

# ERGONOMÍA EN PUESTOS DE COMPUTADORA

Lilia R. Prado León

Centro de Investigaciones en Ergonomía, Universidad de Guadalajara.

## 1. Antecedentes

La ergonomía proporciona los fundamentos científicos para una aproximación al diseño centrado en el usuario, tanto en aspectos de metodología y técnicas de investigación, así como de un creciente cuerpo de datos descriptivos relativos a los usuarios humanos y relativos a las soluciones de diseño que han sido encontradas satisfactorias.

El diseño centrado en el usuario inicia desde la etapa de planeación. Es necesario empezar con el reconocimiento de las características del usuario y sus restricciones y determinar sus necesidades. "Si un producto, ambiente o sistema ha sido proyectado para uso humano, luego su diseño deberá estar basado en las características de sus usuarios." (Pheasant, 1991).

El objetivo es crear un lugar para que el usuario pueda desempeñar la tarea de manera cómoda, eficiente y segura. El diseño centrado en el usuario es generalmente cíclico. Se basa frecuentemente sobre un análisis de tareas inicial; esto es, una investigación en la cual se trata de obtener una descripción operacional de las acciones con las cuales el usuario se desempeña en su actividad con el objeto y ambiente en cuestión. Esto puede ser realizado por medio de pruebas de usuario, en las cuales una muestra representativa de usuarios prueba un producto existente o uno nuevo. El resultado de esta investigación sugiere modificaciones al diseño-que luego son probadas posteriormente- y el ciclo se repite en sí mismo. Los tradicionales productos artesanales, tales como las herramientas manuales, pueden evolucionar en períodos de tiempo muy largos (siglos) siguiendo un proceso cíclico similar de prueba y error.

En las sociedades industriales actuales, la mayoría de los productos de consumo, tales como la vestimenta, herramientas, máquinas, mobiliario y hasta edificios habitacionales, son producidos en serie en forma masiva. Las exigencias de esta producción obligan al diseñador a considerar al usuario también en forma de grandes grupos de usuarios, de manera que un objeto de forma, tamaño y funciones estandarizadas, tiene que adaptarse al uso de cientos o miles de personas diferentes.(Prado-León y Avila-Chaurand, 2006).

Estas adaptaciones o adecuaciones ergonómicas consisten en la relación armónica entre un elemento del componente Objeto y su correspondiente Factor Humano. El objeto es cualquier elemento o componente producido por el hombre con fines utilitarios, esto es, con el objetivo de facilitarle la realización de una actividad práctica. Por su parte, el factor humano es precisamente el ser humano en interrelación con objetos y el entorno, para realizar una tarea de cualquier índole (Prado-León y Avila-Chaurand, 2006).

De aquí que la Adecuación Antropométrica es la relación óptima entre las dimensiones físicas de un objeto (altura, anchura, profundidad, etc.) y las dimensiones (estructurales o funcionales) de las partes del cuerpo del usuario que entran en contacto directo con ellas durante el funcionamiento del sistema. Por lo tanto, para poder llevar a cabo una adecuación antropométrica, es necesario disponer de datos acerca de las dimensiones corporales de los usuarios a los que va dirigido el producto. Dado que éstas dimensiones varían en razón de la edad, el sexo, la raza, la zona geográfica y hasta individualmente, se requieren bases de datos antropométricos específicamente de la población usuaria.

Las adecuaciones antropométricas son muy importantes, pues son la base sobre la cual se pueden lograr las adecuaciones fisiológicas y biomecánicas (Prado-León, Avila-Chaurand y Herrera-Lugo, 2005)

La ergonOMICIDAD de un producto en general, se basa en su comodidad, seguridad y utilidad; y estas cualidades se relacionan en gran medida con las características antropométricas del usuario. En el caso particular de una estación de trabajo para computadora, estos objetivos ergonómicos son de mayor importancia debido a que el trabajador puede realizar tareas en este mobiliario por muchas horas de manera continua.

Así mismo, el uso de las computadoras se ha extendido en todos los ámbitos de las actividades humanas, tanto de trabajo, de estudio, de entretenimiento y en general como medio de información. Como bien dice Garduño (2004): dado que la información es parte integral de toda actividad humana, todos los procesos de nuestra existencia están moldeados por los nuevos medio tecnológicos, como es el caso del uso de la computadora. El hecho de que en México, el 25.7% de los hogares cuentan con al menos una computadora (Mercado, 2011), nos da un indicativo de la extensión de su uso en nuestro contexto.

La relevancia de la consideración de los aspectos antropométricos en el diseño de éstas estaciones se puede evidenciar en el reporte de la Liberty Mutual Insurance Company, acerca del aumento en las incapacidades debidas a los desórdenes en manos,

muñecas y hombros, ocasionados por el uso cada vez mayor de la computadora (Kroemer y Kroemer, 2001). Así mismo, una gran cantidad de publicaciones (Tullar, Amick, Robertson, Fossel, Coley, Hupert, Jenkins and Katz, 2007; Montreuil, Laflamme, Brisson, y Teiger, 2006; Tepper, Vollenbroek-Hutten, Hermens y Baten, 2003; Kroemer, y Grandjean, 2001, Anshel, 1999, Bernard, 1997) presentan indicadores de que tales desórdenes están relacionados con la disposición y arreglo de la estación de trabajo, incluyendo principalmente fallas en las adecuaciones antropométricas y condiciones de iluminación deficientes. No se puede dejar de lado que se ha sugerido que otros factores tienen también influencia en los desórdenes musculoesqueléticos de extremidad superior, como lo son los factores organizacionales y el estrés psicosocial (American Industrial Hygiene Association, 1994; Moon y Sauter, 1996), los factores personales y el estilo de captura de datos (Baker, y Redfern, 2004).

Desafortunadamente, en México existen pocos datos acerca de los efectos del trabajo con computadora. Támez-González, Ortiz-Hernández, Martínez-Alcántara y Méndez-Ramírez (2003) llevaron a cabo un estudio en 218 trabajadores de computadora en la ciudad de México y encontraron que las mujeres presentaron mayor prevalencia de trastornos musculoesqueléticos. El uso de la computadora se asocia con mayor riesgo de fatiga visual, desórdenes en extremidad superior y problemas dermatológicos.

Por otro lado, los fabricantes de la mayoría de los productos de consumo, incluyendo las estaciones de trabajo para computadora, no consideran los datos de la población mexicana para establecer las dimensiones de su mobiliario, así como para el rango de ajustabilidad del mismo, sino que retoman los estándares extranjeros, principalmente los Norteamericanos.

