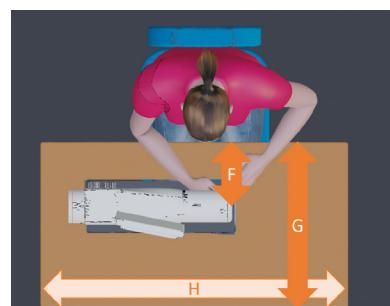


Figura 34. Esquema de las dimensiones recomendadas para el tablero.

DIMENSIONES DE TABLERO		
	MÍNIMO	MÁXIMO
(F) profundidad de trabajo anterior a la aguja	20 cm (recomendable 25 cm)	38 cm (alcance máximo frecuente)
(G) profundidad total (desde el borde anterior de la mesa)	40 cm	60 cm (alcance máximo secundario)
(H) anchura recomendada para la zona principal de trabajo	106 cm	150 cm

Tabla 6. Dimensiones recomendadas para el tablero (Fuente: INSST, 2021).

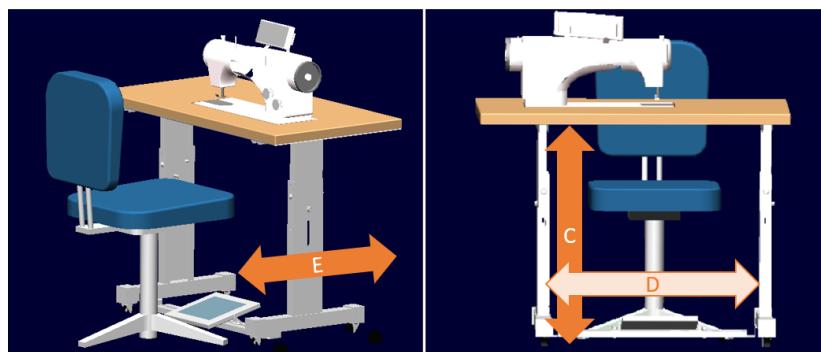


Figura 35. Dimensiones recomendadas para el espacio libre para las piernas en el puesto de trabajo (Fuente: INSST, 2021).

de favorecer los movimientos y posturas asociadas a la tarea, así como cambios posturales. Para ello, se recomienda que se cumplan las siguientes recomendaciones dimensionales (Figura 35):

- (C) Altura del hueco para las piernas (alturas muslo + pedal): mínimo 650 mm.
- (D) Espacio para las piernas y pies, anchura: mínimo 460 mm.
- (E) Espacio para las piernas, profundidad a la altura de las rodillas: mínimo 490 mm.

Asimismo, debe asegurarse espacio suficiente para poder apoyar libremente el pie que no se esté utilizando para el control de los pedales, en los casos de accionamiento con un solo pie.

## MANDOS Y CONTROLES

Es recomendable que los elementos de ajuste y control, se instalen sobre el borde frontal de la mesa, ya que de esta forma la trabajadora puede visualizar más rápidamente la información y acceder a los elementos de control.

**Pedales:** Para una postura correcta de piernas, el ángulo de rodillas debería de estar comprendido entre 90 y 110°, para conseguir este ajuste, es reco-



Figura 36. Diferentes ubicaciones de mandos en la máquina (Fuentes: estudio de campo, PFAFF, Dürkopp Adler).



Figura 37. Pedal regulable en altura  
(Fuente: INSST, 2021).



Figura 38. Pedal para trabajar de pie (izquierda) y pedal para alternar posturas (derecha) (Fuente: Dürkopp Adler).

mendable que los pedales puedan regularse en profundidad o, incluso, colocarse de forma libre. Se recomienda que esta profundidad esté comprendida entre 220 y 400 mm con respecto al borde de la mesa. De no ser posible dicho ajuste, la distancia entre el centro del pedal y el borde delantero de la mesa debe estar entre 250 y 350 mm. Si los pedales están muy cercanos a la trabajadora, esta se alejará de la máquina e inclinará el tronco, sin usar el respaldo de la silla. Existen en el mercado, una serie de pedales que pueden colocarse libremente, de manera que la trabajadora puede instalar el pedal donde mejor se ajuste a sus necesidades. Además, conviene tener en cuenta también los siguientes aspectos:

- **Ángulo del pedal:** Se recomienda que el ángulo para la posición de reposo del pedal sea de 8° a 12°. La desviación del pedal no debe exceder un rango angular de 20°.
- **Altura del pedal:** En caso de poderse ajustar la altura del pedal, debe disponerse un rango de ajuste vertical de aproximadamente 150-210 mm (Figura 37). Los pedales que no se pueden ajustar en altura deben colocarse lo más bajo posible, al igual que los pedales para trabajar de pie, que deberían de poder accionarse si despegar el talón del suelo (Figura 38).
- **Dimensiones de los pedales:** A mayores dimensiones del pedal, más posibilidad de variación de postura tiene la trabajadora. A continuación, se muestra en una tabla, las recomendaciones de diseño del área de los pedales, sobre todo cuando estos no puedan ajustarse (pedales instalados fijos) (Tabla 7).

Pie de accionamiento	Necesidad de espacio para el pie	Distancia del centro del pedal al centro de la aguja	Dimensiones mínimas para el área del pedal	
Derecho	Izquierdo	150 mm	Ancho Profundo	200 mm 250 mm
Izquierdo	Derecho	150 mm	Ancho Profundo	200 mm 250 mm
Ambos	---	0 mm	Ancho Profundo	450 mm 300 mm

Tabla 7. Recomendaciones de diseño de los pedales (Fuente: INSST, 2021).

	Intervalos entre accionamientos		
	Cada 5 minutos o más	Entre 30 seg y 5 minutos	Entre 3 y 30 segundos
Duración del accionamiento igual o inferior a 3 segundos	93,5 N	75 N	46,75 N
Duración del accionamiento superior a 3 segundos	56,1 N	37,4 N	18,7 N

Tabla 8. Límites de fuerza recomendados para el accionamiento de pedales (Fuente: Norma EN 1005-3).

- Fuerza de accionamiento:** De acuerdo a la norma UNE EN 1005-3: "Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas", la fuerza máxima para el accionamiento de pedales mediante la acción del tobillo es de 250 N para la población general, y de 187 N. para la población laboral de mujeres. Considerando, además, otros factores como la velocidad, frecuencia y duración del accionamiento se tienen los valores límite de fuerza recogidos en la siguiente tabla (Tabla 8).

## MÁQUINAS DE CORTE

### Función y utilización

La función de este tipo de máquinas es realizar el cortado de todas las piezas que componen la piel del empeine y forro. Existe una gran variedad y tipologías de máquinas de corte, desde troqueladoras de brazo móvil u oscilante manuales a sistemas de corte automáticos para el procesado de cuero. Dependiendo del nivel de automatización del proceso, las tareas realizadas por las personas que las atienden pueden variar.

Las máquinas troqueladoras, tiene una mesa donde se coloca la piel o material a cortar, y una superficie móvil que sube o baja ejerciendo presión sobre un troquel o matriz para cortarla. En la máquina se debe ajustar la altura, ya que todos los troqueles no tienen el mismo tamaño. El troquel se coloca entre la mesa y la superficie móvil, ajustándolo para aprovechar la mayor cantidad de piel/material en el proceso de cortado.

En una troqueladora manual las tareas, generalmente realizadas, son las siguientes:

- Recogida y colocación de las pieles.
- Elección del troquel adecuado y colocación encima de la piel o material.
- Accionamiento de la máquina.
- Retirada del troquel y de las piezas cortadas.
- Repetición del proceso para el resto de cortes.

En cambio, en una máquina automática las tareas son:

- Configuración de la máquina según las especificaciones requeridas.
- Marcado de los defectos en las pieles.
- Extendido de la piel en la cinta o mesa de la máquina.

- Selección de los cortes de forma interactiva sobre la proyección en la piel mediante ratón.
- Retirada de las piezas ya cortadas.

## PRINCIPALES PROBLEMAS ERGONÓMICOS DETECTADOS

En el estudio de campo se han visto una serie de aspectos, relacionados con la ergonomía de las máquinas, que son susceptibles de mejora. Estos aspectos están relacionados con:

- Alturas de trabajo y accionamiento de las máquinas.
- Áreas de alcance con los brazos.
- Espacio previsto para los pies.
- Mandos y controles.
- Esfuerzo físico.

### ALTURAS DE TRABAJO Y ACCIONAMIENTO

Las alturas de trabajo, así como de accionamiento de la máquina, condicionan las posturas que se adoptan en la misma. Cuando la altura no es correcta, puede llevar asociados una serie de problemas ergonómicos, como son: la adopción de posturas inadecuadas de espalda, cuello, brazos, mala visión, etc. Por ejemplo, si el punto de acceso a la máquina se encuentra alto, se generarán tensiones y esfuerzos excesivos en los hombros asociados a elevar los brazos constantemente, lo cual también dificultará la ejecución de la tarea y aumentará el riesgo de lesiones en esta zona del cuerpo. En este tipo de máquinas, por ejemplo, se han detectado alturas elevadas asociadas al accionamiento de algunos mandos de troqueladoras (Figura 39).



