



LIDERA: Lineamientos para el Diseño Ergonómico en la Recolección de Algodón



ROSA MARÍA AREIZA SALAZAR

Monteria-Cordoba

Lineamientos antropométricos

Los lineamientos antropométricos permiten establecer la relación entre las dimensiones del dispositivo asistido y las características corporales de la población usuaria, con el fin de propiciar condiciones adecuadas de ajuste, alcance funcional, postura neutra y comodidad durante la recolección manual de algodón. Estos criterios tienen como base la variabilidad antropométrica de la población, tomando en cuenta medidas corporales que son relevantes para el diseño de espacios, alturas de trabajo, zonas de alcance y dimensiones de agarre.

Su uso ayuda a mejorar la interacción física entre el trabajador y el dispositivo, facilitando su uso seguro y eficiente en condiciones reales de campo. En conjunto, los lineamientos antropométricos constituyen la base dimensional del diseño ergonómico, orientando soluciones inclusivas que respondan a diferentes características corporales de la población usuaria.

Referentes metodológicos para la formulación de los lineamientos antropométricos

La formulación de los lineamientos antropométricos se fundamenta en principios y fuentes reconocidas en el diseño ergonómico, orientadas a la adaptación del dispositivo a las características corporales de la población usuaria.

Estos referentes incluyen bases de datos antropométricas, criterios de diseño centrado en el usuario y principios relacionados con alcances funcionales, zonas de confort y dimensiones de agarre. Estos elementos no se emplean como instrumentos de medición directa dentro del estudio, sino como bases técnicas para orientar la definición de parámetros aplicables al diseño del dispositivo.

Tabla 2. Referentes metodológicos utilizados en la formulación de los lineamientos antropométricos y su aplicación principal

Referente metodológico	Aplicación principal en los lineamientos
ACOPLA95	Base de datos antropométrica de población laboral colombiana
Percentiles antropométricos (P5, P50, P95)	Definición de rangos de ajuste y cobertura poblacional
Principios de diseño antropométrico	Adaptación dimensional del dispositivo al usuario
Alcance funcional horizontal y vertical	Ubicación de controles y zonas de trabajo
Zonas de confort postural	Diseño de tareas dentro de rangos ergonómicos de uso
Principios de agarre ergonómico	Definición de dimensiones de mangos y superficies de contacto

Nota. Referentes técnicos empleados como base para la formulación de los lineamientos antropométricos del estudio. Se toman como referencia los parámetros antropométricos de la población laboral colombiana ACOPLA95.



Realidad colombiana

LA1. Adaptabilidad antropométrica del dispositivo

El dispositivo debe permitir la adaptación a las características antropométricas de la población usuaria, considerando un rango comprendido entre **los percentiles 5 y 95**, con el fin de cubrir la mayoría de los trabajadores y reducir la adopción de posturas forzadas durante la actividad de recolección manual de algodón.

Vacío identificado en el mercado

Los dispositivos existentes presentan limitaciones en su capacidad de ajuste, lo que impide su adaptación a la variabilidad antropométrica de los usuarios, restringiendo su uso a un rango limitado de trabajadores.

Problema que resuelve

Durante la actividad de recolección manual de algodón se identifican posturas forzadas asociadas a la falta de correspondencia entre las dimensiones del dispositivo y las características antropométricas del trabajador, generando flexión excesiva del tronco y sobrecarga musculoesquelética.

Guía de diseño

Se recomienda incorporar sistemas de ajuste mecánico que permitan modificar la altura y configuración del dispositivo, garantizando su adaptación a diferentes usuarios dentro del rango antropométrico definido. Estos sistemas deben permitir ajustes continuos o discretos, ser de fácil manipulación, seguros y resistentes a las condiciones del entorno agrícola.

