

Diseño del puesto de trabajo: análisis y estudio de los alcances de las extremidades superiores

Alfredo Álvarez Valdivia

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. INSSBT

En el ámbito ergonómico se considera que las posturas forzadas es un factor importante que favorece la generación de trastornos musculoesqueléticos. El correcto diseño de los puestos de trabajo es uno de los principios de la acción preventiva, recogidos en la Ley 31/1995 [1], a través del cual es posible minimizar dichas posturas forzadas. A tal efecto, existen estudios y recomendaciones sobre los alcances en el plano sagital, si bien la mayoría de ellos se basan en mediciones empíricas realizadas sobre una muestra de una población determinada, lo que hace difícil su extrapolación a otras poblaciones. Este artículo presenta un modelo analítico para calcular los alcances sagitales en el puesto de trabajo que es aplicable a cualquier población de la que se dispongan sus datos antropométricos.

INTRODUCCIÓN

Según el informe del Observatorio Estatal de Condiciones de Trabajo [2], el porcentaje de accidentes con baja por sobreesfuerzo sobre el sistema musculoesquelético en jornada de trabajo en España muestra una progresión ascendente a lo largo del período comprendido entre los años 2000 y 2015, pasando de un 28,4% en el año 2000 a un 38,9% en el año 2015 (figura 1). Es decir, en la actualidad, algo más de uno de cada tres accidentes que se registran en el territorio nacional afecta al sistema musculoesquelético.

Si bien se considera que el origen de los trastornos musculoesqueléticos es multifactorial, las posturas forzadas, junto

con otros factores, son una de las causas citadas con mayor frecuencia en la bibliografía especializada [3]. Por ejemplo, la Encuesta europea de condiciones de trabajo, llevada a cabo en el año 2015 en los 28 Estados miembros de la Unión Europea [4], revela que un 44% de los trabajadores manifiesta mantener posturas forzadas en el trabajo.

A tal efecto, el correcto diseño de los puestos de trabajo constituye una de las vías de actuación para minimizar las posturas forzadas y reducir las tensiones en el sistema musculoesquelético que puedan causar daños a la salud de los trabajadores. En el ordenamiento jurídico español en materia de prevención de riesgos laborales, el Real Decreto 486/1997 [5], en el punto 2

del anexo I-A, establece una serie de requisitos que deben observarse en el diseño de los locales y de los puestos de trabajo:

"2. Espacios de trabajo y zonas peligrosas.

1.º Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables. Sus dimensiones mínimas serán las siguientes:

a) 3 metros de altura desde el piso hasta el techo. No obstante, en locales comerciales, de servicios, oficinas y despachos, la altura podrá reducirse a 2,5 metros.

b) 2 metros cuadrados de superficie libre por trabajador.

c) 10 metros cúbicos, no ocupados, por trabajador.

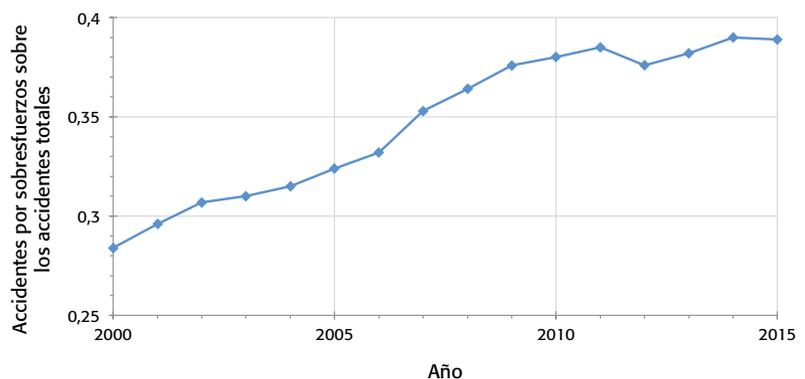
2.º La separación entre los elementos materiales existentes en el puesto de trabajo será suficiente para que los trabajadores puedan ejecutar su labor en condiciones de seguridad, salud y bienestar. Cuando, por razones inherentes al puesto de trabajo, el espacio libre disponible no permita que el trabajador tenga la libertad de movimientos necesaria para desarrollar su actividad, deberá disponer de espacio adicional suficiente en las proximidades del puesto de trabajo."