Figura 39. Altura de accionamiento de las máquinas  
(Fuente: estudio de campo)

En cambio, cuanto más baja sea la altura de trabajo o acceso, más debe inclinarse la espalda hacia delante, e incluso flexionar el cuello, volviéndose la tarea más penosa y dificultándose la ejecución de la misma (Figura 40).



Figura 40. Altura de trabajo y acceso bajas  
(Fuente: estudio de campo).

## ÁREAS DE ALCANCE CON LOS BRAZOS

Se deben poder alcanzar todos los elementos de la máquina con los que interactúa la persona trabajadora, sin adoptar posturas forzadas de brazos o tronco (estiramiento del brazo, inclinación o giro del tronco, flexión del brazo, etc.). En las máquinas de corte se ha detectado que, ocasionalmente, se adoptan posturas forzadas con flexión de tronco y brazos asociadas al acceso en profundidad (Figura 41).



Figura 41. Alcances en profundidad (Fuente: estudio de campo).

## ESPACIO PREVISTO PARA LOS PIES

No disponer de hueco para los pies, o que este hueco sea insuficiente, puede dificultar el acercamiento de la persona trabajadora al punto de trabajo, lo cual puede dar lugar a la necesidad de flexionar tronco y brazos para acercarse a la máquina. En el estudio de campo no se ha detectado en las máquinas vistas, que el espacio para los pies no permita el acercamiento por su diseño.

## MANDOS Y CONTROLES

En las máquinas troqueladoras de brazo giratorio o móvil, así como en las troqueladoras de puente, los mandos suelen estar situados en el propio cabezal (Figura 42). En las máquinas automáticas los mandos y controles son paneles, pantallas de visualización de datos, teclados y ratón (Figura 43). Todos los dispositivos de información y mandos deben estar etiquetados e identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. Además, deben adaptarse a las necesidades del usuario, así como tener un manejo sencillo.



Figura 42. Mandos en el cabezal de la troqueladora (Fuente: estudio de campo).



Figura 43. Mandos y controles de máquinas automáticas  
(Fuente: estudio de campo).

## ESFUERZO FÍSICO

La gran mayoría de máquinas de corte actuales no precisan de la aplicación de esfuerzos elevados para su manejo y accionamiento. El esfuerzo en este tipo de puestos está asociado al transporte de rollos de pieles y materiales desde la zona de almacén hasta la zona de corte.

## PROPUESTAS DE MEJORA ERGONÓMICA

Seguidamente, se recogen una serie de medidas y propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en este tipo de máquinas.

### ALTURAS DE TRABAJO Y ACCIONAMIENTO

Dados los requisitos de control visual y manual durante la utilización, se recomienda que la altura de trabajo no sea demasiado baja, ligeramente por encima de la altura de codos. En cambio, si hubiese requerimientos medios de fuerza y precisión, donde se manipulen piezas de piel no muy pesadas, se recomienda una altura de trabajo ligeramente por debajo de los codos.

En general, las alturas de trabajo deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos.

En las máquinas troqueladoras con los mandos integrados en el brazo o cabezal móvil, la altura de la mesa de corte y la altura de los mandos de accionamiento es distinta, incrementándose esta última y, por tanto, aumentando la flexión de los brazos. Por este motivo, se recomienda seleccionar preferentemente máquinas con los pulsadores en la superficie de trabajo en la parte delantera o frontal de la máquina (Figura 44).

Un aspecto importante a considerar es la automatización de la máquina; a mayor grado de automatización, menor puede ser la necesidad de acceso de la persona trabajadora a la misma.



Figura 44. Sistema de accionamiento fuera del cabezal móvil (Fuente: ATOM).

## ÁREAS DE ALCANCE

La profundidad a la que se encuentran los elementos a los que se tiene que acceder, debe garantizar el alcance a las trabajadoras. Si se establece dicho alcance considerando las dimensiones corporales de las personas de los percentiles más bajos, las personas con mayores dimensiones no tendrán ningún problema en alcanzar dichos elementos. Esta profundidad no debería superar los 597 mm, siendo recomendable si los alcances se realizan a elementos de uso más intensivo y/o frecuente de 356 mm (Figura 9). En lo que respecta al plano vertical, lo recomendable es que aquellos elementos de acceso más frecuente se ubiquen lo más cerca de la persona trabajadora, no debiendo superar los 1500 mm (Figura 11).

Algunas mesas de corte están dotadas, por su configuración, de un plano de trabajo inclinado para facilitar la carga y descarga del cortador (Figura 45).

En el caso de las máquinas que disponen de cintas transportadoras, o prolongaciones, a entrada y salida, estas debería accionarse por parte de la persona trabajadora para acercar la pieza a cortar o cortada, permitiendo la máquina el retroceso o avance para el acercamiento de la pieza a la persona, en lugar de estirarse para llegar a la misma.

## ESPACIO PREVISTO PARA LOS PIES

Se recomienda favorecer el acercamiento a la máquina garantizando un espacio o hueco para albergar los pies. Los requisitos mínimos de espacio para los pies recogidos en norma son los siguientes:

- Profundidad de espacio para los pies: 21 cm
- Altura del espacio para los pies: 23 cm

Muchas de las máquinas existentes en el mercado ya incorporan esta característica, por lo que a la hora de escoger una nueva máquina se debería tener en cuenta que se cumple este aspecto (Figura 46).



Figura 46. Espacio para los pies (Fuente: estudio de campo).

## MANDOS Y CONTROLES

Los mandos de uso frecuente deben de estar situados al alcance inmediato de la persona que opera la máquina, los cuales debe poder alcanzar cómodamente, y desde la posición normal de trabajo. La función de cada mando debe ser fácilmente identificable y distinguiible de la función de los mandos adyacentes. Es conveniente que las etiquetas de identificación, los pictogramas y otros textos o símbolos informativos estén emplazados sobre, o próximos, a los dispositivos de mando a los que estén asociados de forma que sean visibles cuando se accionen.

En lo que respecta a la anchura, conviene minimizar la distancia entre pulsadores a doble mano, dicha distancia debería de ser de unos 40 cm para reducir la separación lateral de brazos o abducción (Figura 47). Además, las máquinas más nuevas incluyen otros dispositivos de seguridad como barreras y sensores de presencia.

En el caso de las máquinas más modernas, ofrecen paneles de manejo, pantallas y teclados separados que disponen de sistemas de ayuda, con interfaz en varios idiomas, imágenes y símbolos fáciles de entender, que ayudan en el ajuste de los parámetros de corte y control al personal.

Se recomienda que el panel de mandos sea regulable en altura, de manera que el trabajador pueda ajustárselo a la altura y posición que le resulte más cómoda. Si los mandos son fijos estos deberían de estar situados a una altura comprendida entre la altura de los codos y la de los hombros. Las pantallas y dispositivos de información deben ser visibles desde las diferentes posiciones habituales de trabajo.

Por ejemplo, en algunos modelos de mesa fija, para permitir el acceso óptimo a la mesa de corte, las máquinas están dotadas de un panel de control que se puede colocar libremente a través de un riel de guía (Figura 49).

## ESFUERZO FÍSICO

En el caso de las máquinas troqueladoras con brazo móvil, algunas están diseñadas para facilitar la operación de corte y disminuir la fatiga del operario, incorporando un sistema de ayuda al movimiento

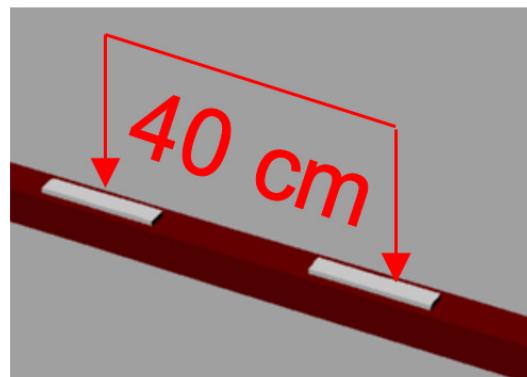


Figura 47. Separación recomendada entre mandos a doble mano.



Figura 48. Mando  
(Fuente: Estudio de campo).



Figura 49. Panel de control deslizable  
(Fuente: Zünd).



Figura 50. Troqueladora con sistema de ayuda al movimiento (Fuente: ATOM).



Figura 51. Troqueladora de brazo automática (Fuente: ATOM)).



Figura 52. Unidad de carga y prolongación de mesa (Fuente: Zünd)

del brazo que lo hace más liviano y cómodo para la persona que la opera (Figura 50). Además, existen máquinas automáticas de este tipo, por lo que se podría, en la medida de lo posible, sustituir las máquinas giratorias manuales por automáticas (Figura 51).

En el caso de los sistemas de corte automáticos, existen en el mercado diferentes componentes opcionales como: sistemas de proyección, prolongaciones de cortador y cámaras, pensados para facilitar las tareas de corte. Por ejemplo:

- Las prolongaciones de mesa motorizadas, permiten la carga y descarga desde tres de sus cuatro caras, así como el avance automático de las piezas (Figura 52).
- Las cámaras captan la piel a trabajar, detectando las zonas de calidad marcadas y los defectos en el cuero automáticamente. El sistema CAD transfiere los datos geométricos de las piezas a cortar a la mesa de corte CAM, y las piezas se proyectan sobre el material. La persona que opera la máquina puede modificarlas mediante un ratón.