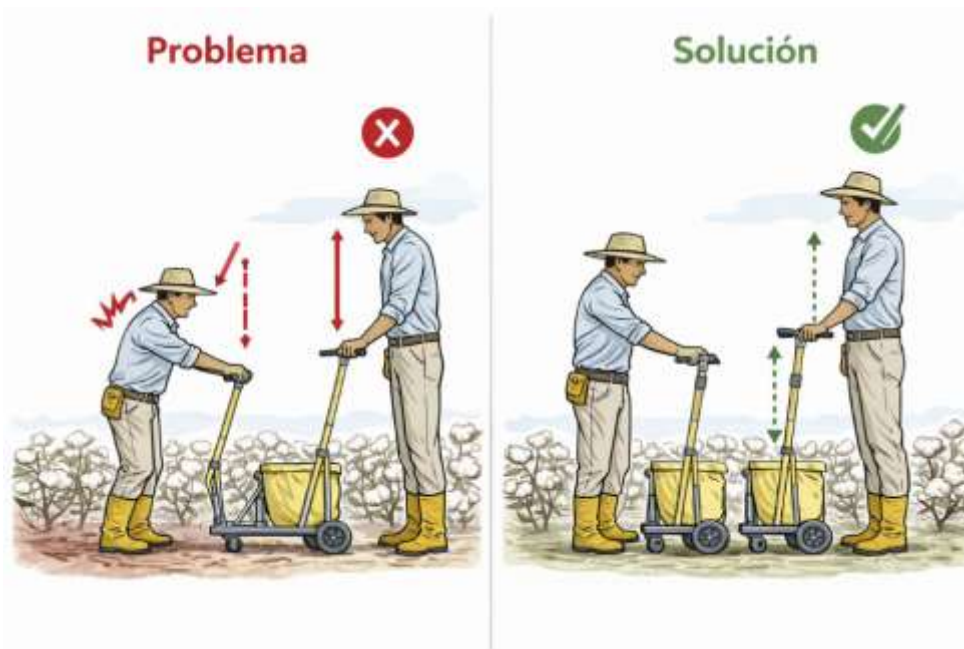


Figura A1.
Adaptación del
dispositivo a
diferentes
características
antropométricas.

LA2. Adecuación de la altura de trabajo del dispositivo

El dispositivo debe permitir la regulación de la altura de trabajo en **un rango entre 92 y 112 cm**, correspondiente a la altura del codo del usuario, con el fin de favorecer posturas neutras y reducir la flexión del tronco durante la recolección manual de algodón.

Vacío identificado en el mercado

Los dispositivos existentes no contemplan ajustes adecuados en la altura de trabajo, lo que obliga a los usuarios a adaptarse al dispositivo, generando posturas forzadas y disminuyendo la eficiencia de la actividad.

Problema que resuelve

Se identifican posturas de flexión lumbar sostenida durante la actividad de recolección, asociadas a alturas de trabajo inadecuadas, lo que incrementa la carga biomecánica y el riesgo de trastornos musculoesqueléticos en la región lumbar.

Guía de diseño

Se recomienda diseñar mecanismos de ajuste vertical que permitan modificar la altura del dispositivo dentro del rango establecido (92–112 cm), garantizando su adaptación a diferentes usuarios. El sistema debe permitir ajustes continuos o discretos, ser de fácil manipulación, asegurar la estabilidad del dispositivo en cada nivel de ajuste y funcionar adecuadamente en condiciones reales de campo.

