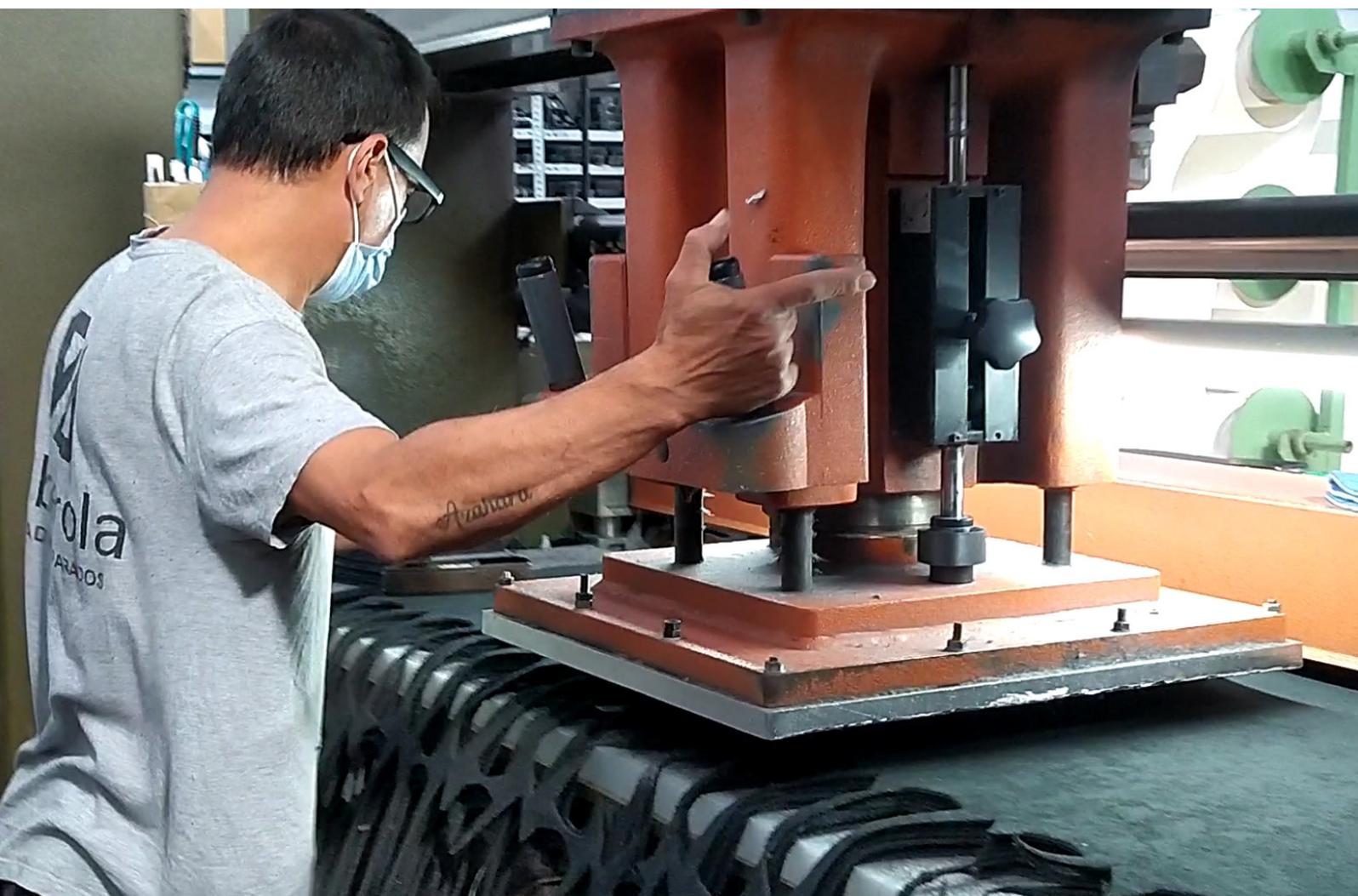


GUÍA DE CRITERIOS DE DISEÑO ERGONÓMICO PARA MÁQUINAS- HERRAMIENTAS EN EL SECTOR CALZADO



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
REFERENCIAS	25

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 prevenirlos.