Si bien los puntos señalados en el real decreto hacen alusión a los locales y a los puestos de trabajo, no hacen referencia explícita a los criterios que deben emplearse para el adecuado diseño de los elementos en el puesto de trabajo. Por este motivo se hace necesario recurrir a recomendaciones técnicas para abordar estos aspectos. En el ámbito de la ergonomía, las recomendaciones recogidas por McCormick [6] en los principios de la distribución racional del puesto de trabajo constituyen una referencia clásica para el diseño adecuado de cualquier puesto de trabajo:

- *Principio de la importancia: los elementos más importantes deben estar en los lugares más accesibles.*
- *Principio de la frecuencia de uso: los elementos usados más a menudo deben estar en los lugares más accesibles.*
- *Principio de funcionamiento: los elementos con funciones similares deben estar agrupados (ceranos).*



■ **Figura 1** ■ **Porcentaje de accidentes en jornada de trabajo por sobreesfuerzos sobre el sistema musculoesquelético respecto al total de accidentes en jornada de trabajo**

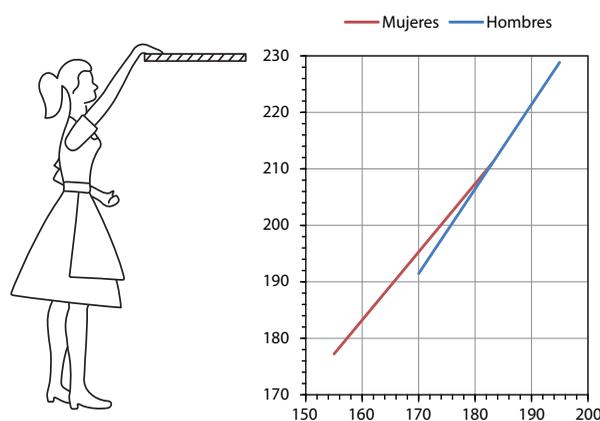


- *Principio de la secuencia de uso: los elementos que comúnmente se usan bajo una secuencia determinada deben estar colocados siguiendo la misma secuencia.*

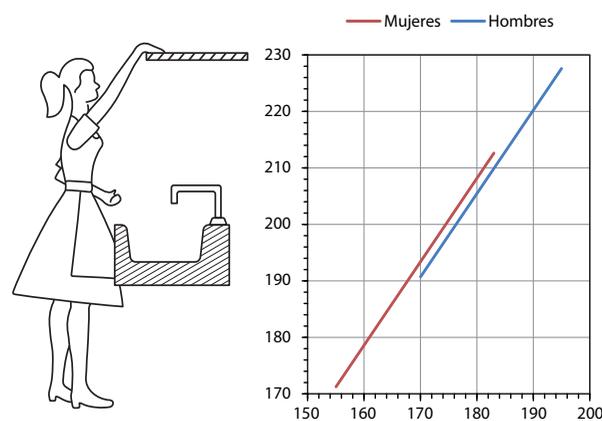
Partiendo del punto de vista de que los puestos de trabajo deberían diseñarse de forma que los trabajadores puedan llevar a cabo las tareas del puesto, sin

que esto suponga un riesgo para su seguridad y salud, estos principios de la distribución racional del puesto de trabajo cumplen su función como guía a la hora de orientar en el diseño de los mismos, si bien no son los únicos aspectos que se tienen que considerar. Sin pretender elaborar una lista exhaustiva, algunos de los factores que se deben tener en cuenta son: el diseño y la organización

■ **Figura 2** ■ Alcance máximo (ordenadas, en cm) en función de la altura (abscisas, en cm) para poner la mano plana en la superficie de un estante



■ **Figura 3** ■ Alcance máximo (ordenadas, en cm) en función de la altura (abscisas, en cm) para poner la mano plana en la superficie de un estante con un obstáculo



de las tareas y del trabajo, las posturas adoptadas durante la realización de las tareas, las características antropométricas de los trabajadores, las zonas de alcance definidas por el movimiento de las extremidades, etc.

Uno de los criterios de diseño de los puestos de trabajo comúnmente aceptado es que la disposición de los controles, herramientas y objetos no deben obligar a los trabajadores a adoptar posturas forzadas. De hecho, algunos autores [7] sugieren que, para disminuir los esfuerzos realizados, tanto los movimientos de las extremidades como las zonas abarcadas por estos movimientos deberían ser lo más pequeños posible.