En este sentido, el presente documento describirá, una metodología sencilla para realizar adecuaciones antropométricas, ejemplificando a través de una estación de trabajo para computadora de personal administrativo de una Institución Educativa, utilizando los datos antropométricos de población mexicana, producidos por el Centro de Investigaciones en Ergonomía (CIE), de la Universidad de Guadalajara, México; así mismo, se compararán las dimensiones de la estación de trabajo para población mexicana en relación con las establecidas a partir de datos antropométricos extranjeros.

Se ha seleccionado el puesto de trabajo denominado “apoyo técnico”, que pertenece a la Unidad de Finanzas, debido a que se encontró en él serias deficiencias en cuanto a las adecuaciones antropométricas en las estaciones de trabajo para computadora, a través de una evaluación que se realizó en Agosto del 2009. Dicha

evaluación se llevó a cabo en 70 estaciones de trabajo de la Institución Educativa, por medio de una lista de chequeo que abarcaba los siguientes aspectos: silla, porta- teclado, monitor, área de trabajo, hábitos personales y de trabajo, y organización del trabajo. Los resultados más relevantes de las 70 evaluaciones, en relación a las adecuaciones antropométricas se describen a continuación.

Para empezar, un problema generalizado que se observó en muchas de las estaciones de trabajo, es que el mobiliario que se usaba para trabajar en computadora no era especialmente diseñado para esta tarea (aproximadamente el 70%), utilizando en lugar de ello, escritorios para trabajo de lápiz y papel. Este hecho, de entrada, hace que los resultados de la evaluación sean negativos desde un punto de vista ergonómico.

Se encontró que más del 87% no tiene la altura de la silla dentro de un rango adecuado ya que el ángulo muslo-pierna no es aproximado a 90°, aunque el 91.4% tenía silla con altura ajustable, el 87.1% no tenía un rango de ajustabilidad de 36 a 50 cm. La mayoría de las sillas contaban con apoyabrazos (95.7%), pero éstos no tenían posibilidad de ajuste. Sólo el 14% contaba con estos componentes móviles. Así mismo, el 67.1% no contaba con porta-teclado, y del 32.1% que si disponía de él, solo el 10% tenían la posibilidad de ajustar su altura. Aunado a ello, la altura del porta-teclado y/o superficie de trabajo, no permitía mantener un ángulo aproximado de 90° en sus ante-brazos, en un 68% de las estaciones evaluadas. Al analizar la ubicación del monitor de la estación de trabajo, se encontró que el 57% del personal necesitaba hacer algún tipo de flexión para enfocar su vista en el monitor, generalmente porque se encontraba demasiado alto (71.4%).

A continuación se presentará la descripción de los pasos para la metodología de la adecuación antropométrica, ejemplificando de manera sintética con la estación de trabajo antes mencionada.

## **2. Metodología para la Adecuación Antropométrica**

**2.1. Análisis de los componentes del sistema.** Este paso incluye la descripción del usuario, y de las actividades a realizar con el o los productos en un entorno determinado con el fin de lograr ciertos objetivos.

En nuestro caso de estudio, las personas que desempeñan este puesto, son cuatro, tres mujeres y un hombre. La edad de las mujeres está entre los 31 y 44 años y el hombre tiene 28 años de edad. Para la adecuación antropométrica del mobiliario, consideraremos un rango más amplio de edades que el de los usuarios actuales: desde

los 18 hasta los 65 años de edad, tanto sexo femenino como masculino. Este rango es conveniente, ya que en México la edad oficial para poder trabajar es a los 18 años de edad y la edad para jubilarse es a los 65 años de edad, en la mayoría de las Instituciones, por lo que es factible que haya personal que labore en las estaciones dentro de este rango de edad.

Las tareas de este puesto consisten en capturar las comprobaciones financieras, sacar copias, revisar documentos y corregirlos. El tiempo dedicado durante una jornada de trabajo de 8 horas al día, de cada una de éstas tareas es variable: la captura de datos entre 2 y 7 horas, la revisión y corrección de documentos entre 1 y 7 horas y el fotocopiado de documentos aproximadamente 1 hora. En el presente análisis, sólo se retomará la tarea de captura que se lleva a cabo en su estación de trabajo para computadora. Como se puede apreciar en la Fig. 1, la estación de trabajo no es para computadora, es un escritorio para trabajos de lápiz y papel y por lo tanto, no tiene portateclado, por lo que la altura no es la adecuada. Con esta operadora se puede observar que el ángulo brazo-antebrazo se aumenta aproximadamente a  $125^\circ$ . Así mismo, aunque la silla tiene apoya-brazos, este no es ajustable y no lo utiliza para apoyarse, al momento de capturar, ya que su altura es baja en relación a la superficie de trabajo. Ella apoya la muñeca en el borde del escritorio, reportando incomodidad y molestia.



Fig 1. Personal de Apoyo Técnico en su estación de trabajo.

Tomando en cuenta el resultado de la evaluación y considerando que el usuario tiene tres puntos de contacto físico con su estación de trabajo; el teclado, el asiento y la pantalla (Pheasant, 1996), se realizará la adecuación antropométrica para: a) altura del asiento, b) altura del apoyabrazos, c) altura de la superficie del teclado y d) altura del monitor.

**2.2. Establecer los principios ergonómicos.** Una vez descritas las tareas que realizan los usuarios dentro del sistema analizado, es necesario identificar los principios ergonómicos aplicables a éstas. Estos principios son el resultado de décadas de estudios ergonómicos enfocados a la identificación de los factores que inciden en la incomodidad y desarrollo de síntomas y enfermedades musculoesqueléticas en estaciones de trabajo, y, consecuentemente, en el establecimiento de lineamientos para el diseño de mobiliario en lugares de trabajo. Por ejemplo, a partir de los principios de la antropometría, la biomecánica y la ortopedia aplicados al diseño del asiento, desde 1982, Drury y Coury establecieron principios básicos. Actualmente, aunque se siguen respetando estos principios como una postura ideal, también ya se ha reconocido ampliamente que el mejor mobiliario es el que permite libertad de movimientos y una variedad de posturas que liberen el esfuerzo estático del trabajo sedentario (Kromer and Kroemer, 2001; Kroemer y Grandjean, 2001).