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.

El proyecto

Esta acción (TRCOIN/2023/8), ha sido apoyada 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 el ejercicio 2023.

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 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.

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).

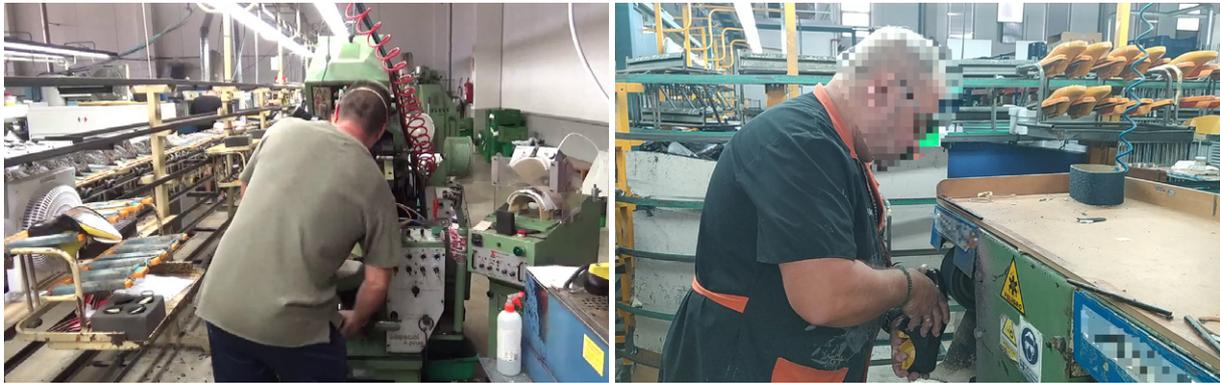


Figura 1. Adopción de posturas inadecuadas debido a una altura de trabajo baja: flexión y giro de tronco y cuello y mala visión. Fuente: estudio de campo.

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.

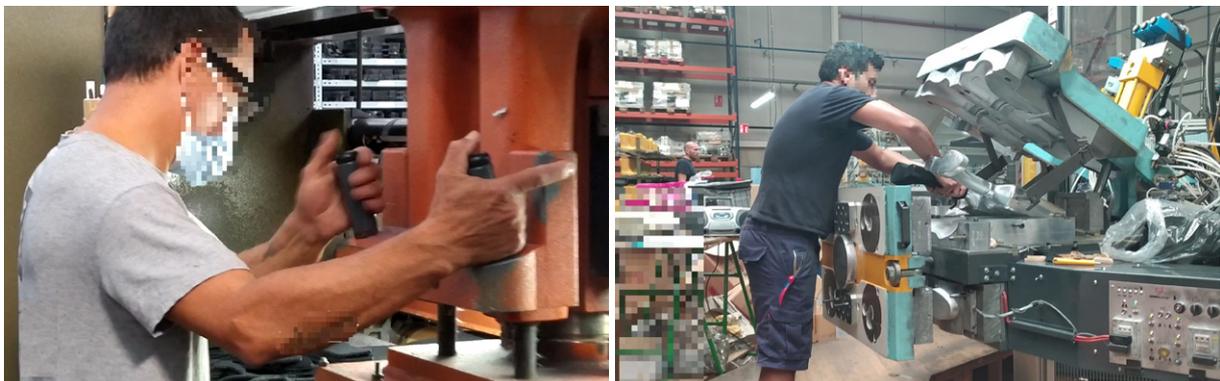


Figura 2. Adopción de posturas inadecuadas debido a una altura de trabajo elevada: Incomodidad de brazos y hombros. Fuente: estudio de campo.

¿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.