ZONAS DE ALCANCE Y MODELOS EXISTENTES

Las zonas de alcance de las extremidades superiores hacen referencia al espacio que abarcan las mismas a través de su movimiento articulado. Mediante la determinación de estas zonas de alcance es posible estimar la ubicación de los objetos y de los controles en el puesto de trabajo.

En un trabajo de Farley [8] se definen los conceptos de área normal y de área máxima de trabajo. Si bien estos conceptos han sido objeto de posteriores modificaciones y refinamientos, en su versión más simple, el área máxima de trabajo se define como aquella área que se obtiene haciendo girar el brazo, completamente extendido, alrededor del hombro. De esta forma, el área máxima delimita un espacio en el que se pueden realizar las tareas sin que la postura se vea alterada.

La concepción de área máxima y normal de trabajo para el diseño de los puestos de trabajo está sustentada en el hecho de que el coste fisiológico del trabajador se incrementa a medida que la extensión (alcance) de los miembros superiores aumenta [9], pudiendo generar fatiga, dolor o disminución de la productividad (de la capacidad de ejecutar las tareas). Por ello, desde un punto de vista ergonómico, la bibliografía especializada recomienda, en la medida de lo posible, no exceder los límites del área máxima de trabajo.

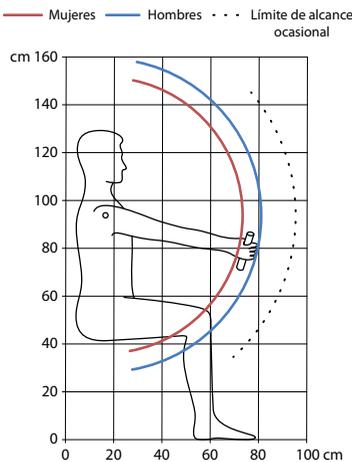
Existen dos vías para estimar las áreas de trabajo: una empírica y otra analítica.

La primera de ellas se basa en la medición de los alcances de las extremidades corporales sobre un conjunto de sujetos. La segunda, por el contrario, se basa en desarrollar un modelo matemático de la extremidad superior que permita calcular estos alcances.

En lo que respecta a la medición empírica de los alcances de las extremidades superiores, existen numerosas publicaciones al respecto, cada una de ellas utilizando distintos conjuntos de personas y empleando diferentes técnicas para hacer las mediciones. A modo de ejemplo, se mencionan tres trabajos que destacan respecto del resto por su repercusión e influencia en la bibliografía ergonómica.

Thiberg [10] estimó la correlación entre la altura del cuerpo y el alcance máximo en el plano sagital en una muestra formada por 45 hombres y 45 mujeres suecas. De esta forma, desarrolló distintas regresiones lineales para el alcance en estanterías bajo diferentes supuestos: con una mano (figura 2), con dos manos, con un obstáculo de por medio (figura 3), etc.

Figura 4 Alcances en el plano sagital según Grandjean



Por su parte, Grandjean [11] propuso unos límites de alcance máximo en el plano sagital en la posición sentado (figura 4) que han sido reproducidos repetidamente en la bibliografía ergonómica ([12] y [13]).

Así mismo, la NASA [14] también publicó un estudio sobre los alcances funcionales de 20 hombres y 30 mujeres de las fuerzas aéreas estadounidenses para el diseño de equipos de la industria aeroespacial (figura 5).

MODELO CINEMÁTICO DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

Kee y Karwowski [15] mostraron que se pueden obtener resultados idénticos a los empíricos, en términos de alcance máximo, mediante el desarrollo de modelos cinemáticos.

La extremidad superior presenta un movimiento complejo cuya representación cinemática puede conllevar varios grados de dificultad en función de los grados de libertad con los que se desee trabajar. Por una parte, los modelos con mayor número de grados de libertad reproducen más fielmente los movimientos de la extremidad superior pero, por otra, requieren una mayor exigencia computacional. Por ejemplo, Yang y Abdel-Malek [16] desarrollaron un modelo de la extremidad superior con nueve grados de libertad como parte de un modelo de todo el cuerpo de 89 grados de libertad.