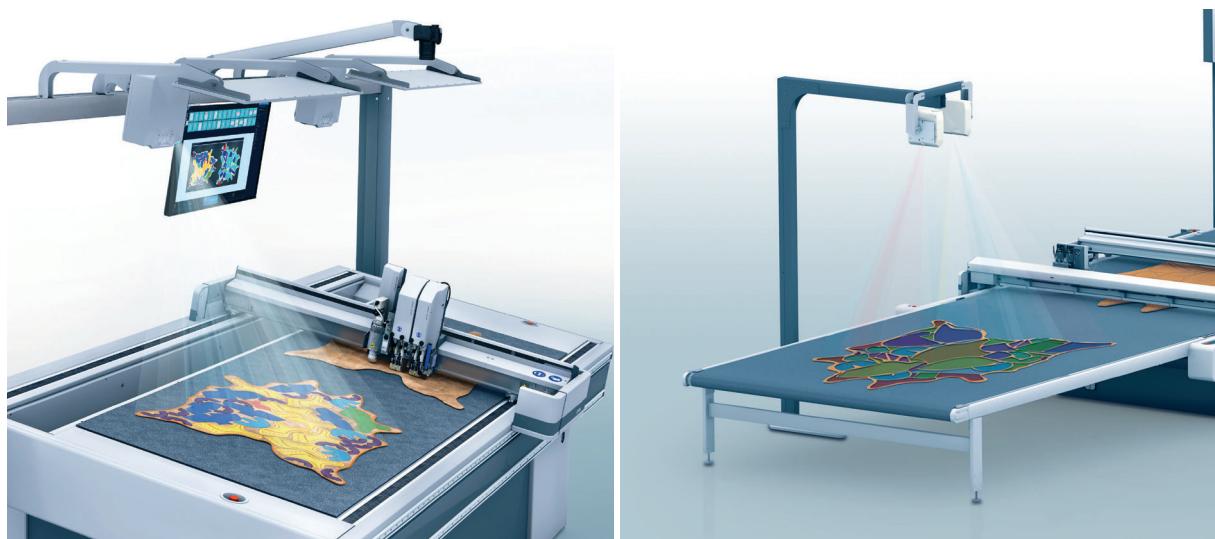


Figura 53. Sistema de proyección (Fuente: Zünd),

- Los sistemas de proyección que identifican de una manera rápida las piezas ya cortadas, para una extracción más eficiente. Los códigos de color proyectados y la información de las piezas ayudan al operador durante la clasificación (Figura 53). El número de piezas terminadas y el número de piezas que quedan por cortar se muestra de forma automática al operador.

Otras soluciones existentes en el mercado y que pueden reducir el esfuerzo manual son:

Sistemas de carga de material: Existen sistemas opcionales, para determinados tipos de materiales, que permiten que la carga se pueda hacer, desde el frente o desde la parte trasera de la máquina, por medio de alimentadores de material motorizados accionados por pedales (Figura 54).



Figura 54. Alimentador semiautomático y automático (Fuentes: ATOM; Comelz; Zünd).

## MÁQUINAS DOBLADORAS

### Función y utilización

Las máquinas dobladoras, de dobladillar o dobladilladoras, son máquinas diseñadas para doblar y pegar los bordes de piezas de piel. Estas máquinas, y proceso, forma parte de la sección de aparado.

Aunque las tareas específicas pueden variar de un producto a otro, así como en función del grado de automatización de la máquina, las principales tareas desarrolladas en este tipo de máquinas son:

- Ajuste de la máquina (ajuste de temperatura de la punta, cantidad de adhesivo, ajuste de la temperatura del depósito, parámetros de velocidad de avance, velocidad del golpe, activación del avance automático, etcétera).
- Accionamiento de la máquina e inicio del dobladillado, que puede ser manual (pedal) o automático.
- Revisión de las piezas y retirada.

### PRINCIPALES PROBLEMAS ERGONÓMICOS DETECTADOS

En el estudio de campo se han visto una serie de aspectos, relacionados con la ergonomía de las máquinas, que son susceptibles de mejora. Estos aspectos están relacionados con:

- Alturas de utilización de la máquina.
- Áreas de alcance y espacio previsto para los brazos.
- Espacio previsto para las piernas y pies.
- Mandos y controles.

### ALTURAS DE UTILIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE DOBLADO

La altura de trabajo o acceso a la máquina condiciona la postura que adopta quien realiza dicho trabajo. Cuando la altura no es correcta, puede llevar asociados una serie de problemas ergonómicos, como son: la adopción de posturas inadecuadas de espalda, cuello, brazos, mala visión, etc. Si el punto de acceso a la máquina se encuentra demasiado alto, se pueden generar tensiones y esfuerzos excesivos en los hombros al elevar los brazos constantemente, lo cual también dificultará la ejecución de la tarea y aumentará el riesgo de lesiones en esta zona del cuerpo.

En lo que respecta a la altura de trabajo en las máquinas de doblado, se trabaja sobre un brazo elevado o soporte, situado a unos centímetros por encima de la bancada. En estas máquinas es habitual encontrar posturas de extensión y de desviación de muñeca, y los brazos trabajan sin apoyo (Figura 55). También se pueden dar posturas de elevación de brazo durante el ajuste de la máquina, en especial en aquellas máquinas en las que el panel de mandos se encuentra a mayor altura.

Además, se trata de un puesto de trabajo sedente, por lo que la altura de la silla de trabajo tiene especial importancia en la postura que adoptan las trabajadoras en el puesto; estando ambos elementos, máquina y silla, interrelacionados a nivel ergonómico.



Figura 55. Altura de trabajo en la dobladora (Fuente: estudio de campo).

## ÁREAS DE ALCANCE Y ESPACIO PREVISTO PARA LOS BRAZOS

El material se suele ubicar al alcance inmediato del punto de trabajo, dándose los alcances más alejados durante las tareas de aprovisionamiento y retirada de material. Habiendo espacio disponible alrededor de la máquina para mover los brazos y realizar la tarea (Figura 56).

## ESPACIO PREVISTO PARA LAS PIERNAS

Bajo la mesa se localizan el motor y otros elementos de la máquina que pueden llegar a limitar la altura, la anchura y la profundidad libre disponible para alojar las piernas, así como para accionar correctamente los pedales (Figura 57).



Figura 56. Espacio para las manos y brazos (Fuente: estudio de campo).



Figura 57. Espacio para las piernas (Fuente: estudio de campo).

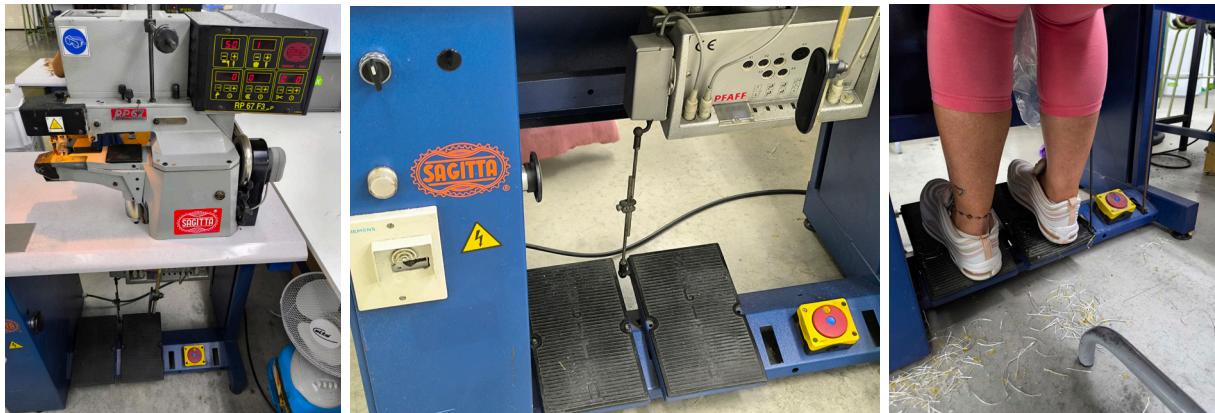


Figura 58. Accionamiento durante la alimentación (Fuente: estudio de campo).

## MANDOS Y CONTROLES

Las dobladoras disponen de diversos tipos de accionamiento: pedales, accionamiento de rodilla, panel de mando para el ajuste de diversos parámetros de proceso, etcétera (Figura 58). En lo que respecta a los pedales, generalmente disponen de dos, uno para el avance del motor (principal) y otro de sangrado

## PROPUESTAS DE MEJORA ERGONÓMICA

A continuación, se recogen una serie de medidas y propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en este tipo de máquinas.

## ALTURAS DE UTILIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE DOBLADO

El puesto de doblado, es un puesto altamente feminizado, la práctica totalidad de los puestos están ocupados por mujeres, por lo que es esencial un correcto ajuste de los elementos y equipos de trabajo a las características y antropometría de las trabajadoras. Una recomendación general básica, para hacer posible esta adaptación, es que la máquina esté dotada del mayor número de elementos regulables. Esto va a posibilitar un ajuste individualizado del puesto a cada caso.

- **Ajuste de la altura de trabajo:** La altura de acceso con las manos, dado el alto nivel de precisión requerido para la tarea y el nivel bajo de fuerza, se recomienda que quede ligeramente por encima de la altura de codos, unos 5 cm. También se recomienda que el punto de doblado, esté en una posición, altura y profundidad, que evite la flexión de cuello, es fundamental contar con un ángulo visual adecuado del punto de doblado.