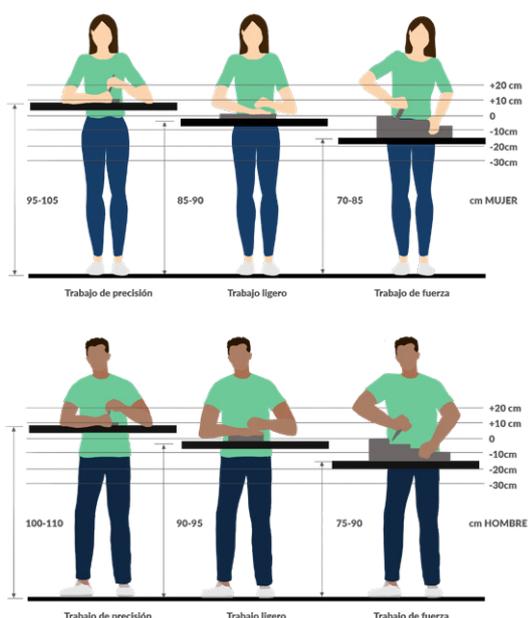


Figura 3. Tareas realizadas en postura de pie.

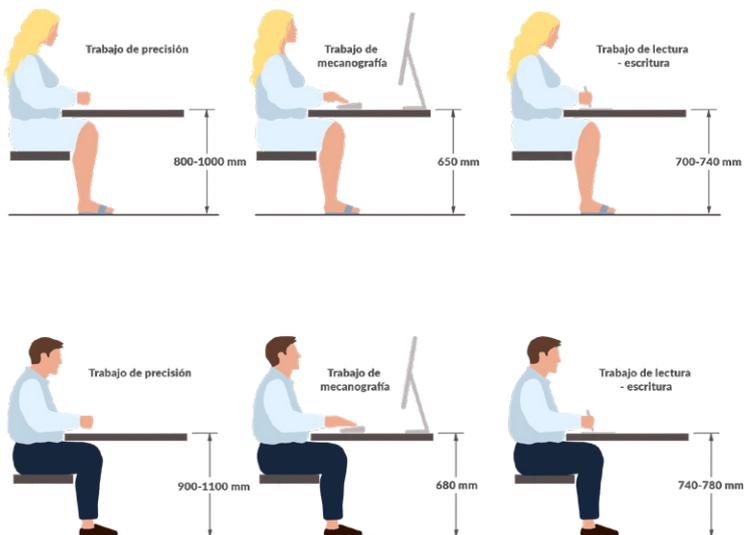


Figura 4. Tareas realizadas en postura sentada.

👁️ 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 aparato 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).

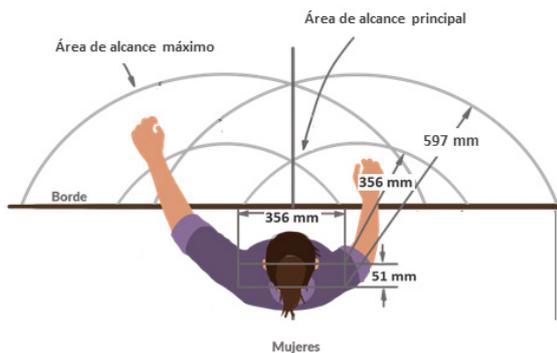


Figura 9. Áreas de alcance población femenina.

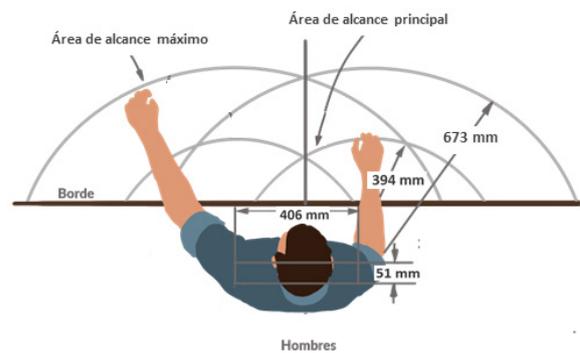


Figura 10. Áreas de alcance población masculina.

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.