Es importante hacer notar que en una estación de trabajo sedente, hay que tomar en cuenta la interrelación de los diferentes componentes del sistema, en donde hay que considerar la altura de la superficie de trabajo, el espacio libre para las piernas, la altura de la silla, la altura del monitor, todas ellas relacionadas y cuyas dimensiones son críticas para la comodidad.

Los principios y lineamientos aplicables para las dimensiones de la estación de trabajo para computadora que se establecieron en el paso anterior, son los siguientes:

- a) Evitar la isquemia por compresión en el muslo y el hueco popliteo, para ello, las piernas de los sujetos no deben quedar colgando del asiento, apoyando los pies en el piso, por lo que se recomienda un ángulo aproximado de 90° entre muslos y piernas.

- b) Los hombros deben estar relajados (sin elevarse), los brazos colgar normalmente al lado del cuerpo, descansando en el apoya brazos, con un ángulo brazo-antebrazo aproximado de 90°.
- c) Para capturar en el teclado, las muñecas deben conservar la configuración esquelética óptima (recta, sin sobrepasar los 10 grados desviaciones o flexiones laterales, hacia delante o hacia abajo) y debe haber espacio suficiente debajo de la superficie de trabajo para permitir cabida a las piernas y cierta movilidad de las mismas.
- d) La cabeza-cuello debe conservar la configuración esquelética óptima (cabeza en línea con el dorso o ligeramente flexionada hacia delante) al trabajar con el monitor.

**2.3. Recomendaciones concretas de diseño.** Los principios anteriores, deben traducirse a recomendaciones o requerimientos concretos de Diseño, en las que ya se establece la dimensión antropométrica de referencia y el criterio particular (Pheasant, 1996). Continuando con el ejemplo anterior:

- a) La altura del asiento debe ser igual o menor (50 mm) a la altura poplítea sedente de los usuarios.
- b) El apoya-brazos debe ubicarse un poco debajo de la altura de codo flexionado sedente (25 mm).
- c) La altura de la superficie de trabajo del teclado, a 30-50 mm debajo del codo flexionado, pero considerando también la holgura para el espacio de las piernas, por medio de la altura máxima del muslo más 50 mm.
- d) El punto más alto de la pantalla a la altura de los ojos sedente o un poco más abajo.

**2.4 . Determinar el tipo de adecuación antropométrica.** Las principales aproximaciones para llevar a cabo adecuaciones antropométricas en el diseño son las siguientes:

*Diseño para promedios.* Una idea errónea muy frecuente es que las adecuaciones antropométricas se lleven a cabo en base al promedio de los usuarios. Esto está basado en una concepción equivocada de los estadígrafos de la distribución normal. Desde el punto de vista técnico, el promedio es un dato teórico obtenido de la división de la sumatoria de todos los datos de una muestra, entre el total de datos, es decir, no es un dato real, y los datos reales que por casualidad resultan iguales son excesivamente pocos.

Adicionalmente, este dato promedio sólo indica que alrededor de él se agrupan todos los demás, y nunca que la mayor parte de los datos son iguales a él. Y lo más importante, una adecuación a los datos promedio, deja en graves problemas al menos al 45% de la población que son mayores o menores que el promedio. Retomemos la primera de las adecuaciones establecidas para nuestro ejercicio: la altura del asiento de la silla. Si lo hacemos en base al promedio de las mujeres de 18 a 24 años de edad (de acuerdo a nuestros datos), el valor correspondería a 399 mm, esto significaría que aproximadamente al 45% de la población el borde del asiento le causaría compresión en los muslos o el hueso poplíteo, ya que el asiento estaría hasta 43 mm más alto que su altura poplíteo para las personas del percentil 5 (ver Fig. 2).

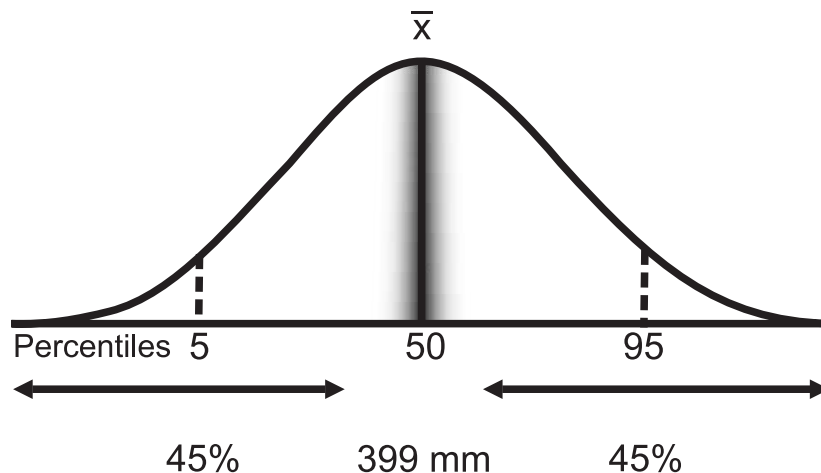


Fig. 2 . Diseño para promedios, donde aproximadamente el 90% de la población queda fuera de esa adecuación antropométrica. El promedio señalado corresponde a la altura poplíteo de mujeres de 18 a 24 años de edad de la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México.

Por último, debido a las tendencias de la evolución, en el futuro habrá mayor variabilidad antropométrica, y menos gente tendiente al promedio. Los tiempos modernos han propiciado la disminución de la selección natural a través de mejoras en el cuidado de la salud y mejoras en las condiciones de vida, aumentando el rango de individuos en una población dada. En otras palabras, una población mostrará un aumento en su variabilidad conforme se relaja la presión de la selección natural.

Esto implica que el concepto de "Sr. y Sra. Promedio" o un tipo de cuerpo ideal será menos válido cada día y los diseñadores deben esperar que los usuarios sean diferentes a ellos mismos. Esta incongruencia sugiere que esto continuará siendo importante medir el aumento de la variabilidad humana a fin de proporcionar la



información necesaria a los diseñadores para que una población usuaria diversa tenga cabida en los productos disponibles en el mercado (Bridger, 1995).

*Diseño individualizado.* Una aproximación común es diseñar el mismo producto en diferentes tallas. La silla Aeron Chair de Herman Miller es un ejemplo de este tipo de diseño, la cual se vende en tres medidas o tallas distintas (chica, mediana y grande), cabe aclarar que esto no significa que no exista el principio de ajustabilidad en su diseño, pero se parte del principio de que la comodidad será óptima si existe una “talla” a partir de la cual parten los ajustes de las diferentes partes de la silla.