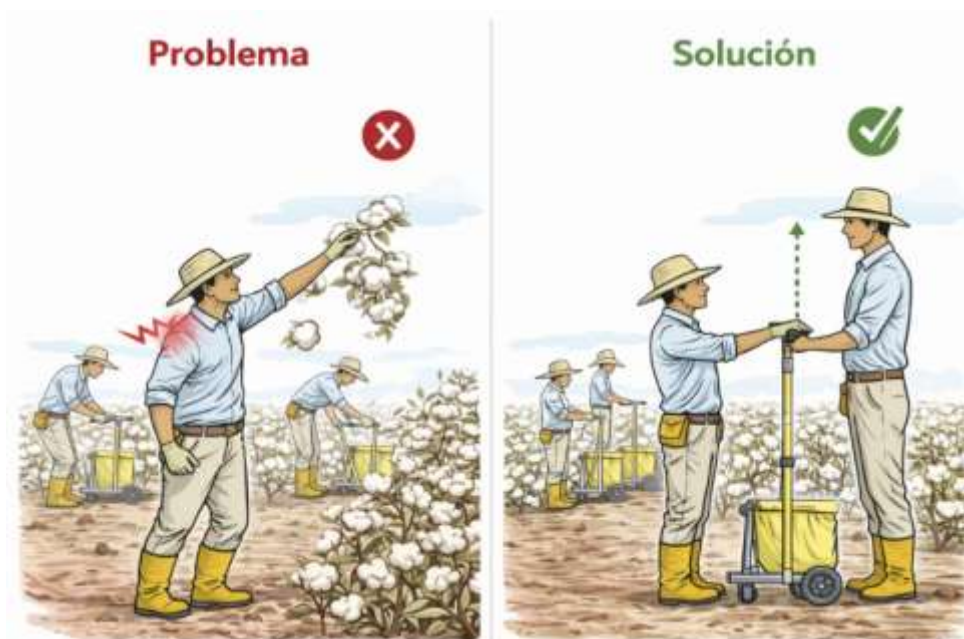


Figura A2. Ajuste de la altura de trabajo del dispositivo en relación con la altura del codo del usuario

LA3. Adecuación del espacio de trabajo del dispositivo

El espacio de trabajo del dispositivo debe ser al menos igual al **ancho de hombros**, considerando un margen adicional que permita la movilidad de los miembros superiores, con el fin de evitar restricciones en el movimiento y reducir la carga física durante la recolección manual de algodón.

Vacío identificado en el mercado

Los dispositivos existentes no consideran adecuadamente el espacio necesario para la interacción del trabajador con el sistema de recolección, lo que restringe el movimiento natural de los brazos y afecta la eficiencia de la tarea.

Problema que resuelve

Se identifican limitaciones en la movilidad de los miembros superiores durante la recolección manual de algodón, asociadas a espacios de trabajo reducidos que generan posturas incómodas, movimientos forzados y aumento de la carga física.

Guía de diseño

Se recomienda diseñar el espacio de trabajo del dispositivo considerando el ancho de hombros de la población usuaria, incorporando un margen adicional que permita la movilidad libre de los miembros superiores. El diseño debe adaptarse a las condiciones reales del entorno agrícola.



Figura A3. Espacio de trabajo insuficiente en comparación con espacio adecuado para la manipulación del dispositivo durante la recolección de algodón

LA4. Ubicación ergonómica de los elementos de control y manipulación

Los elementos de trabajo del dispositivo deben ubicarse dentro del **plano sagital ($\pm 30^\circ$)**, correspondiente a la zona de alcance óptimo del usuario, con el fin de minimizar la abducción del hombro y reducir la carga física asociada a movimientos repetitivos durante la recolección manual de algodón.

Vacío identificado en el mercado

Los dispositivos existentes no consideran la ubicación adecuada de los elementos de trabajo, lo que obliga al usuario a realizar movimientos fuera de la zona de alcance óptimo.

Problema que resuelve

Se identifican movimientos repetitivos con abducción del hombro y desviaciones del plano sagital, lo que incrementa la carga biomecánica en los miembros superiores y el riesgo de fatiga muscular.

Guía de diseño

Se recomienda ubicar los elementos de agarre, control o manipulación directamente frente al usuario, evitando posiciones laterales o alejadas. El diseño debe permitir el acceso con los brazos en posición cercana al cuerpo, reduciendo la necesidad de abducción, extensión o rotación excesiva.