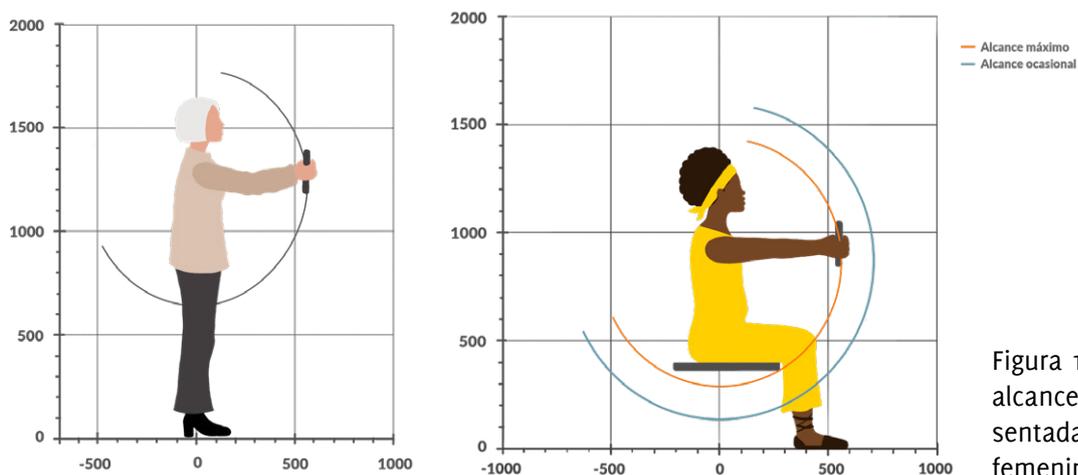


Figura 11. Áreas de alcance de pie y sentada, población femenina.

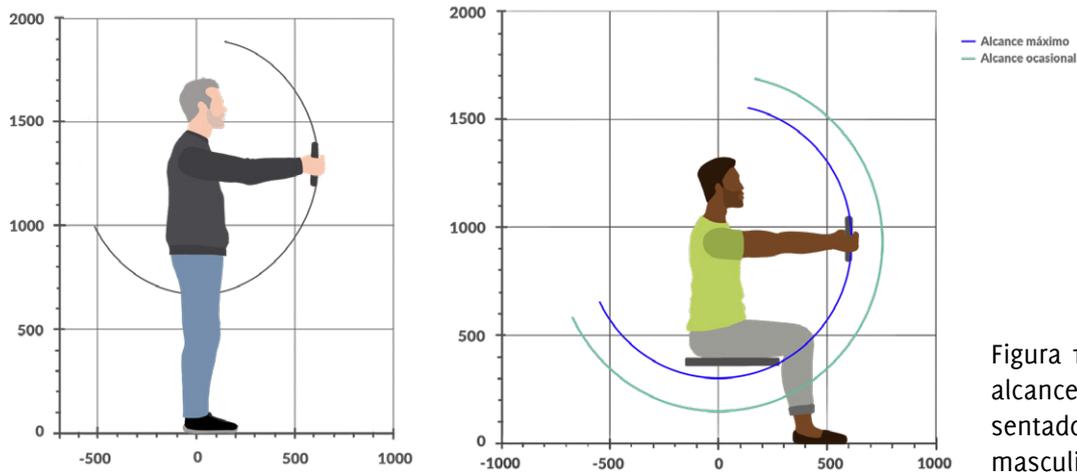


Figura 12. Áreas de alcance de pie y sentado, población masculina.

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

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

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.

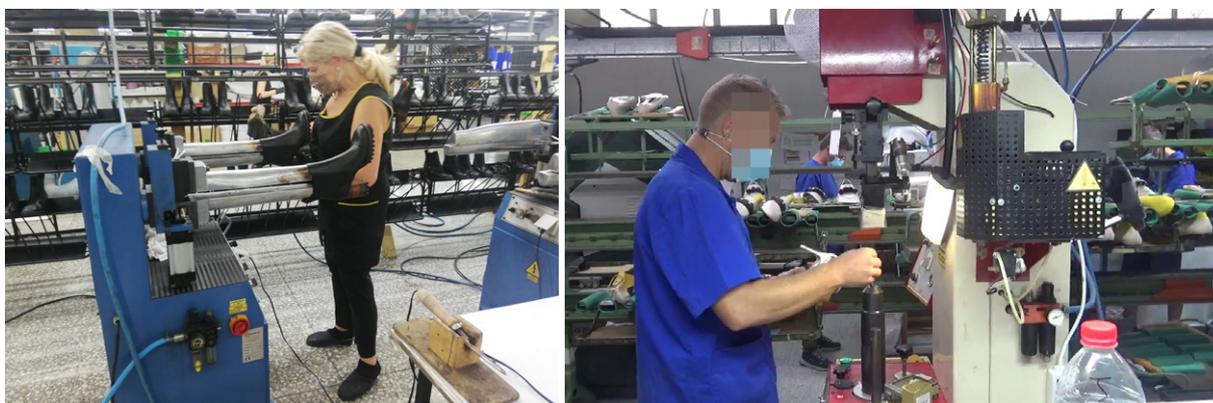


Figura 13. Alcances dentro del área principal (conformado de caña y clavado de tacón). Fuente: estudio de campo.