Un ejemplo muy popular son las bicicletas, las que pueden encontrarse comercialmente en diferentes tamaños aún siendo del mismo estilo, esta diversidad corresponde a edades, sexo o tallas específicas de usuario, aún así existen ajustes dentro de estructura y sistemas que permiten optimizar aún más su uso (por ejemplo altura del asiento y manubrio). También es posible encontrar objetos y accesorios para niños que tienen diferentes tamaños el cual varía de acuerdo al periodo de desarrollo del infante, por ejemplo: cucharas, vasos, platos, asientos, mesas, juguetes, crayones, etc. (Prado-León, Avila-Chaurand y Herrera-Lugo, 2005).

*Diseño hecho a la medida.* Un caso extremo del diseño individualizado es la personalización o diseño hecho a la medida. Obviamente que esta aproximación cubriría al 100 de la población, sin embargo no es así. El costo que implica un producto diseñado a la medida, debido a que estos productos necesitan ser procesados fuera de las líneas de producción tradicionales, los pone fuera del alcance económico de la mayoría de la población.

Ciertamente, que existen necesidades especiales en donde la relación costo-beneficio determina la elección de este tipo de adecuación antropométrica. Los casos de accesorios para deportistas de alto rendimiento o los trajes para astronautas son un ejemplo de ello (Prado-León, Avila-Chaurand y Herrera-Lugo, 2005)

*Diseño para individuos extremos.* En esta aproximación es necesario considerar los valores extremos de la curva de variabilidad realizando primero una comparación entre los efectos que tendría adecuar una característica del producto, por ejemplo, la altura del asiento, a uno de los extremos de la curva y luego observar los efectos en el usuario del otro extremo, y concluir en la determinación de cuál dimensión de la altura del asiento es la que beneficia más a ambos extremos, y por lo tanto al 90% de la población. Véase la Tabla 1, donde se observa que el valor más pequeño de la altura poplítea es de 312 mm para el percentil 5 del sexo femenino del rango de edad de 55-65 años; y el valor más

alto es de 488 mm para el percentil 95 del sexo masculino de edades entre los 18 a 24 años. Si la altura del asiento se calcula a partir de la medida más alta, sólo el 5% de la población usuaria de este sexo y rango de edad (del percentil 95 al 100) cumplirán con el principio ergonómico de la postura de los muslos-piernas de manera que no cause compresión contra el asiento y los pies se apoyen en el piso. Si se retoma el otro extremo, y consideramos la altura del asiento en base al valor de 312 mm el 95% de los usuarios, de ambos sexos y de todos los rangos de edad, cumplirán con el principio y la recomendación de diseño de que la altura del asiento sea igual o menor a su altura poplítea, evitando con esto la isquemia por compresión (ver Fig. 3). Aunque para los individuos de los percentiles más altos, la altura del asiento será mucho menos que 50 mm que su altura poplítea, lo cual es la recomendación precisa, esta diferencia no ocasionará la isquemia, sólo que se eleven más los muslos, reduciendo el ángulo muslo-pierna, siendo esto menos perjudicial que el caso contrario, donde cuelgan las piernas. Sin embargo, habría que tomar en cuenta el efecto que pudiera tener la silla baja en relación con la altura de la superficie de trabajo, recordando que es un sistema donde los diversos componentes están interrelacionados.

*Diseño ajustable.* Una alternativa mejor para el diseño con adecuación antropométrica es manufacturar productos cuyas dimensiones críticas de uso pueden ser ajustadas por los usuarios mismos. De esta manera se asegura que se adecue perfectamente a la mayoría de la población. La ajustabilidad hace posible que el producto se adapte a las medidas del cuerpo. Puede considerarse que es una de las mejores opciones ya que dada la variabilidad en las dimensiones de las personas permite “acoplar” el diseño específico a cada individuo, abarcando generalmente al 90% de la población, pues el rango de ajuste casi siempre es del percentil 5 al 95.

Sin embargo, para lograr esta ajustabilidad se requieren muy frecuentemente de sistemas mecánicos o eléctricos complejos que elevan el costo del producto, en relación a uno similar de dimensiones fijas; pero dependiendo de la relación costo-beneficio, ésta aproximación ha sido útil en varios casos, como en la silla para trabajar en computadora. Además del costo, otro problema en ésta aproximación es el trabajo extra que implica para el usuario el ajuste y también que generalmente no sabe cuál es el mejor ajuste.

*Diseño Universal.* En los últimos años se ha venido difundiendo la propuesta del diseño universal. El diseño universal es un proceso intencionado que incluye a todos los grupos de usuarios en el diseño de productos o medio ambiente. Particularmente, en lo que se refiere a los aspectos antropométricos, hace referencia a proporcionar el tamaño

Tabla 1. Dimensiones antropométricas de hombres y mujeres de 18 a 65 años de edad de la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México.

	Mujeres										Hombres									
	18-24 (n=209)		25-34 (n=195)		35-44 (n=202)		45-54 (n=260)		55-65 (n=81)		18-24 (n=196)		18-24 (n=196)		18-24 (n=196)		45-54 (n=116)		45-54 (n=116)	
	Percentiles																			
	5	95	5	95	5	95	5	95	5	95	5	95	5	95	5	95	5	95	5	95
1.- altura poplítea, sentado	356	439	345	422	345	422	337	401	312*	408	400	488**	383	456	373	450	368	455	375	444
2.- altura codo flexionado, sentado	216	256	236	265	228	266	224	266	197*	255	212	268	224	279	236	274	209	280**	201	265
3.- altura de la holgura del muslo	122	164	124	168	130	168	127	174**	122	172	121	164	125	165**	126	162	126	153	122	154
4.- altura de los ojos, sentado	695	778	689	778	682	771	669	755	643*	755	736	841**	733	835	723	823	709	802	693	811