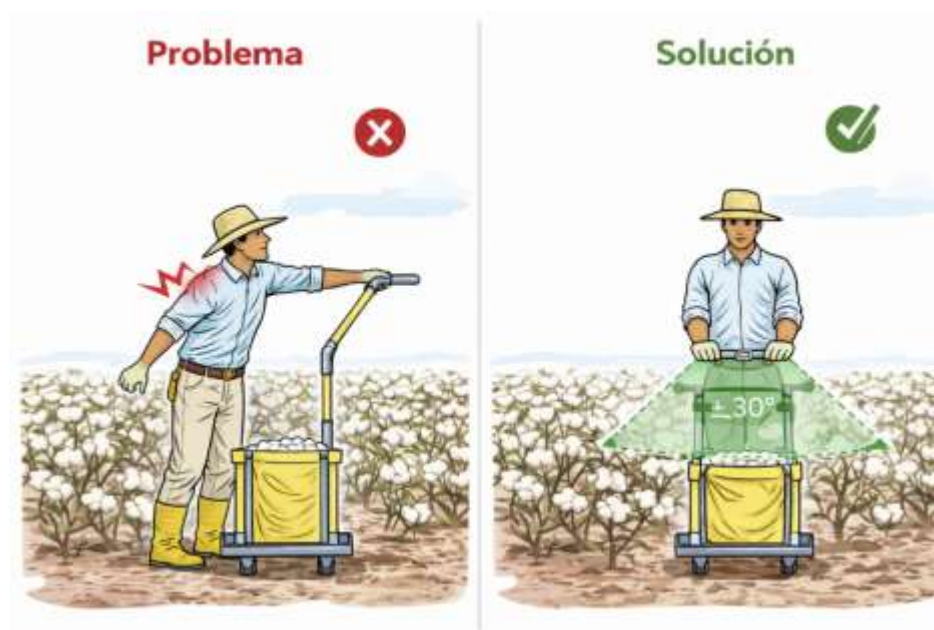


Figura A4.
Ubicación
inadecuada en
comparación
con ubicación
ergonómica de
los elementos
dentro del
plano sagital

LA5. Ubicación de los elementos dentro del alcance funcional del usuario

Los elementos de trabajo del dispositivo deben ubicarse dentro del **75% del alcance funcional del usuario**, correspondiente a la zona de confort, con el fin de evitar el sobre alcance y reducir la carga física en los miembros superiores durante la recolección manual de algodón.

La ubicación en el plano sagital se diferencia de este lineamiento que se centra en la distancia funcional de los elementos con respecto al cuerpo del usuario, evitando el sobre alcance y la extensión completa del miembro superior.

Vacío identificado en el mercado

Los dispositivos existentes ubican los elementos de trabajo fuera de la zona de alcance confortable, obligando al usuario a extender completamente el brazo durante la tarea.

Problema que resuelve

Se identifican movimientos de extensión completa del miembro superior durante la recolección, lo que incrementa la carga biomecánica en hombro y brazo, favoreciendo la aparición de fatiga muscular.

Guía de diseño

Se recomienda ubicar los elementos de trabajo del dispositivo dentro de la zona de alcance confortable del usuario, evitando distancias que requieran la extensión completa del brazo. El diseño debe priorizar la proximidad de los elementos al cuerpo, facilitar movimientos repetitivos dentro de rangos ergonómicamente seguros y adaptarse a las condiciones reales del entorno agrícola.