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.

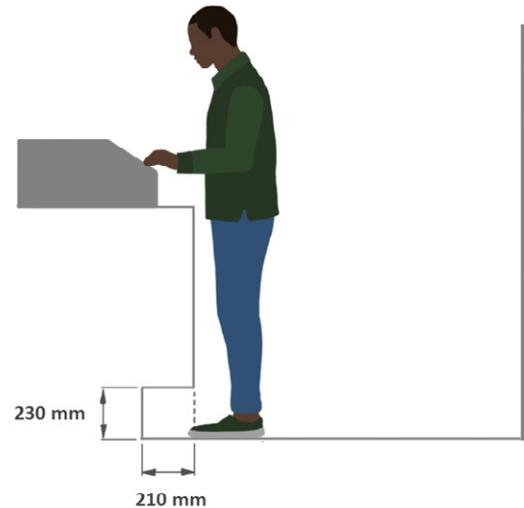


Figura 15. Espacio libre para los pies de pie.

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)

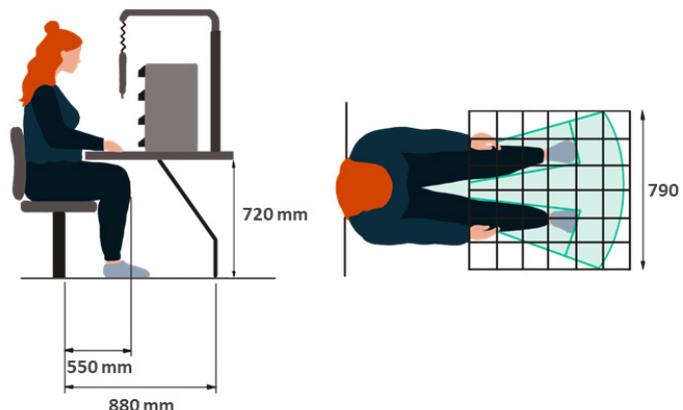


Figura 16. Espacio libre para las piernas sentada.

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.

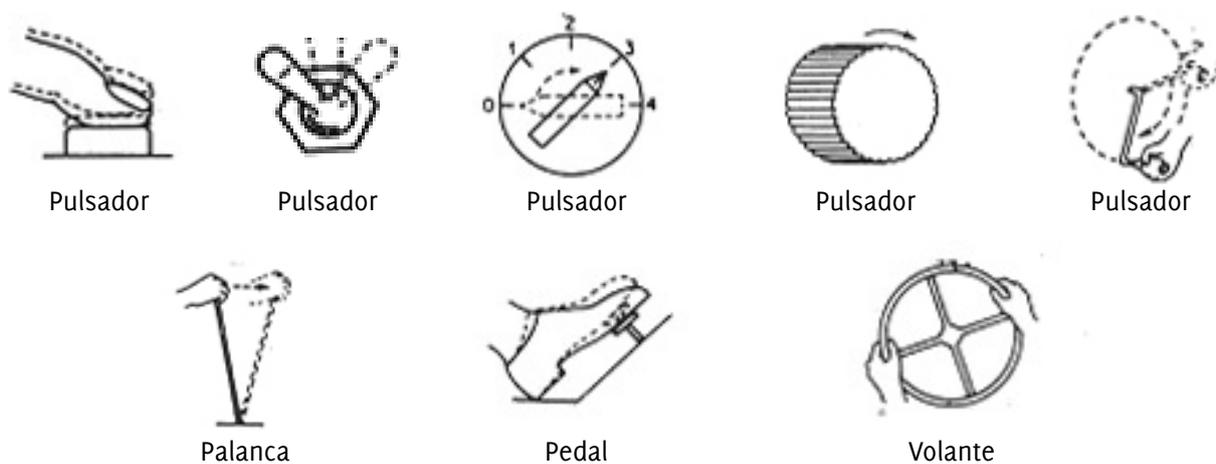


Figura 19. Principales tipos de mandos.