\*valor mínimo  
\*\*valor máximo

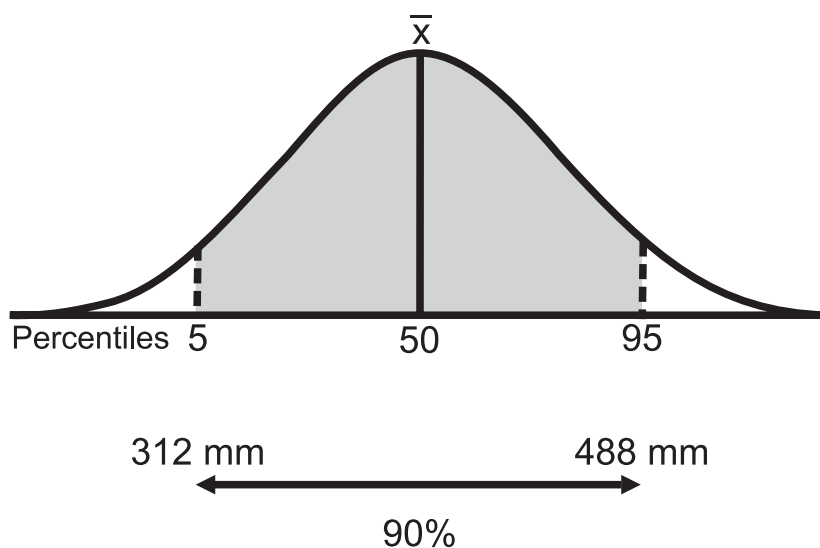


Fig. 3. Diseño para los extremos, donde aproximadamente el 90% de la población se abarca en la adecuación antropométrica. El valor del percentil 5 corresponde a la altura poplítea de mujeres de 55 a 65 años de edad y el valor del percentil 95 a la altura poplítea de hombres de 18-24 años de edad de la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México.

apropiado y el espacio para su aproximación, alcance, manipulación y uso sin importar el tamaño del cuerpo del usuario (Beecher y Paquet, 2005). Esto puede ser técnicamente posible ya que la variabilidad antropométrica no es infinita. Por ejemplo, desde este enfoque a partir de nuestros datos, el rango de ajuste de la altura del asiento de la silla debería ir desde el valor mínimo del sexo femenino del rango de edad de 55-65 años, hasta el valor máximo del sexo masculino de edades entre los 18 a 24 años, o sea de 288 mm a 517mm (ver Fig. 4).

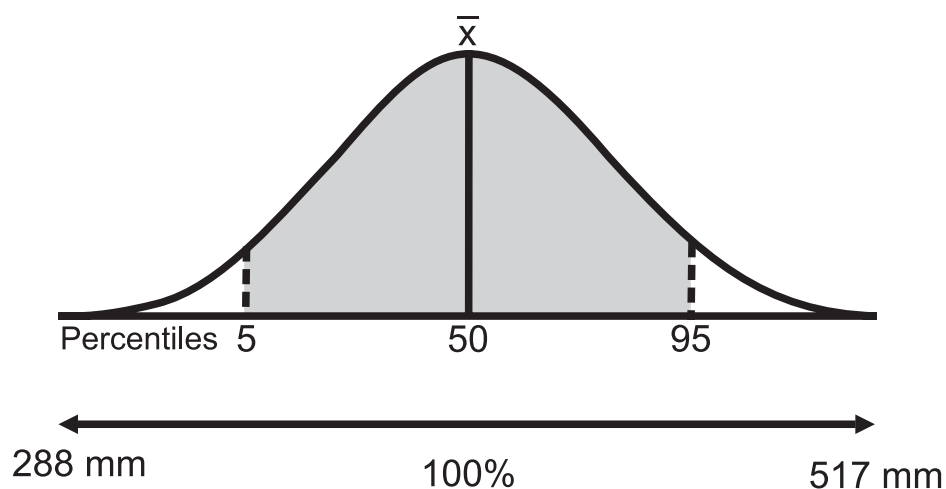


Fig. 4. Diseño Universal, donde se abarca el 100% de la población usuaria en la adecuación antropométrica. Los valores mínimos y máximos corresponden a la altura poplíteica de hombres de 18 – 24 años de edad de la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México.

En México, este rango de ajuste no existe en el mercado, sin embargo, sería conveniente y muy beneficioso que los fabricantes consideraran un diseño universal, en aquellos productos en que esto sea factible de llevar a cabo.

Existen casos en los que el diseño universal ha sido aplicado para incluir a los discapacitados dentro de la población usuario, denominándolo como “accesibilidad”. Un ejemplo de esto es la amplitud de los elevadores para que pueda ingresar una silla de ruedas. Si puede entrar una silla de ruedas a un elevador, en relación a la dimensión, también puede entrar un usuario caminando del percentil 100 de anchura máxima del cuerpo y entonces se trata de un diseño universal o diseño para todos.

La decisión en relación a cuál tipo de aproximación utilizar, incluye en primer lugar, el análisis de la necesidad de un diseño ajustable, o no, de acuerdo al tipo de tarea que se realiza con el mueble o producto, la duración de la tarea, y los efectos de la misma con un tipo de diseño u otro. También incluyen consideraciones que tienen que ver con las posibilidades de producción en masa y la relación costo-beneficio.

En el caso que nos ocupa, determinamos que la altura de la superficie de trabajo y la altura del asiento de la silla, así como el apoya-brazos sean ajustables. Lo anterior tomando en cuenta las siguientes consideraciones: el personal que labora en esta estación puede trabajar hasta 7 horas continuas capturando, por lo que el mobiliario ajustable a los rangos antropométricos de la población usuaria es imprescindible, de lo contrario se puede producir dolor, incomodidad o hasta una enfermedad musculoesquelética. Por otro lado, Verbeek, (1991; citado por Bridger, 1995) menciona que la altura poplítea y la del codo en la práctica no tienen una correlación fuerte, por lo que es necesario que la altura del asiento y del escritorio sean ajustables. Y, por último, las diferencias antropométricas encontradas en los datos de la población usuaria son de una magnitud considerable, por lo que un mobiliario que no fuera ajustable no podría adaptarse a éstas diferencias. De esta manera, estableceremos los rangos de ajustabilidad de la silla en cuanto a la altura del asiento y del apoya-brazos, el rango de ajustabilidad del porta-teclado y de la altura del monitor. En cuanto a ésta última, se establecerán los rangos mínimo y máximo, aunque en México no es muy factible conseguir un dispositivo para ajustar la altura, generalmente ésta se eleva colocando libros o algún otro objeto que pueda sostener el monitor.

**2.5. Seleccionar el percentil adecuado.** Como se observó en el paso anterior, la selección del percentil depende en gran parte del tipo de aproximación establecida.

Lo que no se debe perder de vista es que una adecuación antropométrica efectiva debe lograr que el producto pueda ser utilizado respetando los principios ergonómicos requeridos para cuando menos el 90% de los usuarios, por ello es que ha sido una práctica común desde hace muchos años realizar las adecuaciones de cualquier tipo tomando como base los percentiles 5 y/o 95.

En el caso que nos ocupa, seleccionamos los percentiles 5 y 95 del sexo y rango de edad en el que el valor fué el mínimo y el mayor, para abarcar al 90% de la posible población usuaria, como se puede observar en la Tabla 1.