Durante el trabajo en la dobladora también se tiene que acceder a diferentes puntos de la máquina (mandos, depósito, etc.). En general, se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros de la persona trabajadora ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e, idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos.



Figura 59. Reposabrazos para máquinas de coser (Fuente: INSST, 2021).

Contemplar la posibilidad de instalar soportes ajustables para los antebrazos (Figura 59). El ajuste dependerá del producto y actividad, y debe ser independiente de la mesa de trabajo. Además, los soportes deben facilitar el movimiento del brazo, de manera que el brazo pueda moverse solidariamente a la mano sin que el soporte interfiera o moleste.

### ÁREAS DE ALCANCE Y ESPACIO PREVISTO PARA LOS BRAZOS

Las piezas se suelen depositar en el tablero de la mesa, por lo que se deben poder alcanzar todos los elementos tanto piezas como de la propia máquina, sin adoptar posturas forzadas de brazos o tronco (estiramiento del brazo, inclinación o giro del tronco, flexión del brazo, etc). Sin embargo, tampoco es recomendable que no se respete una distancia mínima, para evitar flexiones de cuello altas y privar a la trabajadora de una pequeña franja de trabajo entre el borde de la mesa y la máquina. La distancia entre la punta y el borde frontal de la mesa no debe ser superior a 300 mm. Cuanto más lejos esté la punta del borde delantero de la mesa, mayor será la carga mano-brazo-hombro.

Seguidamente se recogen las dimensiones recomendadas (Figura 60):

- Profundidad de trabajo anterior a la punta: mínimo 200 mm- máximo 380 mm (alcance máximo frecuente).
- Profundidad total del tablero (fondo): mínimo 400 mm - máximo 600 mm (alcance máximo secundario).
- Anchura recomendada para la zona principal de trabajo: mínimo 1060 mm – máximo 1500 mm.

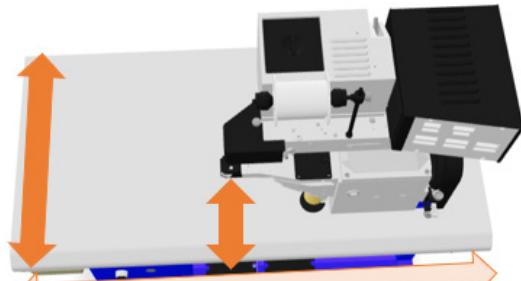


Figura 60. Dimensiones tablero principal.

### ESPACIO PREVISTO PARA LAS PIERNAS

El espacio bajo la mesa de trabajo debe estar libre de obstáculos y garantizar que las piernas pueden alojarse cómodamente, a fin de favorecer los movimientos y posturas asociadas a la tarea, así como cambios posturales. Para ello, se recomienda que se cumplan las siguientes recomendaciones dimensionales (Figura 61):

- Altura del hueco para las piernas (alturas muslo + pedal): mínimo 650 mm.

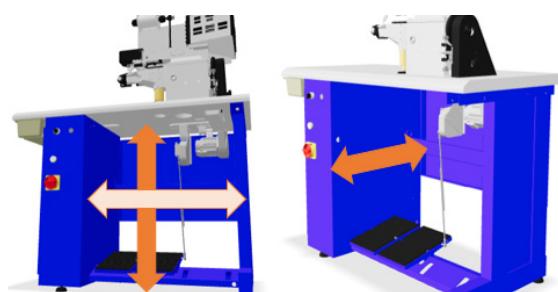


Figura 61. Dimensiones recomendadas para el espacio libre para las piernas en el puesto de doblado.

- Espacio para las piernas y pies, anchura: mínimo 460 mm.
- Espacio para las piernas, profundidad a la altura de las rodillas: mínimo 490 mm.

Asimismo, debe asegurarse espacio suficiente para poder apoyar libremente el pie que no se esté utilizando para el control de los pedales, en los casos de accionamiento con un solo pie.

### Mandos y controles

Es recomendable que los elementos de ajuste y control, se instalen sobre la parte frontal de la mesa, ya que de esta forma la trabajadora puede visualizar más rápidamente la información y acceder a los elementos de control. Si los mandos son fijos, estos deberían de estar situados a una altura comprendida entre la altura de los codos y la de los hombros. Los dispositivos de información y mando deben estar etiquetados e identificados según su función (al menos en castellano) y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. Además, deben adaptarse a las necesidades de las personas que los usen, así como tener un manejo sencillo. En la figura 62 se puede ver un panel de mandos girado hacia la trabajadora, dicha orientación está pensada para facilitar su alcance y mejorar la visibilidad.

**Pedales:** Para una postura correcta de piernas, el ángulo de rodillas debería de estar comprendido entre 90 y 110°, para conseguir este ajuste, es recomendable que los pedales puedan regularse en profundidad o, incluso, colocarse de forma libre. En la ficha correspondiente a las máquinas de aparado se recogen una serie de recomendaciones relativas a los pedales, se recomienda consultar dicha información.

Aunque es habitual el uso de pedales en las máquinas del sector, en general a nivel ergonómico, se recomienda limitar el uso de elementos que se tengan que accionar con los pies, limitándolo solo a aquellas acciones que sean indispensables, como por ejemplo cuando ambas manos estén ocupadas. En este sentido, algunas máquinas dobladoras automáticas disponen tanto de accionamientos por botón como de accionamiento mediante pedal. El accionamiento de forma automática, permite trabajar sin tocar los pedales.



Figura 62. Panel de mandos girado para mejorar la visibilidad (Fuente: estudio de campo).



Figura 63. Máquina con soporte para pies regulable en altura (Fuente: Sagitta).



Figura 64. Máquinas automáticas (Fuente: Sagitta; Capelli).

Otras soluciones existentes en el mercado y que pueden mejorar la ergonomía son:

Máquinas automáticas con control de funciones mediante fotocélula, capaces de aprender automáticamente los comandos y movimientos a partir de la creación de la primera pieza por parte de la trabajadora. Memorizan y repiten, dejando que la persona realice sólo la función de guiar la pieza.

Máquinas con estructura inferior abierta: Este tipo de estructura deja un mayor espacio para las piernas que las estructuras tipo cajón (Figura 65).

Soportes para piezas singulares: Aunque estos soportes están pensados para otro tipo de productos, como fundas de Tablet, podrían ser de utilidad para determinado tipo de piezas del sector (Figura 66).



Figura 65. Máquina con estructura inferior abierta (Fuente: Zhejiang Lifeng Science & Technology Co.).



Figura 66. Máquina con un soporte amplio (Fuente: Zhejiang Lifeng Science & Technology Co.).

## MÁQUINAS DE MONTADO DE PUNTAS

### Función y utilización

El montado de puntas es una de las fases más delicadas y técnicas en la fabricación del calzado ya que define la forma final del zapato en su parte delantera, y garantiza el ajuste y la estética del empeine. La función de estas máquinas es dar forma a la punta y unir el corte a la plantilla por medio de calor y presión. Esta máquina se sitúa al principio de la cadena de la zona de fabricación.

En las máquinas modernas, todo el ciclo: pinzado, tensado y centrado, activación térmica, presión y conformado, enfriamiento y liberación se realiza automáticamente tras accionar un solo pulsador o pedal, lo que mejora la ergonomía y reduce los movimientos repetitivos. Sin embargo, aunque parte del proceso es automático, las personas que atienden estas máquinas intervienen en puntos clave del ciclo de trabajo. Las principales tareas desarrolladas en este tipo de máquinas durante el ciclo de montado de puntas son:

- Preparación previa y colocación del conjunto corte-horma en el soporte de la máquina.
- Supervisión del centrado del corte (algunos modelos incluyen sistemas de visión para detectar el centrado correcto del corte).
- Control visual de la tracción y calidad del tensado.
- Retirada del producto terminado de la cubeta y revisión.
- Previamente, aunque no siempre, el corte se coloca en el reactivador donde permanece unos segundos al objeto de potenciar la acción de las colas.

### PRINCIPALES PROBLEMAS ERGONÓMICOS DETECTADOS

En el estudio de campo se han visto una serie de aspectos, relacionados con la ergonomía de las máquinas, que son susceptibles de mejora. Estos aspectos están relacionados con:

- Alturas de utilización de la máquina.
- Áreas de alcance y espacio previsto para los brazos.
- Espacio previsto para los pies y otras partes del cuerpo.
- Mandos y controles.
- Esfuerzos durante la utilización de la máquina.

### ALTURAS DE UTILIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE DOBLADO

La altura de trabajo o acceso a la máquina condiciona la postura que adopta quien realiza dicho trabajo. Cuando la altura no es correcta, puede llevar asociados una serie de problemas ergonómicos, como son: la adopción de posturas inadecuadas de espalda, cuello, brazos, mala visión, etc. Si el punto de acceso a la máquina se encuentra demasiado alto, se pueden generar tensiones y esfuerzos excesivos en los hombros al elevar los brazos constantemente, lo que también puede dificultar la ejecución de la tarea y aumentar el riesgo de lesiones en estas zonas del cuerpo.