Para el cálculo de la zona de alcance máximo se ha optado por utilizar un modelo con cuatro grados de libertad. Este número de grados es suficiente para permitir el cálculo del alcance

Figura 5 Alcances en posición sentado según datos de la NASA

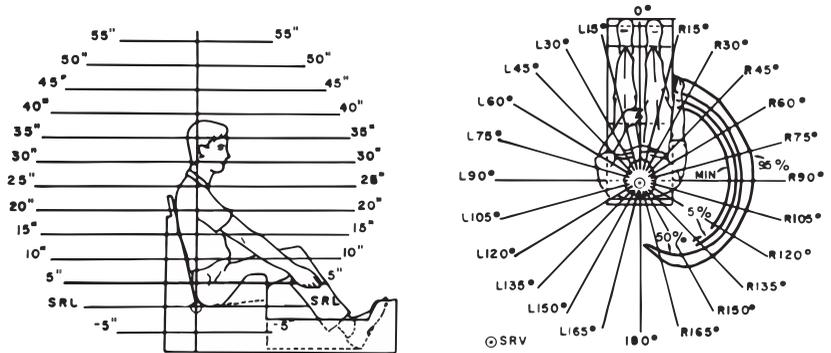


Tabla 1 Grados de libertad del modelo y su interpretación fisiológica

Variable	Articulación	Movimiento	Sentido positivo
q ₁	Hombro	Abducción/aducción	Abducción
q ₂	Hombro	Flexión/extensión	Extensión
q ₃	Hombro	Rotación	Sentido horario
q ₄	Codo	Flexión/extensión	Extensión

máximo y, al mismo tiempo, simplificar el desarrollo analítico del modelo. La ecuación 1 muestra dicho modelo de la extremidad superior con cuatro grados de libertad.

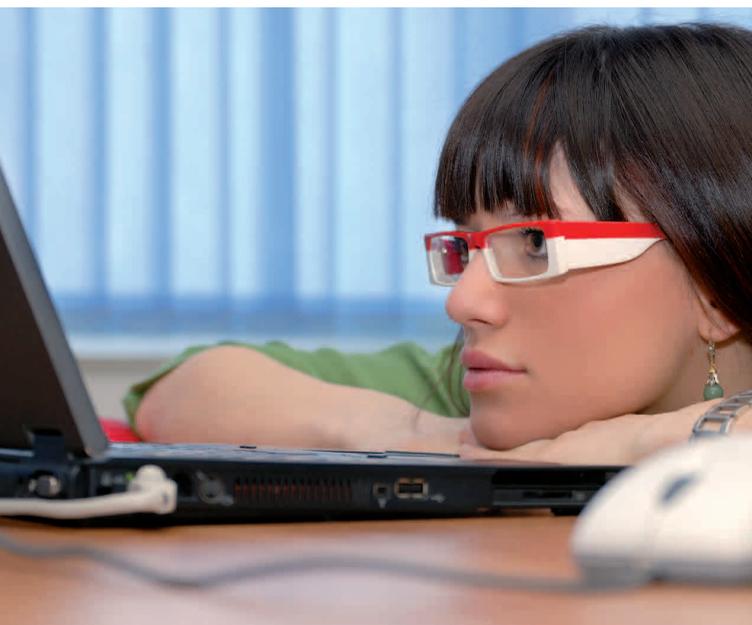
$$A = \begin{pmatrix} (\text{sen } q_1 \text{ sen } q_2 \text{ cos } q_3 - \text{cos } q_1 \text{ sen } q_3) L_2 \text{ sen } q_4 - \text{sen } q_1 \text{ cos } q_2 (L_1 + L_2 \text{ cos } q_4) \\ -(\text{cos } q_1 \text{ sen } q_2 \text{ cos } q_3 + \text{sen } q_1 \text{ sen } q_3) L_2 \text{ sen } q_4 + \text{cos } q_1 \text{ cos } q_2 (L_1 + L_2 \text{ cos } q_4) \\ -\text{cos } q_2 \text{ cos } q_3 L_2 \text{ sen } q_4 - \text{sen } q_2 (L_1 + L_2 \text{ cos } q_4) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Esta ecuación expresa la relación entre los sistemas de coordenadas del hombro y de la mano, que se representan, respectivamente, con los subíndices 1 y 7 en las coordenadas (x, y, z) de la figura 6. Es decir, la ecuación devuelve las tres coordenadas cartesianas de la posición de la mano relativas a la posición del hombro. Para ello, se precisa el uso de 6 variables, que pueden diferenciarse en dos grupos:

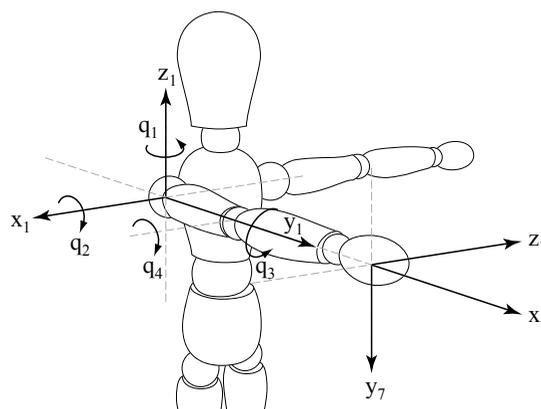
- **Ángulos de rotación.** Las variables q₁, q₂, q₃ y q₄ constituyen los grados de libertad del modelo cinemático y están relacionadas con los movimientos de las articulaciones corporales. Los tres primeros ángulos (q₁, q₂ y q₃) corresponden al hombro, mientras que el último ángulo (q₄) corresponde al codo.

La interpretación fisiológica de estos ángulos, así como el sentido positivo de sus valores, se recoge en la tabla 1.

- **Longitudes.** Las variables L₁ y L₂ son las dimensiones antropométricas de la extremidad superior. En concreto, L₁ es la



■ **Figura 6** ■ Ejes de coordenadas del hombro y de la mano para un modelo cinemático de 4 grados de libertad



longitud del brazo y L_2 es la del antebrazo.

El modelo cinemático presentado permite caracterizar y modelar el movimiento de la extremidad superior sin ningún tipo de restricción adicional a las inherentes al propio modelo. Es decir, se trata de un modelo que contempla todos los movimientos de la extremidad sin imponer ninguna limitación ni condición al movimiento de la misma y, por ello, el modelo engloba todos los puntos que se pueden alcanzar con la mano. La figura 7 muestra el espacio máximo abarcado por la extremidad superior de acuerdo con el modelo presentado.

De igual forma, este modelo permite realizar el proceso inverso: partiendo de unas coordenadas concretas de la mano, es posible calcular los valores de los ángulos corporales asociados a dicha posición de la mano. Este proceso inverso tiene especial utilidad en el ámbito ergonómico, principalmente en el proceso de diseño de los puestos de trabajo. Por ejemplo, podría darse la situación de que los objetos necesarios para la realización de una tarea estuviesen ubicados en una posición tal que, para alcanzarlos, los ángulos del hombro y del codo superasen los límites recomendados según los criterios de los métodos de evaluación

postural. Mediante la imposición de restricciones en los valores de las variables q_1 , q_2 , q_3 y q_4 en la ecuación 1, de forma que estos se ajusten a las recomendaciones técnicas, se obtendrá una postura del miembro superior, así como una nueva ubicación de los objetos del puesto, que tendrán asociada una menor carga postural. Si bien los pormenores de este proceso quedan fuera del objeto de este

artículo, pueden consultarse en la nota técnica de prevención (NTP) 991 [17], así como en otras publicaciones [18].

ALCANCE MÁXIMO EN EL PLANO SAGITAL

Este modelo cinemático puede adaptarse para su aplicación a situaciones

■ **Figura 7** ■ Alcance máximo en mm abarcado por el movimiento de la extremidad superior. El acromion está situado en el punto (0, 0, 0)