**2.6. Extraer la dimensión humana de las tablas antropométricas correspondientes a la población usuaria.** Como ya se ha mencionado anteriormente, se requiere de

disponer de datos antropométricos de la población que va a utilizar el mueble. En nuestro caso de estudio, usaremos los datos inéditos generados por medio de un estudio de campo antropométrico, realizado por el CIE, en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México, en el año 2004, con una muestra total de 2103 sujetos de ambos sexos, agrupados en los siguientes grupos de edades: 15-17, 18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-65.

En la Tabla 1 se pueden observar los datos antropométricos a utilizar en las adecuaciones antropométricas de nuestro ejemplo.

Hay ocasiones en que no disponemos de una dimensión en la base de datos consultada, pero es posible hacer un cálculo muy aproximado a partir de otras dimensiones. Por ejemplo, si no disponemos de la dimensión altura de codo flexionado-asiento, ésta se puede obtener restando de la estatura la altura de codo flexionado de pie y restando ésta diferencia de la estatura sedente (ver Fig. 5).

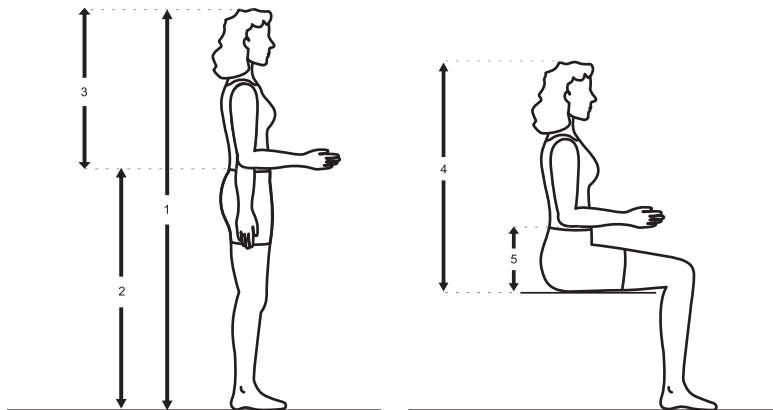


Fig. 5. Representación gráfica de la obtención de la altura codo-flexionado sedente (5), a partir de otras dimensiones: a la estatura (1) se le resta la altura codo flexionado de pie (2) y entonces la diferencia resultante es la altura codo flexionado-cabeza (3); a la estatura sedente (4) se le resta la anterior (3) y la diferencia es el equivalente a la medida de la dimensión altura apoyabrazos-asiento (5).

**2.7. Considerar las holguras.** Las holguras son las tolerancias que permiten dar cabida a las diferentes partes del cuerpo, incluyendo en muchas ocasiones el cuerpo completo, movimientos o consideraciones de ropa o equipo especial del usuario (Prado-León, Avila-Chaurand y Herrera-Lugo, 2005).

Para la altura del asiento y de la superficie de trabajo, la holgura a considerar es el tacón. Para ésta holgura se ha sugerido agregar a la altura 25 mm para los hombres y 75 mm para las mujeres (Tayyari, 1997). Sin embargo, dado que en el caso que se está analizando el valor mínimo de las alturas es para el percentil 5 del rango de 55 – 65 años de edad, en mujeres, y generalmente en nuestro contexto social estas usuarias usan

tacón bajo, se decidió considerar también para las mujeres la holgura de 25 mm.

Adicionalmente, para la altura de la superficie de trabajo también hay que considerar la holgura del muslo.

## 2.8. Hacer las operaciones aritméticas correspondientes.

a) Altura del asiento (valor mínimo) = altura poplítea\* – lineamiento ergonómico+ holgura tacón

a) Altura del asiento (valor mínimo) =  $312 - 50 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 287$

a) Altura del asiento (valor máximo) = altura poplítea\*\* – lineamiento ergonómico+ holgura tacón

a) Altura del asiento (valor máximo) =  $488 - 50 + 25 = 463$

b) Altura del apoyabrazos (valor mínimo) = altura codo flexionado\* - lineamiento ergonómico

b) Altura del apoyabrazos (valor mínimo) =  $197 - 25 = 172$

b) Altura del apoyabrazos (valor máximo) = altura codo flexionado\*\* - lineamiento ergonómico

b) Altura del apoyabrazos (valor máximo) =  $280 - 25 = 255$

c) Altura de la superficie del teclado (valor mínimo) = altura del asiento\* + altura del apoya brazos\*

c) Altura de la superficie del teclado (valor mínimo) =  $287 + 172 = 459$

c) Altura de la superficie del teclado (valor máximo) = altura del asiento\*\* + altura del apoya brazos\*\*

c) Altura de la superficie del teclado (valor máximo) =  $463 + 255 = 718$

d) Altura del monitor (valor mínimo) = altura del asiento\* + altura ojo

d) Altura del monitor (valor mínimo) =  $287 + 643 = 930$

d) Altura del monitor (valor máximo) = altura del asiento\*\* + altura ojo

d) Altura del monitor (valor máximo) =  $463 + 841 = 1304$

\*Valor mínimo

\*\*Valor máximo

**2.9. Simulación del sistema.** Combinar todos los valores de diseño obtenidos en una simulación hecha en base a dibujo a escala, maqueta o modelo por computadora para averiguar que son compatibles.

La fig. 6 presenta la simulación bidimensional a escala (1:10) de las medidas determinadas para el percentil 5 de mujeres de 55 a 65 años de edad y la Fig. 7 para el percentil 95 de hombres de 18 – 24 años de edad



Fig. 6. Simulación bidimensional de la adecuación antropométrica para los valores mínimos del rango de ajuste de a) altura del asiento = 287 mm, b) altura apoya-brazos-asiento = 172 mm, c) altura de la superficie del portateclado = 459 mm, y d) altura del borde superior de la pantalla = 930 mm. Escala 1:10.