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 identificable 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.

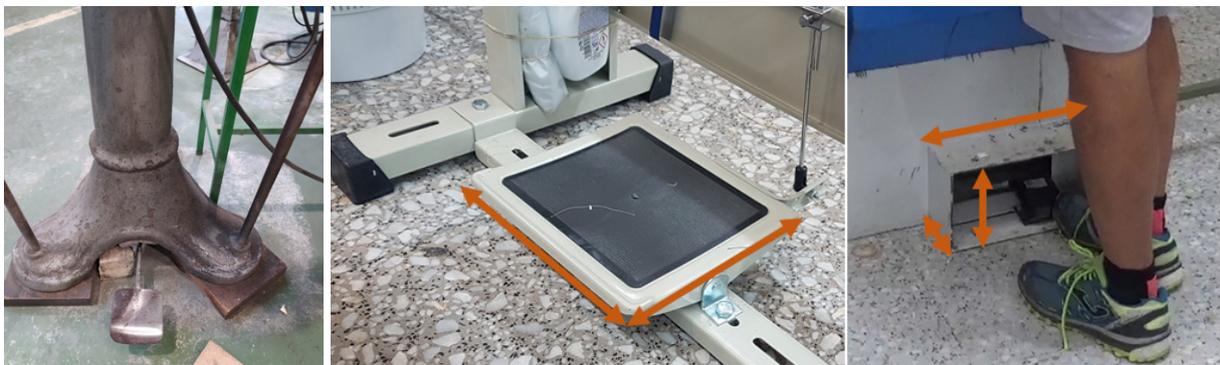


Figura 22. Pedales en diversas máquinas del sector. Fuente: estudio de campo.

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
Con una mano		
Asir con toda la mano	28,3	
Con el brazo en postura sedente		
Hacia arriba	5,9	<p>dentro ↔ fuera</p> <p>empujar ↓ tirar</p> <p>arriba ↓ abajo</p>
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	
Con el cuerpo completo en postura de pie		
Empujando con apoyo del tronco	23,8	
Empujando sin apoyo del tronco	16,7	
Con el pie, postura sedente, con apoyo del tronco		
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	P5	P50	P95
Longitud de la mano	163	183	202	159	173	188	172	188	204
Anchura de la mano en los metacarpianos	72	86	97	70	78	86	80	90	99
Longitud del dedo índice	64	72	81	62	68	75	67	73	82
Anchura proximal del dedo índice	17	20	23	16	18	21	18	21	23
Anchura distal del dedo índice	14	17	20	13	15	18	16	18	21

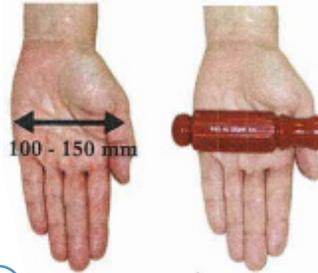
Datos antropométricos de la población trabajadora española del año 1996. Fuente: INSHT (2016).

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 hombros, 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.

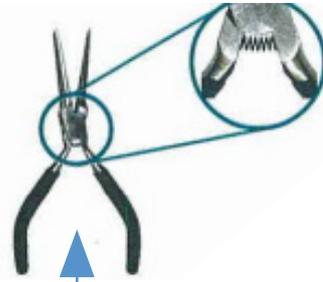
Idealmente, su forma debe seguir el arco transversal de la mano para utilizar la musculatura más fuerte de la muñeca y permitir una distribución uniforme de la fuerza entre todos los dedos. En este sentido, el arco transversal suele ser menor en las mujeres que en los hombres. Una forma ligeramente curvada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

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.
- 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., 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.
- 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.
- 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 (TRCOIN/2023/8) apoyado/a 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 el ejercicio 2023.



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](https://avecal.es)