En estas máquinas es habitual encontrar posturas de:

- Flexión elevada de cuello al colocar el corte y la horma en el soporte, así como en la recogida de la cubeta (Figura 67).
- Flexión de brazos en la recogida y evacuación del corte, así como durante los cambios de modelo (Figura 67).
- Desviación de la mano-muñeca.
- Flexión de tronco durante los cambios de modelo, asociada a los ajustes de la máquina (Figura 71).



Figura 67. Posturas de trabajo en la máquina de montado de puntas (Fuente: estudio de campo).

Una iluminación insuficiente puede llevar asociado no sólo fatiga ocular, sino también posturas incorrectas al tener que inclinarse o acercarse demasiado a la tarea, e incluso errores o accidentes. Se ha observado en el estudio de campo iluminación localizada suplementaria (Figura 68) a la que lleva la propia máquina.



Figura 68. Iluminación localizada en la máquina (Fuente: Estudio de campo).

Además, se trata de un puesto de trabajo de pie, donde se da bipedestación prolongada con pequeños desplazamientos por la zona de trabajo inmediata. El ritmo de trabajo viene impuesto por los ciclos de trabajo de la máquina.

#### ÁREAS DE ALCANCE Y ESPACIO PREVISTO PARA LOS BRAZOS:

El material se suele ubicar al alcance inmediato del punto de trabajo, dándose los alcances más alejados durante las tareas de aprovisionamiento y retirada de material. Sin embargo, se han medido profundidades de manos de alrededor de 500 mm respecto del tronco durante la colocación de la horma en la máquina.



Figura 69. Posturas de trabajo en la máquina de montado de puntas (Fuente: estudio de campo).

#### ESPACIO PREVISTO PARA LOS PIES:

No disponer de hueco para los pies, o que este hueco sea insuficiente, puede dificultar el acercamiento de la persona trabajadora al punto de trabajo, lo cual puede dar lugar a la necesidad de flexionar tronco y brazos para alcanzar las diferentes partes de la máquina. En el estudio de campo no se ha detectado en las máquinas vistas, que el espacio para los pies no permita el acercamiento por su diseño (Figura 70).

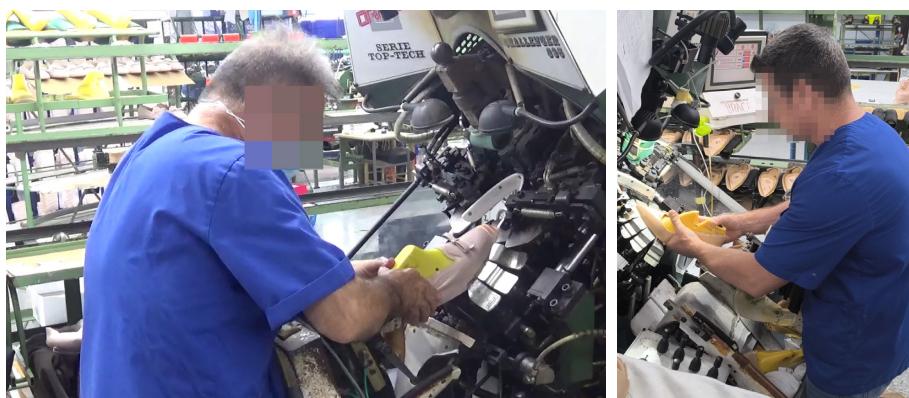


Figura 70. Espacio para los pies (Fuente: estudio de campo).

#### ESPACIOS PREVISTOS PARA OTRAS PARTES DEL CUERPO:

Durante los cambios de modelo y ajustes de la máquina es necesario alcanzar zonas menos accesibles de la máquina, introduciendo las manos y antebrazos para acceder a las pinzas, soportes y placas (Figura 71).



Figura 71. Accesos a las pinzas durante el reglaje de la máquina (Fuente: estudio de campo).

## MANDOS Y CONTROLES:

Las máquinas de montado de puntas disponen de múltiples tipos de accionamiento ubicados en diversos paneles de mando para el ajuste de diferentes parámetros de proceso (ajuste de pinzas, ajuste de la altura del soporte, temperatura, etc.), pantallas, así como pedales y/o accionamientos de rodilla (Figura 72).

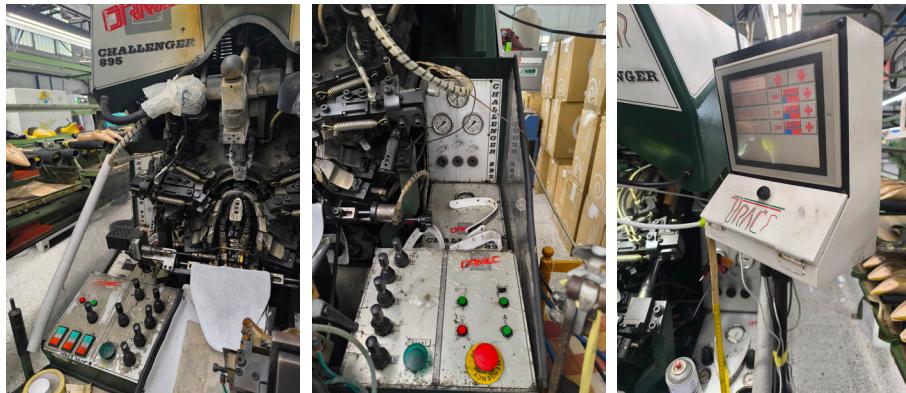


Figura 72. Diferentes mandos y controles (Fuente: estudio de campo).

En algunas máquinas antiguas, dotadas de pedales, puede ocurrir que estén demasiado elevados, obligando a elevar el pie para su accionamiento. Otro factor de riesgo es que los pedales sean fijos (Figura 73).



Figura 73. Pedales fijos (Fuente: estudio de campo).

## ESFUERZOS DURANTE LA UTILIZACIÓN DE LA MÁQUINA:

Las pinzas y prensores accionados automáticamente eliminan la necesidad de ejercer fuerza manual. Y los sistemas automáticos de centrado del corte y aplicación de adhesivo ayudan a minimizar el número de manipulaciones necesarias. Sin embargo, en ocasiones, en algún modelo y con determinados cortes, puede haber demandas moderadas de fuerza con las manos durante el preparado para montarlo para “mover” la piel (Figura 74).

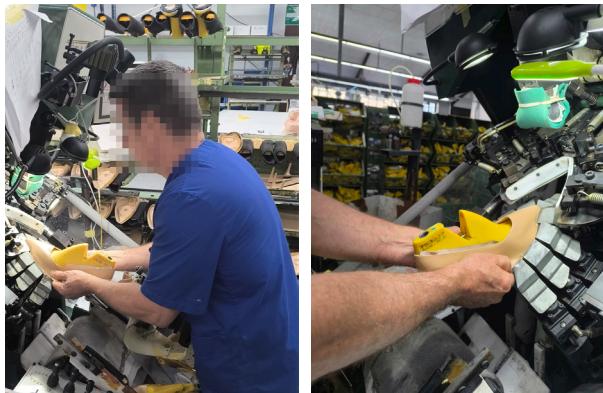


Figura 74. Esfuerzos en la máquina (Fuente: Estudio de campo).

## PROPUESTAS DE MEJORA ERGONÓMICA

A continuación, se recogen una serie de medidas y propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en este tipo de máquinas.

### Alturas de utilización de la máquina de montado de puntas:

El puesto de montado de puntas es un puesto altamente masculinizado, la práctica totalidad de los puestos están ocupados por hombres, por lo que es esencial un correcto ajuste de los elementos y equipos de trabajo a las características y antropometría de las trabajadoras si se quiere adaptar este tipo de máquinas a cualquier persona. Una recomendación general básica, para hacer posible esta adaptación, es que la máquina esté dotada del mayor número de elementos regulables. Esto va a posibilitar un ajuste individualizado del puesto en función de las dimensiones corporales de la persona.

Durante el trabajo en la máquina se tiene que acceder a diferentes puntos a distintas alturas, en función de la tarea a realizar (alimentación de la horma y el corte, accionamiento, retirada de la cubeta, etc.). La altura de colocación de la horma y el corte es relevante, ya que determina las posturas de cuello y brazos durante la alimentación de la máquina. Es importante facilitar, en la medida de lo posible, el alcance a los distintos elementos en la máquina. Lo mismo ocurre en la evacuación de la pieza desde la cubeta. A continuación, se recogen una serie de consideraciones y propuestas relativas a las alturas de acceso a la máquina.

- Altura del soporte: Dado el nivel alto de precisión que se requiere para la tarea, se recomienda que esta altura quede ligeramente por encima de los codos, entre 95 y 105 cm para mujeres y entre 100 y 110 cm para hombres (Figura 3).
- Ubicación de la cubeta de recogida: El diseño y ubicación de la cubeta de recogida debe seguir una serie de principios enfocados a la reducción de la flexión del tronco y los alcances innecesarios, manteniendo el trabajo dentro de la zona de confort. La cubeta debería situarse de manera que la altura de recogida esté ligeramente por debajo de la altura de codos y que, en ningún caso, quede por debajo de la altura de los nudillos, recomendándose una altura orientativa comprendida entre los 85 y 90 cm para mujeres, y entre los 90 y 95 cm para hombres. Dependiendo del modelo de máquina, la cubeta puede encontrarse alineada bajo el soporte central o en un lateral (Figura 75). En el primer caso, podría llegar a suponer un obstáculo para colocar la horma en el soporte, alejándolo, o bien el propio soporte puede interferir en la recogida. Es por ello que se recomienda que la cubeta esté ubicada en el lateral inmediato, para evitar los inconvenientes anteriores. Idealmente, la máquina podría

ofrecer la posibilidad de configurar la ubicación de la cubeta, ofreciendo la posibilidad de montaje a derecha o a izquierda, según mano dominante o necesidades de producción.