La simulación es un paso muy importante ya que es en éste donde nos podemos dar cuenta de errores y de la interrelación de los diversos elementos. En este ejemplo, al hacer la simulación, se encontró que sí se utilizaba el lineamiento para la superficie del teclado que expresa que el ideal es 30-50 mm debajo del codo flexionado, nos daría, (considerando 40 mm, como un promedio entre el rango de 30 – 50 mm y 25 mm del tacón):

- Altura de la superficie del teclado (valor mínimo) = altura codo flexionado-piso – 40 mm + 25, donde la altura codo flexionado-piso, puede obtenerse de la suma de la altura poplítea + altura codo flexionado-asiento:  $312 + 197 = 509$

Altura de la superficie del teclado (valor mínimo) =  $509 - 40 + 25 = 494$



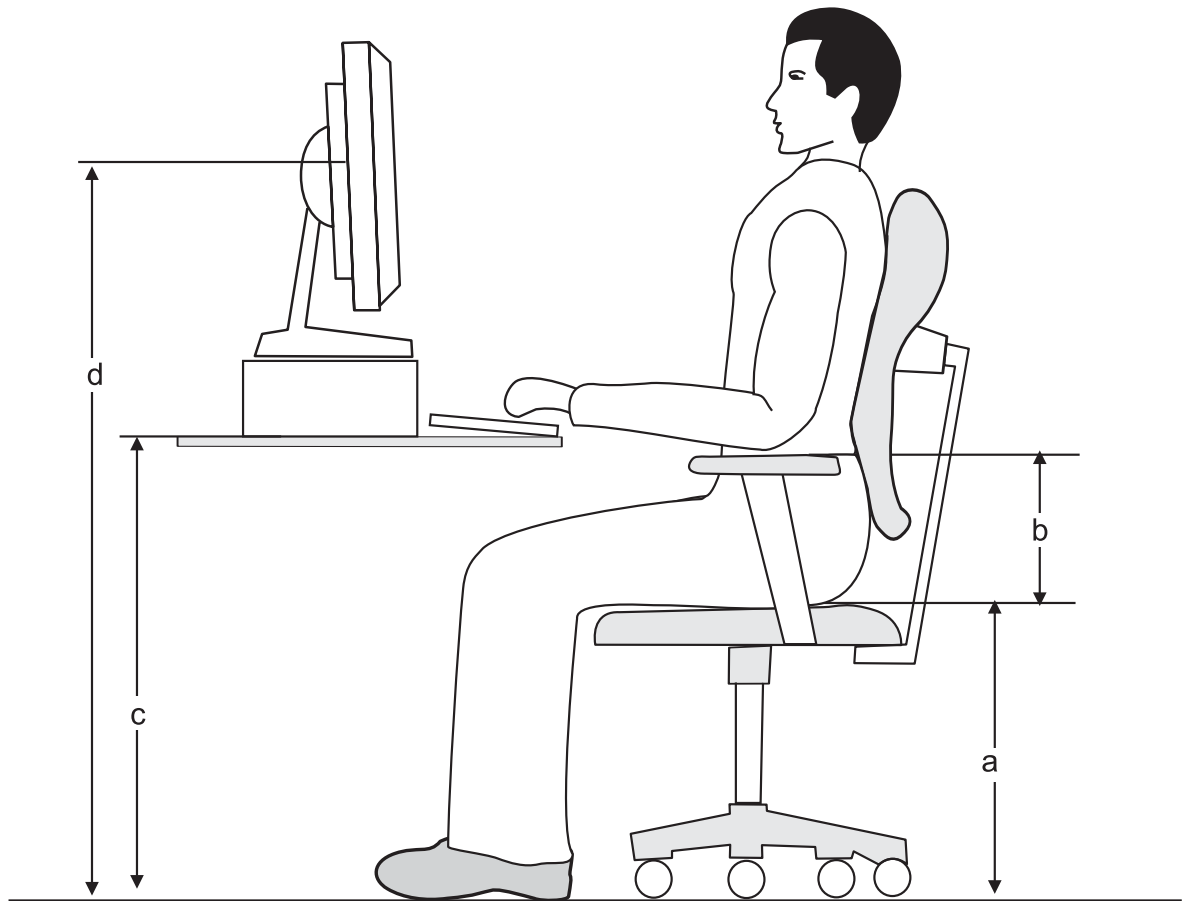


Fig. 7. Simulación bidimensional de la adecuación antropométrica para los valores mínimos del rango de ajuste de a) altura del asiento = 463 mm, b) altura apoya-brazos-asiento = 255 mm, c) altura de la superficie del portateclado = 718 mm), y d) altura del borde superior de la pantalla = 1304 mm. Escala 1:10.

- Altura de la superficie del teclado (valor máximo) = altura codo flexionado-piso – 40 mm + 25, donde la altura codo flexionado-piso, puede obtenerse de la suma de la altura poplítea + altura codo flexionado-asiento:  $488 + 280 = 768$   
 Altura de la superficie del teclado (valor mínimo) =  $768 - 40 + 25 = 753$

Al poner en la simulación bidimensional estas dimensiones, entonces la altura de la superficie quedaba tanto para hombres como para mujeres, 35 mm más arriba que la altura del apoya-brazos de la silla, lo que podría implicar una desviación de la muñeca.

Por lo tanto, se decidió hacer el cálculo de la altura de la superficie del teclado en base a la altura del apoyabrazos de la silla, que se había calculado previamente, como se puede observar en el paso 8 de la adecuación antropométrica.

Debido a lo anterior, el rango mínimo de ajuste de la altura de la superficie del teclado deberá ser de 459 y el máximo de 753, para la población usuaria de hombres y mujeres de 18 – 65 años de edad de ambos sexos.

La Fig. 8 muestra a una mujer del percentil 5 del rango de 55 – 65 años de edad, en una estación de trabajo con las dimensiones para el percentil 95 de hombres de 18 – 24 años de edad. Salta a la vista que hay un desajuste importante entre las dimensiones de la persona y el mobiliario, lo que confirma la necesidad de un mobiliario ajustable.