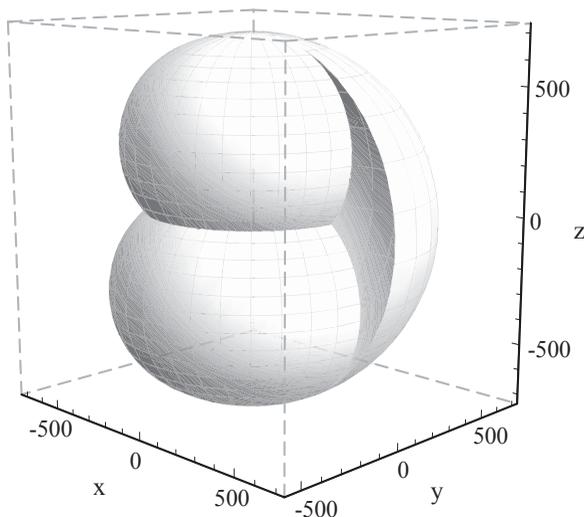
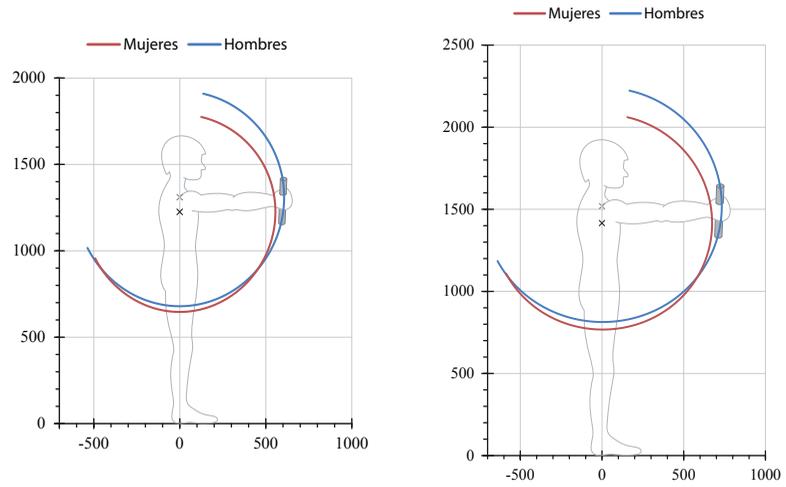


Figura 8 Alcance en mm en posición de pie y en el plano sagital para el percentil 5 (izquierda) y 95 (derecha) de la población laboral española masculina y femenina



más específicas, como, por ejemplo, el alcance en el plano sagital. Si bien los ya mencionados trabajos de Thiberg [10] y Grandjean [11], entre otros, constituyen ejemplos clásicos de mediciones empíricas del alcance en el plano sagital, no es adecuado suponer que sus resultados sean extrapolables a la población laboral española.

Para que el modelo cinemático planteado en la ecuación 1 reproduzca el movimiento de la extremidad superior en el plano sagital, hay que tener en cuenta que, en esta situación, no existe abducción/aducción del hombro, por lo que $q_1 = 0$ y, además, el brazo está totalmente extendido, por lo que tampoco existe flexión/extensión del codo y $q_4 = 0$. Sustituyendo estos valores en la ecuación 1, se obtiene la expresión correspondiente al alcance en el plano sagital para la posición de pie donde, además, se ha desplazado el origen del sistema de coordenadas a lo largo del eje z para situarlo a nivel del suelo mediante la inclusión de la variable H_h (altura del hombro) en la componente z (ecuación 2).

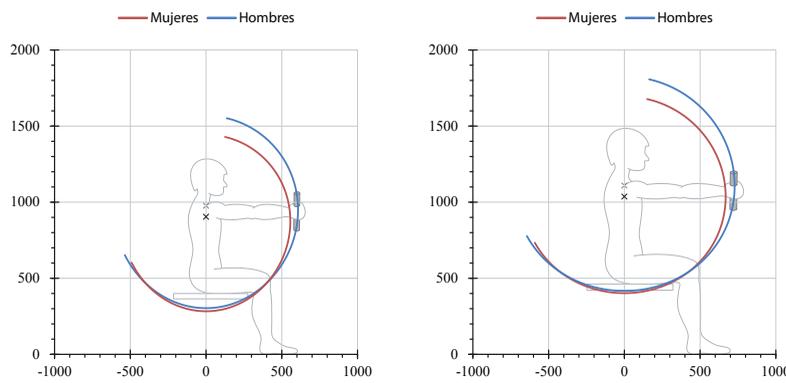
$$A_{sagital\ de\ pie} = \begin{pmatrix} 0 \\ \cos q_2 (L_1 + L_2) \\ H_h - \sin q_2 (L_1 + L_2) \end{pmatrix} \quad (2)$$

Finalmente, y con el propósito de reducir el número de variables presentes en la ecuación 2, la longitud de la extremidad superior ($L_1 + L_2$) se sustituye por la diferencia entre la altura del hombro y la altura de la mano ($H_h - H_m$). La ecuación 3 recoge estas modificaciones.

$$A_{sagital\ de\ pie} = \begin{pmatrix} 0 \\ \cos q_2 (H_h - H_m) \\ H_h - \sin q_2 (H_h - H_m) \end{pmatrix} \quad (3)$$

Utilizando los datos antropométricos publicados por Carmona ([19] y [20]), se puede hacer una representación grá-

Figura 9 Alcance en mm en posición sentado y en el plano sagital para el percentil 5 (izquierda) y 95 (derecha) de la población laboral española masculina y femenina



fica de este alcance en función del sexo y del percentil poblacional. Si bien para ello se requiere calcular la varianza de la expresión 3, se ha soslayado este paso por ser tedioso y por hallarse ya publicada la expresión correspondiente en la NTP 1050 [21].