Figura 75. Diferentes tipos y ubicaciones de cubeta (Fuentes: Avantium, Elettrotecnica B.C.).

### Áreas de alcance y espacio previsto para los brazos:

La profundidad de los accesos debe favorecer una postura sin flexión de brazos, tanto en la colocación de la horma y el corte, como en la recogida de la pieza de la cubeta. Para ello, la distancia a la que se encuentran los elementos a los que se tiene que acceder, debe garantizar el alcance a todas las personas trabajadoras. Si se establece dicho alcance considerando las dimensiones corporales de las personas de los percentiles más bajos, las personas con mayores dimensiones no tendrán ningún problema en alcanzar dichos elementos. Esta profundidad no debería superar los 597 mm, siendo recomendable si los alcances se realizan a elementos de uso más intensivo y/o frecuente de 356 mm (Figura 9).

El diseño de la estructura de la máquina debe tener una profundidad reducida para permitir trabajar más cerca del eje de la máquina, favoreciendo una postura con la espalda más recta y evitando inclinaciones hacia adelante y/o flexiones de brazo.

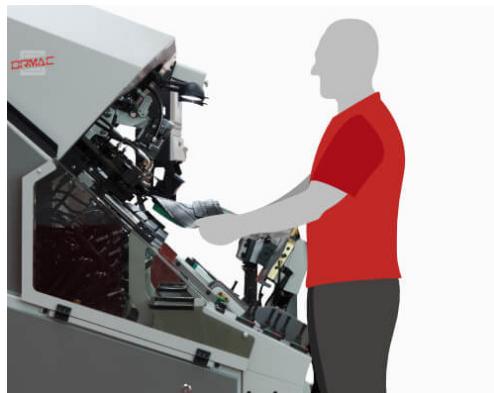


Figura 76. Alcance de la zona de trabajo (Fuente: Ormac).

La profundidad y altura debe favorecer la visión de la tarea evitando la flexión de cuello. Las máquinas de montado de puntas tienen una inclinación del plano de trabajo que favorece tanto el acceso como la visibilidad. Una forma de mejorar la altura sería dando una inclinación más vertical al plano principal de trabajo en la máquina, de manera que se favorezca el acceso, acercando y presentando el soporte. Una inclinación de unos 30º podría ayudar a reducir la flexión de cuello y reducir la flexión de brazos (Figura 77).

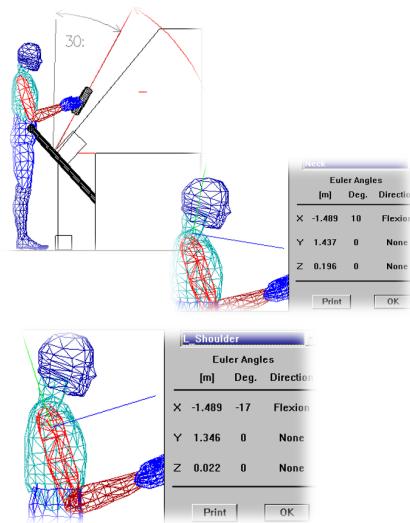


Figura 77. Simulación de postura con maniquí digital (Fuente: AVECAL, 2021).

Otro punto a chequear es que las dimensiones de las aberturas de acceso (Figura 8) garanticen el paso correcto de la parte del cuerpo de la persona trabajadora (brazo, antebrazo, mano o dedos). Si estas dimensiones no son suficientes puede haber problemas de acceso. El área de acceso a la horma debe estar lo más abierta y despejada posible, a fin de mejorar la accesibilidad, respectándose las dimensiones mínimas de acceso recogidas en la Tabla 1.

### Espacio previsto para los pies:

Se recomienda favorecer el acercamiento a la máquina garantizando un espacio o hueco para albergar los pies. Los requisitos mínimos de espacio para los pies recogidos en norma son los siguientes:

- Profundidad de espacio para los pies: 21 cm
- Altura del espacio para los pies: 23 cm

Muchas de las máquinas existentes en el mercado ya incorporan esta característica, por lo que a la hora de escoger una nueva máquina se debería tener en cuenta que se cumpla este aspecto (Figura 78).



Figura 78. Máquina con espacio para los pies (Fuente: Avantium)

## Mandos y controles:

Es recomendable que los elementos de ajuste y control, se instalen sobre la parte frontal de la máquina, ya que de esta forma la trabajadora puede visualizar más rápidamente la información, y acceder a los elementos de control. Si los mandos son fijos, estos deberían de estar situados a una altura comprendida entre la altura de los codos y la de los hombros. Los dispositivos de información y mando deben estar etiquetados e identificados según su función (al menos en castellano) y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. Además, deben adaptarse a las necesidades de las personas que los usen, así como tener un manejo sencillo e intuitivo.

Las máquinas más modernas incluyen pantallas táctiles, con interfaz simplificada, que permiten configurar parámetros sin usar mandos o botones mecánicos, pudiendo disminuir la necesidad de realizar movimientos finos repetitivos de ajuste, además de mejorar la legibilidad. Estas pantallas táctiles son orientables, pudiéndose en algún modelo colocar según la necesidad, a derecha o a izquierda (Figura 79).



Figura 79. Paneles de mandos móviles (Fuentes: Avantium, Ormac).

Algún modelo comercial dispone de pantallas ubicadas directamente al frente, de manera que se muestran los principales parámetros y errores sin apartar la vista de la zona de trabajo (Figura 80).



Figura 80. Panel de mandos ubicado al frente para mejorar la visibilidad (Fuente: Avantium).

## Accionamiento de rodilla y pedales:

En general, las máquinas más modernas integran accionamientos de rodilla, que cuentan con una mayor aceptación entre usuarios que los pedales. Una alternativa sería posibilitar el montaje de ambos tipos de accionamientos. La ubicación de este tipo de accionamiento, debería poder ser regulable, ya que la altura de rodilla varía en función de las dimensiones corporales de cada usuario o usuaria.

Aunque es habitual el uso de pedales en las máquinas del sector, en general a nivel ergonómico, se recomienda limitar el uso de elementos que se tengan que accionar con los pies, limitándolo solo a aquellas acciones que sean indispensables, como por ejemplo cuando ambas manos estén ocupadas.

Los pedales para trabajar de pie deben colocarse lo más bajo posible, de manera que puedan ser accionados sin despegar el talón del suelo. Es preferible que los pedales sean móviles para situarlos en el lugar de accionamiento más cómodo para el usuario/a (Figura 79). Asimismo, los pedales amplios y de baja resistencia permiten un accionamiento de la máquina sin tensión en los tobillos. La fuerza máxima para el accionamiento de pedales mediante la acción del tobillo es de 250 N para la población general, y de 187 N para la población laboral de mujeres (UNE EN 1005-3). Además, hay que considerar que esta fuerza máxima se corrige en función de la frecuencia, duración y velocidad del accionamiento (Tabla 9).

	Intervalos entre accionamientos		
	Cada 5 minutos o más	Entre 30 seg y 5 minutos	Entre 3 y 30 segundos
Duración del accionamiento igual o inferior a 3 segundos	93,5 N	75 N	46,75 N
Duración del accionamiento superior a 3 segundos	56,1 N	37,4 N	18,7 N

Tabla 9. Límites de fuerza recomendados para el accionamiento de pedales (Fuente: Norma EN 1005-3).

## Esfuerzos:

Las máquinas más modernas, dotadas de sistemas de sujeción automática del calzado, incorporan pinzas autoadaptativas que sujetan el corte y la horma sin necesidad de ajustar manualmente. Esto elimina la necesidad de microajustes constantes y reduce la tensión en dedos y muñecas. Sin embargo, en ocasiones si se requieren fuerzas moderadas.

Además, las máquinas más nuevas facilitan los ajustes asociados al cambio de modelo con el cambio de pinzas sin herramientas.

Otras soluciones existentes en el mercado y que pueden mejorar la ergonomía son:

**Máquinas automáticas con programación**, capaces de almacenar más de cien programas de trabajo, al informar las características del zapato, la máquina ajusta automáticamente el recorrido de encolado, las presiones, la apertura secuencial de las pinzas, la altura del soporte de horma y los tiempos y movimientos operacionales. La automatización del ciclo de trabajo permite iniciar todo el ciclo de montado con un solo pedal o pulsador, evitando movimientos repetitivos y reduciendo la carga postural, además de facilitar cambios rápidos de trabajo.

**Sistemas de diagnóstico automático y reducción de errores**: Los sistemas con sensores o cámaras reducen la necesidad de “corregir manualmente” errores de centrado o pegado. Estos pueden ayudar a evitar repeticiones de ciclo innecesarias, que generan fatiga física y mental.