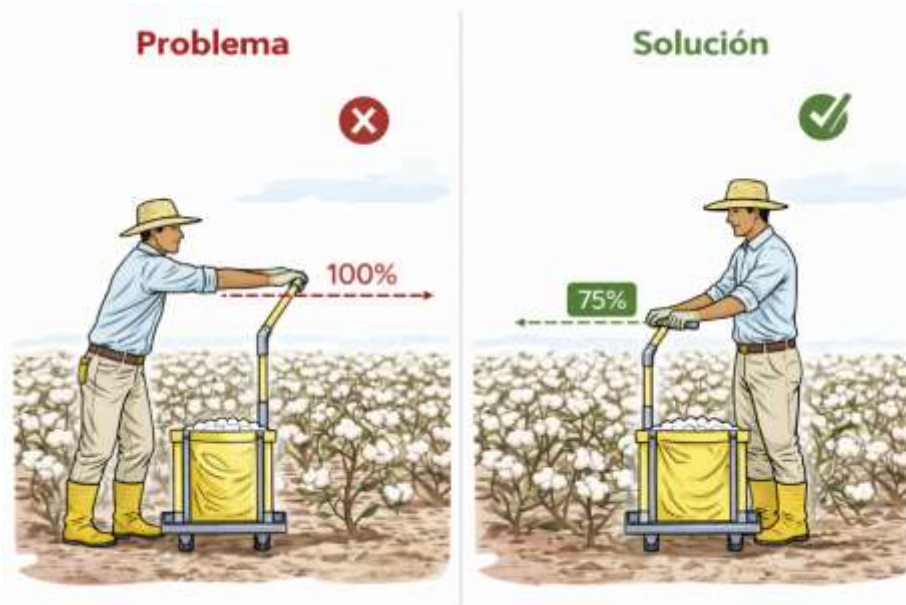


Figura A5. Ubicación de los elementos fuera del alcance funcional en comparación con ubicación dentro de la zona de confort del usuario

LA6. Diseño ergonómico del sistema de agarre

El sistema de agarre del dispositivo debe diseñarse considerando un **diámetro entre 3 y 5 cm** y una **longitud mínima de 12 cm**, que permita el contacto completo de la mano, con el fin de optimizar la

generación de fuerza, mejorar el control del dispositivo y reducir la carga muscular durante la recolección manual de algodón.

Vacío identificado en el mercado

Los dispositivos existentes presentan sistemas de agarre inadecuados, con dimensiones que no permiten una correcta adaptación a la mano del usuario, afectando la eficiencia del movimiento.

Problema que resuelve

Se identifican agarres con diámetros inadecuados y longitudes insuficientes, lo que genera sobreesfuerzo muscular, disminución de la fuerza de prensión y aumento del riesgo de fatiga en los miembros superiores.

Guía de diseño

Se recomienda diseñar el sistema de agarre de forma que sus dimensiones permitan el contacto completo de la mano, evitando diámetros muy pequeños o grandes. El diseño debe incorporar superficies antideslizantes, facilitar la transmisión de fuerza y permitir un control adecuado del dispositivo en condiciones reales de uso.

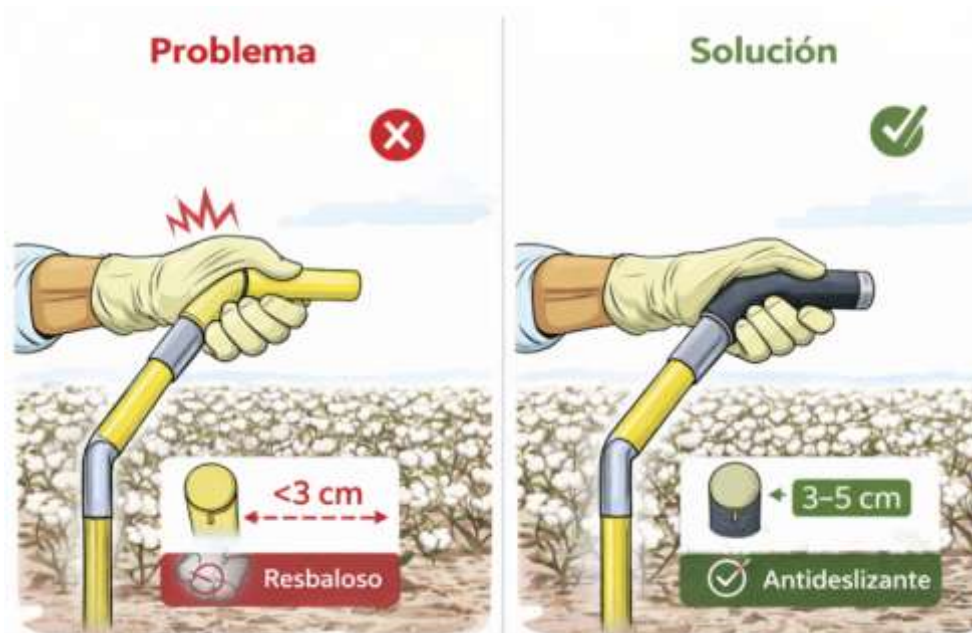


Figura A6. Agarre inadecuado en comparación con agarre ergonómico del dispositivo

LA7. Diseño del sistema de ajuste del dispositivo

El dispositivo debe tener un sistema de ajuste que permita cambios continuos o en pequeños incrementos, para adaptarse a las características antropométricas del usuario y asegurar condiciones ergonómicas adecuadas durante la recolección manual de algodón.