La figura 8 muestra los alcances en el plano sagital en posición de pie para los

percentiles 5 y 95 de la población laboral española masculina y femenina. Si bien salta a la vista que los alcances para el percentil 95 son mayores que para el percentil 5, y que el alcance es mayor en los hombres que en las mujeres, un detalle más sutil, pero importante para la correcta interpretación de los resultados, es la diferencia en la altura del hombro al comparar las curvas de alcance de cada sexo.



Por ejemplo, en la figura 8 se observa que las curvas para los hombres y para las mujeres no son concéntricas y, por este motivo, existen zonas en las que las coordenadas del alcance son mayores en el caso de los hombres y existen otras en las que son mayores en el caso de las mujeres. Es decir, la curva de las mujeres llega a puntos más bajos que la curva de los hombres, mientras que la curva de los hombres llega a puntos más altos que la de las mujeres.

La misma ecuación 3 puede utilizarse para calcular el alcance sagital en posición sentado. No obstante, en esta situación la variable altura del hombro (H_h) se refiere a la posición sentado en lugar de en posición de pie. Por este motivo, en la ecuación 3 se ha sustituido este valor por la altura del hombro sentado (H_s) más la altura poplítea (H_p); es decir, $H_h = H_s + H_p$, tal y como se muestra en la ecuación 4.

$$A_{\text{sagital, sentado}} = \begin{pmatrix} 0 \\ \cos q_2 (H_h - H_m) \\ (H_s + H_p) - \sin q_2 (H_h - H_m) \end{pmatrix} \quad (4)$$

De igual forma que en la posición de pie, para calcular el alcance correspondiente a un determinado percentil poblacional se requiere calcular la varianza de

la ecuación 4, cuya expresión se halla, de nuevo, expuesta en la NTP 1050 [21].

En la figura 9 se muestran los alcances en el plano sagital en posición sentado para los percentiles 5 y 95 de la población laboral española masculina y femenina. Puede comprobarse que, de nuevo, los arcos no son concéntricos debido a la diferencia en la altura del hombro en cada caso.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Mediante el adecuado diseño de los puestos de trabajo es posible minimizar los movimientos y las posturas forzadas. Para ello, algunos investigadores sostienen que los objetos necesarios para la realización de las tareas no deberían situarse más allá del área máxima de alcance.

En este texto se han presentado diferentes formas de estimar esta área máxima en el plano sagital agrupadas en dos grandes bloques: aquellos métodos basados en la medición empírica de los alcances y aquellos otros basados en el desarrollo de modelos cinemáticos de la extremidad superior.

De entre las distintas publicaciones basadas en la medición directa del al-

cance máximo en el plano sagital, se han presentado algunos de los trabajos más frecuentes en el ámbito de la ergonomía. La principal ventaja de estos métodos estriba en que los datos así obtenidos son el reflejo más fiel posible, teniendo en cuenta el error experimental asociado, del alcance máximo de la extremidad superior. Aunque existen otros trabajos además de los aquí mencionados, todos ellos intentan minimizar dicho error experimental.

A diferencia de los métodos de medición directa, el uso de un modelo cinemático para el cálculo de los alcances supone un coste menor y permite ser adaptado con mayor facilidad a los cambios morfológicos y antropométricos que se producen en las poblaciones a lo largo del tiempo ([22] y [23]).

En este artículo se presenta un modelo cinemático de la extremidad superior que simula el movimiento del brazo en el espacio. Con carácter genérico, dicho modelo permite estimar tanto la posición final de la mano en relación con el hombro (cinemática directa) como conocer los ángulos de la extremidad para una posición determinada de dicha mano (cinemática inversa).