**Sensores de posición y sistemas de visión en versiones avanzadas para centrar el corte.**

**Mejor visibilidad del área de trabajo**: La incorporación de iluminación LED (Figura 81) dirigida sobre la zona de montado, evitando sombras, ayuda a: prevenir la fatiga ocular, reducir accidentes o errores al mejorar la percepción del detalle, favorecer una postura correcta y mejorar el bienestar, la concentración y la productividad en esta máquina.



Figura 81. Iluminación LED localizada (Fuente: Elettrotecnica B.C.).

**Compatibilidad con robots o alimentadores automáticos (Figura 82):** En líneas avanzadas, la manipulación del zapato (carga/descarga) es automática, eliminando el esfuerzo de levantar o colocar la horma. El operario pasa a un rol de supervisión, reduciendo la fatiga física acumulada.



Figura 82. Alimentación y retirada con cobot (Fuente: Erps).

## Máquinas de montado de talones

### Función y utilización:

Su función es unir la parte posterior del calzado a la plantilla (por medio de cola y presión y/o clavado), asegurando una correcta tensión, forma y adherencia en la zona donde se une la plantilla al contrafuerte.

- El montado puede hacerse principalmente con dos técnicas:

- Pegado (la máquina dobla el corte y unos rodillos lo asientan a la horma)
- Clavado (la máquina estira el corte y lo clava a la horma)

El proceso de montado de talones se puede hacer de forma independiente al montado de enfranques, es decir, en dos pasos (enfranques y talones) o en un solo paso (máquina de enfranques y talones).

La máquina de montado de talones está formada por un soporte en el que se sitúa la horma y el corte. Unas pinzas estiran el talón y lo pegan o clavan a la horma (mediante rodillos y/o clavos). Terminado el proceso las pinzas se abren y el zapato se retira manualmente del soporte.

Las máquinas modernas ofrecen la posibilidad de funcionar automáticamente o realizar todas las fases individualmente por pasos. De manera que automáticamente tras accionar una sola vez el pedal, se ejecuta todo el ciclo de la máquina, lo que puede ayudar a mejorar la ergonomía al reducir el número de movimientos necesarios en la tarea.

Sin embargo, aunque parte del proceso es automático, las personas que atienden estas máquinas intervienen en puntos clave del ciclo de trabajo. Las principales tareas desarrolladas en este tipo de máquinas durante el ciclo de montado de talón son:

- Preparación previa y colocación del conjunto en el soporte.
- Supervisión del centrado del corte del talón y el alineado del contrafuerte.
- Control de los parámetros de tensión, calor y presión, o clavado.
- Retira del producto terminado y revisión.



Figura 83. Diferentes modelos de máquinas de montado de talones (Fuentes: Molina Bianchi, Avantium, Brustia Alfameccanica).

## PRINCIPALES PROBLEMAS ERGONÓMICOS DETECTADOS

En el estudio de campo se han visto una serie de aspectos, relacionados con la ergonomía de las máquinas, que son susceptibles de mejora. Estos aspectos están relacionados con:

- Alturas de utilización de la máquina.
- Áreas de alcance y espacio previsto para los brazos.
- Espacio previsto para los pies.
- Mandos y controles.
- Esfuerzos.

### Alturas de utilización de las máquinas de montado de talones:

Las alturas de trabajo o acceso a la máquina condicionan la postura que adopta quien realiza dicho trabajo. Cuando la altura no es correcta, puede llevar asociados una serie de problemas ergonómicos, como son: la adopción de posturas inadecuadas de cuello, brazos, mala visión, etc. Si el punto de acceso a la máquina se encuentra demasiado alto, se pueden generar tensiones y esfuerzos excesivos en los hombros al elevar los brazos constantemente, lo cual también dificultará la ejecución de la tarea y aumentará el riesgo de lesiones en esta zona del cuerpo.

En estas máquinas es habitual encontrar posturas de:

- Flexión moderada-alta de cuello al colocar la horma en la máquina (Figura 84).
- Flexión de brazos en la recogida y evacuación del corte, así como durante los cambios de modelo (Figura 85).
- Desviación de la mano-muñeca.
- Flexión de tronco durante los cambios de modelo, asociada a los ajustes de la máquina (Figura 85).



Figura 84. Altura de trabajo en la máquina de montado de talones (Fuente: estudio de campo).



Figura 85. Posturas de ajuste en la máquina de montado de talones (Fuente: estudio de campo).

Además, se trata de un puesto de trabajo de pie, donde se da bipedestación prolongada con pequeños desplazamientos por la zona de trabajo inmediata. El ritmo de trabajo viene impuesto por los ciclos de trabajo de la máquina.

#### Áreas de alcance y espacio previsto para los brazos:

Durante el trabajo en la máquina los elementos o partes que van a tener un uso intensivo y/o frecuente deben estar emplazados en el área de alcance principal. Esta área permite el alcance sin tener que extender o flexionar el brazo. Estas máquinas tienen normalmente una posición de carga de la horma y el corte, más cercana e inclinada hacia el operador u operadora (Figura 86), lo que favorece el acceso y la visibilidad.



Figura 86. Postura y alcance durante la carga de la horma y corte (Fuente: estudio de campo).

#### Espacio previsto para los pies:

No disponer de hueco para los pies, o que este hueco sea insuficiente, puede dificultar el acercamiento de la persona trabajadora al punto de trabajo, lo cual puede dar lugar a la necesidad de flexionar tronco y brazos para acercarse a la máquina. En el estudio de campo no se ha detectado en las máquinas vistas, que el espacio para los pies no permita el acercamiento por su diseño (Figura 87).



Figura 87. Espacio para los pies (Fuente: estudio de campo).

#### **Mandos y controles:**

Las máquinas de montado de talones disponen de múltiples tipos de accionamiento: diversos paneles de mando para el ajuste de diversos parámetros de proceso y pedales. Aunque es habitual el uso de pedales en las máquinas del sector, en general a nivel ergonómico, se recomienda limitar el uso de elementos que se tengan que accionar con los pies, limitándolo solo a aquellas acciones que sean indispensables, como por ejemplo cuando ambas manos estén ocupadas, como es el caso de este tipo de máquinas. Sin embargo, en las máquinas más antiguas puede ocurrir que los pedales estén demasiado elevados, obligando a elevar el pie para su accionamiento. Otro factor de riesgo es que sean fijos (Figura 88).

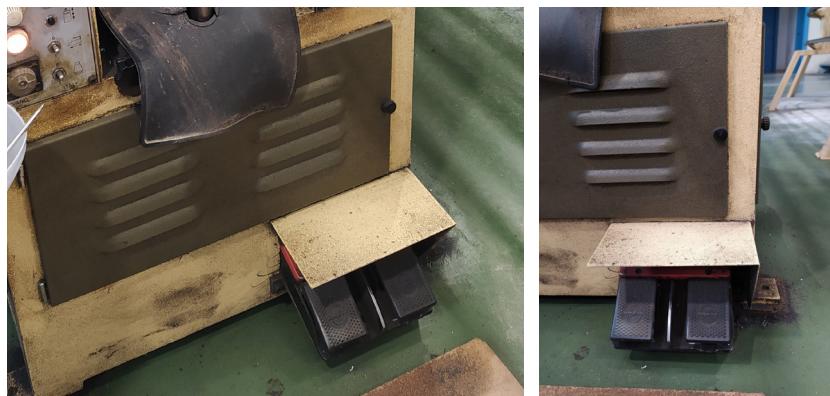


Figura 88. Pedales fijos (Fuente: estudio de campo).

#### **Esfuerzos durante la utilización de la máquina:**

Las pinzas y prensores automáticos eliminan la necesidad de ejercer fuerza manual durante el uso de la máquina. Y los sistemas automáticos de centrado del corte y aplicación de adhesivo ayudan a minimizar el número de manipulaciones necesarios.

## PROPUESTAS DE MEJORA ERGONÓMICA

A continuación, se recogen una serie de medidas y propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en este tipo de máquinas.

### Alturas de utilización de las máquinas de montado de talones:

El trabajo en esta máquina requiere un elevado nivel de precisión, y un nivel bajo de fuerza durante el ciclo de trabajo de la máquina, por lo que se recomienda una altura de trabajo ligeramente por encima de los codos. En la Figura 3 del apartado inicial “Altura de trabajo” pueden observarse las alturas de trabajo recomendadas en función del sexo y del tipo de tarea. Máquinas vistas en el estudio de campo cumplen con las recomendaciones dadas con una altura de soporte entorno a los 100 cm. Sin embargo, la altura de alimentación de los clavos sobrepasa la altura recomendada máxima, al situarse por encima del nivel de hombros.

Sería recomendable que la altura del soporte externo (Figura 89), donde se realiza trabajo manual y puede tener que ejercerse mayor fuerza, pudiese regularse en función de las necesidades tanto de la persona, como de la tarea y tipo de calzado.



Figura 89. Trabajo en el soporte exterior de la máquina de montado de talones (Fuente: estudio de campo).

### Espacio previsto para los pies:

Se recomienda favorecer el acercamiento a la máquina garantizando un espacio o hueco para albergar los pies. Los requisitos mínimos de espacio para los pies recogidos en norma son los siguientes:

- Profundidad de espacio para los pies: 21 cm
- Altura del espacio para los pies: 23 cm

Muchas de las máquinas existentes en el mercado ya incorporan esta característica, por lo que a la hora de escoger una nueva máquina se debería tener en cuenta que se cumpla este aspecto.