Este lineamiento complementa los LA1 y LA2, ya que se enfoca específicamente en el mecanismo de ajuste del dispositivo, es decir, la forma técnica mediante la cual se logra la adaptación antropométrica y la regulación de la altura de trabajo.

Vacío identificado en el mercado

Los dispositivos actuales disponen de sistemas de ajuste inexistentes, limitados o poco precisos, lo que dificulta su adaptación a diferentes usuarios y condiciones de trabajo.

Problema que resuelve

Durante la recolección manual, se identifican posturas forzadas asociadas a la imposibilidad de ajustar el dispositivo a las características del usuario, lo que incrementa la carga biomecánica y reduce la eficiencia en la tarea.

Guía de diseño

Se recomienda implementar mecanismos de ajuste telescópico, modular o regulable, que permitan modificaciones continuas o en incrementos pequeños, facilitando cambios rápidos y seguros sin requerir herramientas complejas. El sistema debe ser resistente, fácil de manipular, garantizar estabilidad en cada nivel de ajuste y funcionar adecuadamente en condiciones reales de campo.

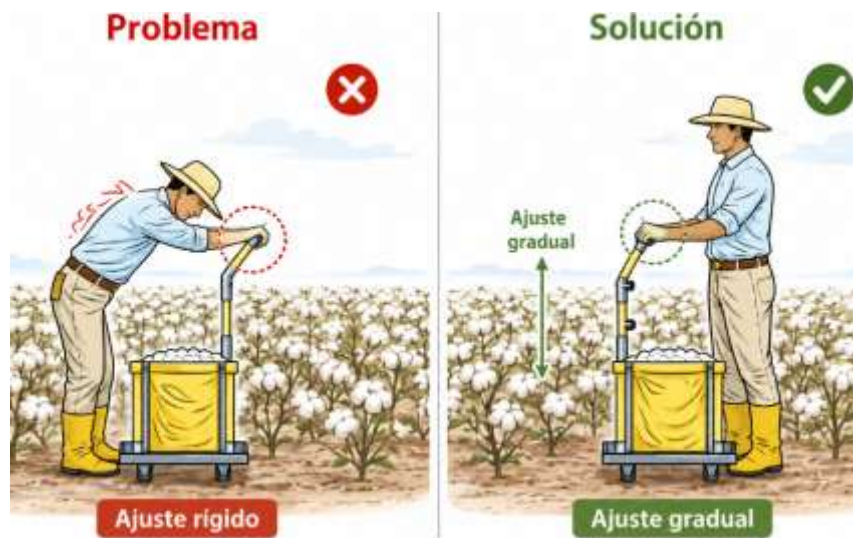


Figura A7. Comparación entre ajuste rígido y ajuste gradual para favorecer la adaptación antropométrica del dispositivo.

Fundamento de los lineamientos antropométricos

Los lineamientos antropométricos formulados se sustentan en la necesidad de garantizar la correspondencia entre las dimensiones del dispositivo y las características corporales de la población usuaria, favoreciendo posturas neutras, un alcance funcional óptimo y condiciones de agarre eficientes durante la actividad de recolección manual de algodón.

Para ello, se emplean datos antropométricos provenientes de la base ACOPLA95, correspondiente a población laboral colombiana, los cuales permiten establecer parámetros de diseño basados en la variabilidad de los usuarios. El uso de percentiles (P5, P50 y P95) facilita la definición de rangos de ajuste y dimensiones del dispositivo, asegurando la inclusión de la mayoría de la población y contribuyendo a la reducción de la carga física y la prevención de riesgos musculoesqueléticos.

En este sentido, los lineamientos no se limitan a recomendaciones generales, sino que se fundamentan en criterios técnicos medibles, que permiten orientar el diseño del dispositivo y facilitar su evaluación en contextos reales de uso.