Este modelo analítico se puede ajustar a situaciones más específicas imponiendo condiciones y restricciones. En este artículo se ha adaptado dicho modelo para calcular el alcance máximo en el plano sagital en posición de pie y sentado. Empleando los datos antropométricos de la población laboral española, se han calculado los alcances máximos para los percentiles 5 y 95 de las poblaciones masculina y femenina. El alcance máximo define el límite en el que se pueden realizar las tareas

sin que se lleguen a adoptar posturas forzadas. Por ello, desde un punto de vista ergonómico, no se recomienda un diseño del puesto de trabajo que implique sobrepasar dicho límite para realizar las tareas.

Las curvas de alcance máximo aquí presentadas pretenden ofrecer una aproximación más fidedigna, en base a las características antropométricas de la población laboral española, que las curvas empíricas publicadas en otros traba-

jos, ya que estas últimas se basan en las mediciones realizadas en muestras de población extranjera, mientras que las primeras no dependen de la antropometría de una población específica sino que sirven para cualquier población. Así mismo, se comprueba que, a diferencia de otras propuestas, las curvas de alcance máximo en el plano sagital no son concéntricas, ya que la altura del hombro es siempre diferente en función del percentil y del sexo de la población. ●

■ Bibliografía ■

- [1] Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales. BOE núm. 269 de 10/11/1995.
- [2] C. Díaz Aramburu y Á. de Vicente Abad, *Accidentes de trabajo por sobreesfuerzos. 2015*, Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2015.
- [3] G. Mohammadi, "Risk factors for the prevalence of the upper limb and neck work-related," *Journal of Musculoskeletal Research*, vol. 15, nº 1, pp. 1250005-1250013, 2012.
- [4] Eurofound, Sixth European Working Conditions Survey – Overview report, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016.
- [5] Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE núm. 97 de 23/04/1997.
- [6] E. J. McCormick, *Ergonomía*, Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A., 1980.
- [7] B. Das y D. Behara, "Three-Dimensional Workspace for Industrial Workstations", *Human Factors*, vol. 40, nº 4, pp. 633-646, 1998.
- [8] R. R. Farley, "Some principles of methods and motion study as used in development work", *General Motors engineering journal*, pp. 20-25, 1955.
- [9] A. K. Sengupta y B. Das, "Determination of worker physiological cost in workspace reach envelopes", *Ergonomics*, vol. 47, nº 3, pp. 330-342, 2004.
- [10] S. Thiberg, *Anatomy for planners II-IV, R12:1970*, Stockholm: Statens institut för byggnadsforskning, 1970.
- [11] E. Grandjean, *Precis d'ergonomie*, Paris: Les éditions d'organisation, 1983.
- [12] Health and Safety Executive, *Seating at work*, 1997.
- [13] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, *Ergonomía*, 2004.
- [14] NASA, *Anthropometric source book volume I: anthropometry for designers*, Yellow Springs, Ohio: Webb Associates, 1978.
- [15] D. Kee y W. Karwowski, "Analytically derived three-dimensional reach volumes based on multijoint movements", *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, vol. 44, nº 2, pp. 530-544, 2002.
- [16] J. Yang y K. Abdel-Malek, "The Iowa Interactive Digital-Human Virtual Environment", de *International Mechanical Engineering Congress and RD&D Expo*, Anaheim, CA, 2004.
- [17] A. Álvarez, NTP 991: *Modelo cinemático y análisis postural de la extremidad superior*, Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2013.
- [18] A. Álvarez y D. Miralles, "Postural analysis and workspace design using an analytically derived inverse kinematics model", *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, vol. 16, nº 2, pp. 187-200, 2015.
- [19] A. Carmona, "Datos antropométricos de la población laboral española", *Prevención, Trabajo y Salud*, nº 14, pp. 22-35, 2001.
- [20] A. Carmona, *Aspectos antropométricos de la población laboral española aplicados al diseño industrial*, Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2003.
- [21] A. Álvarez, NTP 1050: *Alcance máximo en el plano sagital*, Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2015.
- [22] H. Li y Z. Xi, "The measurement of functional arm reach envelopes for young Chinese males", *Ergonomics*, vol. 33, nº 7, pp. 967-978, 1990.
- [23] B. Bonnechère, B. Jansen, P. Salvia, H. Bouzahouene, V. Sholkha, J. Cornelis, M. Rooze y S. Van Sint Jan, "Determination of the precision and accuracy of morphological measurements using the Kinect sensor: comparison with standard stereophotogrammetry", *Ergonomics*, vol. 57, nº 4, pp. 622-631, 2014.