### Áreas de alcance y espacio previsto para los brazos:

Se recomienda que la profundidad a la que se encuentran las manos cuando se coloca la horma en el soporte no supere los 356 mm (Figura 9), especialmente si se realizan alcances frecuentes y, en ningún caso, se debería superar los 597 mm. Estas recomendaciones de alcance se han establecido considerando las dimensiones corporales de las personas de los percentiles más bajos (generalmente se utiliza el P5

femenino). El diseño de la estructura de la máquina debe tener una profundidad reducida para permitir trabajar más cerca del eje de la máquina, favoreciendo una postura con la espalda más recta y evitando inclinaciones hacia adelante y/o flexiones de brazo.

Otro punto a chequear es que las dimensiones de las aberturas de acceso (Figura 8) en el equipo garanticen el paso correcto de la parte del cuerpo de la persona trabajadora (brazo, antebrazo, mano o dedos). Si estas dimensiones no son suficientes puede haber problemas de acceso. El acceso a la horma debe estar lo más abierta y despejada posible a fin de garantizar el paso de la mano (Figura 90), respectándose las dimensiones mínimas de acceso recogidas en la Tabla 1.

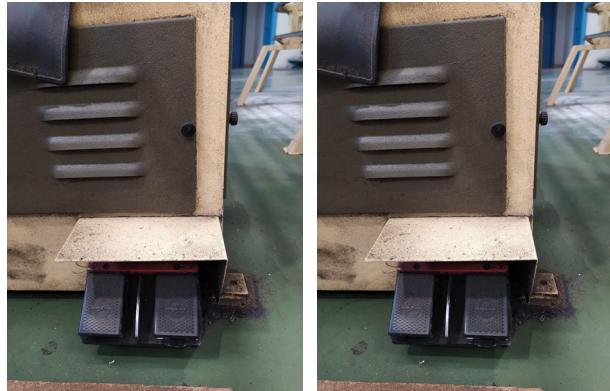


Figura 90. Acceso de las manos durante el cambio de horma del talón (Fuente: estudio de campo).

#### Mandos y controles:

Las máquinas más modernas, incluyen pantallas ajustables (Figura 91), con software sencillo e intuitivo, y funciones programables así como de autodiagnóstico. Estos paneles táctiles permiten configurar parámetros sin usar mandos o botones mecánicos, disminuyendo la necesidad de realizar movimientos finos repetitivos de ajuste, además de mejorar la legibilidad. Estas pantallas táctiles son orientables, pudiéndose en algún modelo colocar según la necesidad, a derecha o a izquierda.



Figura 91. Panel de mando móviles táctiles (Fuente: Avantium, Ormac).

Los pedales para trabajar de pie deben colocarse lo más bajo posible, de manera que puedan ser accionados sin despegar el talón del suelo. Es preferible que los pedales sean móviles para situarlos en el lugar de accionamiento más cómodo para el usuario/a (Figura 92). Asimismo, los pedales amplios y de baja resistencia permiten un accionamiento de la máquina sin tensión en los tobillos. La fuerza máxima para el accionamiento de pedales mediante la acción del tobillo es de 250 N para la población general,

y de 187 N para la población laboral de mujeres (UNE EN 1005-3). Además, hay que considerar que esta fuerza máxima se corrige en función de la frecuencia, duración y velocidad del accionamiento (Tabla 9).



Figura 92. Pedal móvil (Fuente: Estudio de campo, ORMAC).

Otras soluciones existentes en el mercado y que pueden mejorar la ergonomía son:

**Sistemas automáticos de control de entrada y regulación:** Las máquinas modernas disponen de control de entrada de la horma mediante fotocélulas y regulación automática de la altura del talón. Mediante sensor electrónico se registra la altura y la forma, posicionándose automáticamente.

**Aplicación del adhesivo termofusible mediante trazadores directamente sobre la plantilla.**



Figura 93. Máquinas con adhesivo mediante trazadores (Fuente: Avantium, Ormac).

**Compatibilidad con robots o alimentadores automáticos:** En líneas avanzadas, la manipulación del zapato (carga/descarga) es automática, eliminando el esfuerzo de levantar o colocar la horma. El operario pasa a un rol de supervisión, reduciendo la fatiga física acumulada.



Figura 94. Alimentación y retirada con cobot (Fuente: Erps).

## REFERENCIAS

- AENOR. UNE-EN 547-2:1997+ A1 (2009). Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 2: Principios para la determinación de las dimensiones requeridas para las aberturas de acceso. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid.
- AENOR. UNE-EN 894-3:2001+ A1 (2009). Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos. Parte 3: Mandos. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid.
- AENOR. UNE-EN 1005-3 (2002) + A1 (2009). Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid.
- AENOR. UNE-EN 14738:2010. Seguridad de las máquinas. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid.
- Álvarez, A., 2017, Nota Técnica de Prevención 1088: Alcance máximo y normal en el plano horizontal, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Association paritaire du textile Volume 20, Number 1 (June 2003). Ergonomic Design. The Sewing Machine Workstation.
- AVECAL. Proyecto/Acción: TRCOIN/2022/4, “III Jornadas de información y sensibilización de los riesgos ergonómicos del sector calzado de la Comunidad Valenciana”, con la financiación de la Conselleria de Economía Sostenible, Sectores Productivos, Comercio y Trabajo en el marco de las ayudas 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 2022.
- AVECAL. Proyecto/Acción: TRCOIN/2021/14, “II Jornadas de información y sensibilización de los riesgos ergonómicos del sector calzado de la Comunidad Valenciana”, con la financiación de la Conselleria de Economía Sostenible, Sectores Productivos, Comercio y Trabajo en el marco de las ayudas 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 2021.
- AVECAL. Proyecto/Acción: TRCOIN/2020/17, “I Jornadas de información y sensibilización de los riesgos ergonómicos del sector calzado de la Comunidad Valenciana”, con la financiación de la Conselleria de Economía Sostenible, Sectores Productivos, Comercio y Trabajo en el marco de las ayudas 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 2020.

- Benjumea, A. C. (2001). Datos antropométricos de la población laboral española. *Prevención, trabajo y salud: Revista del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*, (14), 22-30.
- Castelló P, García C. (2003) Diseño ergonómico del puesto de cosido en el sector textil/confección. Instituto de Biomecánica de Valencia. ATEVAL.
- Castelló, P., Piedrabuena, A., Ferreras, A., García, C., Murcia, J., Corrales, J. M., Casañ, C.,Rodrigo, J. (2010) ERGOMAD: Manual de Ergonomía para Máquinas del Sector de Transformados de Madera. IBV, Valencia.
- Castelló, P., Oltra, A., Pagán, P., Sendra, R., Murcia, J., Corrales, J. M., Casañ, C.,Rodrigo, J. (2010) ERGOMETAL: Manual de Ergonomía para Máquinas del Sector Metal. IBV, Valencia.
- Ellegast, R.P. Ergonomics at sewing workplaces. (n.d.). (2004). IFA- Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. ISBN: 3-88383-673-7.
- FEDECON, UGT-FITAG, Fiteqa-CCOO. (2012). Análisis de los riesgos ergonómicos en el sector de la confección y su impacto en la salud de los trabajadores y trabajadoras. Propuestas de mejora e intervención. IS-0311/2012 IS-0312/2012 IS-0313/2012.
- IBV (2023). Proyecto (IMDEEA/2022/23) de Integración de la perspectiva de género en los criterios de adecuación ergonómica de entornos laborales, financiado por el programa 2022 de ayudas del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) dirigida a centros tecnológicos de la Comunitat Valenciana para el desarrollo de proyectos de I+D de carácter no económico realizados en colaboración con empresas, cofinanciado por la Unión Europea.
- IBV (2022). Guía de recomendaciones para la incorporación del enfoque de género en la adecuación ergonómica. Proyecto IMDEEA/2021/33 financiado por el programa 2021 de ayudas del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) de Integración de la perspectiva de género en los criterios de adecuación ergonómica de entornos laborales.
- IBV (2020). Integración de la perspectiva de género en los criterios de adecuación ergonómica de entornos laborales. <https://genero.ibv.org/manual>
- IBV (2000). Ergo/IBV – Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física. Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), Valencia.
- INSHT (2016). Herramientas manuales: criterios ergonómicos y de seguridad para su selección. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- INSHT (2003). Guía Técnica para la evaluación y prevención de riesgos relativos a la manipulación manual de cargas. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- INSST (2021). Estudio ergonómico en el sector del calzado: tareas de aparado. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- ISO 11228-1:2021(en) Ergonomics – Manual handling – Part 1: Lifting, lowering and carrying. International Organization for Standardization (ISO).
- NIOSH (2006). Ergonomía Fácil: Guía para la Selección de Herramientas de herramientas manuales. Madrid: INSHT, 2006, 14 p, ISBN 84-7425-718-2.
- Reglamento (UE) 2023/1230 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2023, relativo a las máquinas, y por el que se derogan la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y la Directiva 73/361/CEE del Consejo.

Proyecto/acción (TRCOIN/2025/14) 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.



Nuestro agradecimiento a todas las empresas que han colaborado en la elaboración de los materiales

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

**avecal**