Dimensiones verticales

Las dimensiones verticales permiten definir la altura de trabajo del dispositivo en relación con el cuerpo del usuario, especialmente considerando la altura del codo como referencia principal para el desarrollo de tareas.

De acuerdo con los datos antropométricos, la altura del codo en posición de pie se encuentra en un rango aproximado entre 92 cm (P5) y 112 cm (P95), lo cual constituye el parámetro

base para el diseño de la altura del dispositivo.

En este sentido:

- La zona de trabajo debe ubicarse a nivel del codo o ligeramente por debajo
- Se debe evitar el trabajo por encima del nivel del hombro
- Se debe evitar el trabajo prolongado por debajo de la cadera

Estos criterios permiten reducir la flexión del tronco y la sobrecarga en la región lumbar durante la actividad.

Dimensiones horizontales

Las dimensiones horizontales están asociadas al espacio de trabajo y a la ubicación de los elementos del dispositivo en relación con el cuerpo del usuario.

A partir de los datos antropométricos, se establecen parámetros como el ancho de hombros y la separación de brazos, los cuales permiten definir un espacio mínimo que garantice la movilidad de los miembros superiores.

En este sentido:

- El espacio de trabajo debe permitir el movimiento libre de los brazos
- Los elementos del dispositivo deben ubicarse dentro del plano sagital ($\pm 30^\circ$), correspondiente a la zona de alcance óptimo
- Se debe evitar la restricción lateral del movimiento

Dimensiones longitudinales

Las dimensiones longitudinales permiten establecer el alcance funcional del usuario, determinando la distancia óptima a la cual deben ubicarse los elementos de trabajo del dispositivo.

Con base en los datos antropométricos, el alcance funcional horizontal se encuentra aproximadamente entre 65 cm (P5) y 85 cm (P95). Sin embargo, desde el punto de vista ergonómico, se recomienda trabajar dentro del 75% de este alcance, correspondiente a la zona de confort.

En este sentido:

- Los elementos de trabajo deben ubicarse cerca del cuerpo
- Se debe priorizar la zona de confort del usuario
- Se debe evitar el sobre alcance (>75% del alcance funcional)

Fundamento del alcance funcional (L5)

La ubicación de los elementos de trabajo dentro del 75% del alcance funcional se fundamenta en el concepto de zona de alcance confortable descrito en la literatura ergonómica. Diversos autores señalan que las tareas deben desarrollarse dentro de un rango cercano al cuerpo, evitando la extensión completa del miembro superior, ya que esta incrementa la carga biomecánica y reduce la eficiencia del movimiento (Grandjean, 1998; Pheasant & Haslegrave, 2006).

De igual forma, normas como la ISO 14738 establecen la importancia de diseñar las áreas de trabajo dentro de zonas de alcance que minimicen posturas forzadas y movimientos extremos. En este contexto, el valor del 75% del alcance funcional se adopta como un criterio operativo que permite delimitar una zona de trabajo ergonómicamente favorable, facilitando la ejecución de movimientos repetitivos con menor esfuerzo y mayor control.

Estos criterios aquí descritos permiten reducir la carga en los miembros superiores y evitar la extensión completa del brazo durante movimientos repetitivos.

Dimensiones de agarre

Las dimensiones de agarre se fundamentan tanto en datos antropométricos como en criterios biomecánicos relacionados con la eficiencia de la prensión.

Las dimensiones de la mano se obtienen a partir de la base ACOPLA95; sin embargo, el diámetro óptimo de agarre no depende únicamente de estas medidas, sino de estudios ergonómicos sobre herramientas manuales.

En este sentido, se establece que:

- El diámetro óptimo de agarre para fuerza se encuentra entre 3 y 5 cm
- La longitud mínima del mango debe ser de al menos 12 cm
- El agarre debe permitir el contacto completo de la mano
- La superficie debe ser antideslizante

Se debe evitar:

- Diámetros muy pequeños (sobreesfuerzo muscular)
- Diámetros muy grandes (disminución de la fuerza)
- Mangos cortos (compresión en la palma)

Formas inadecuadas (desviación de la muñeca)