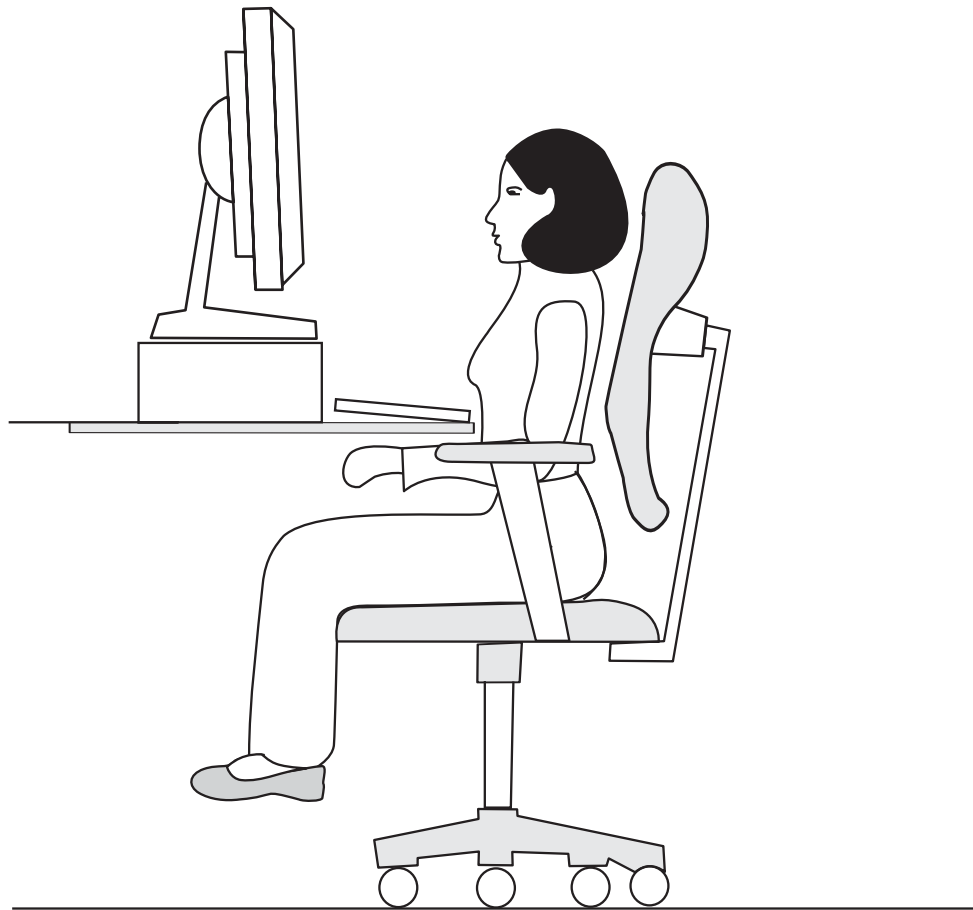


Fig. 8. Mujer del percentil 5 del rango de edad de 55 – 65 años en una estación de trabajo para hombre del percentil 95 de 18-24 años de edad. Escala 1:10.

Otro elemento importante que surgió al momento de la simulación, es que cuando se determinó la altura de la superficie de trabajo de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente, a holgura para las piernas no es suficiente para el caso de una persona del

sexo femenino del rango de 55 a 65 años de edad, del percentil 5 en alturas poplítea y de codo flexionado, pero del percentil 95 en altura de muslo, ya que la holgura es de 172 mm y su altura de muslo también es de 172 mm. En este caso, tendría que hacerse un ajuste especial, en el que se retomaran los rangos de flexibilidad de los lineamientos, poniendo cuidado en no provocar una postura inadecuada (akward). Por ejemplo, subir la altura del apoya brazos al rango superior posible, sin elevar los brazos, pero abriendo un poco el ángulo; subiendo la altura de la superficie del teclado, aunque la holgura para pierna sea menor al recomendado de 50 mm y si fuera necesario subir la altura de la silla, colocar un apoya-pies para evitar que cuelguen los pies.

Una vez establecidas las dimensiones del mobiliario en base a medidas antropométricas de población mexicana, se compararán estos datos con los estándares extranjeros.

### **3. Comparación con Datos extranjeros**

**3.1 Altura del asiento.** Como se puede observar en la Tabla 2, tanto el valor mínimo como el máximo del rango establecido para la altura del asiento son mucho menores cuando se han utilizado los datos de población mexicana para establecer la medida. El valor máximo no implica ningún problema cuando los usuarios mexicanos utilizan sillas con alturas basadas en datos extranjeros, el problema es con el valor mínimo, que ninguna silla en el mercado llega a bajar a esta medida (287 mm).

**3.2 Altura del apoyabrazos.** En cuanto a la medida del apoya brazos, el estándar encontrado fue de 190-240 mm y el apoya-brazos fijo de la silla de la estación ejemplificada, está en un valor entre este rango (220 mm) y del rango establecido en este análisis (172 – 255 mm); y sin embargo, la operadora de la Fig. 1 no podía utilizarlo por estar a un nivel muy bajo en relación a la altura de la superficie de trabajo. Se ha sugerido que el apoyo del antebrazo reduce significativamente la desviación ulnar y los reportes de en las tareas de trabajo en computadora. El apoyo de muñecas se asocia con una actividad muscular menor en el trapecio y el deltoides (trapezius and anterior deltoid muscular activity). (Cook, Burgess-Limerick y Papalia (2004).

Tabla 2. Comparaciones de medición de muebles en estación de trabajo.

Dimensión	(1)	(2)	(3) <sup>a</sup>	(4) <sup>a</sup>	(5) <sup>a</sup>	(6)
Altura del asiento (mm)	430–525	287–413	500–570	—	430–570	420–510
Altura apoya-brazos-asiento (mm)	220	172–295	—	—	—	190–240
altura de la superficie del portteclado (mm)	745	459–753	700–800	700–850	710–870	705–755 <sup>b</sup>
altura del monitor (mm)	1190 <sup>c</sup>	930–1304 <sup>c</sup>	1070–1150 <sup>d</sup>	800–1100 <sup>d</sup>	920–1160	—

NOTA: Los encabezados de columna son como lo siguiente: (1) “Estación de Soporte tecnico”; (2) Dimensión calculada; (3) Heiden and Krueger (1984); (4) Lueder and Noro (1995); (5) Granjean et al (1983); and (6) Ministry of Labour (2004).

<sup>a</sup> En Kroemer and Grandjean (2001)

<sup>b</sup> Rango recomendado para altura fija

<sup>c</sup> Desde el suelo hasta el brode superior del monitor

<sup>d</sup> Desde el suelo hasta el centro del monitor

**3.3 Altura de la superficie de trabajo.** Así mismo, la altura del portateclado de la estación seleccionada tiene una altura intermedia (745 mm) en relación a los rangos de los datos extranjeros y se aproxima al valor máximo del rango de la dimensión establecida en base a la antropometría del mexicano (753 mm), por lo que representa un problema grave para los usuarios que no se encuentran en los percentiles altos. Esto se puede constatar al calcular la diferencia del valor mínimo calculado (459 mm) con el valor de la altura de la estación evaluada y con el mínimo de los datos extranjeros (745 mm y 700 mm, respectivamente): 286 mm y 241 mm, lo cual representa una diferencia de gran magnitud, es decir, que un usuario tenga una altura de portateclado 286 mm más alta de lo recomendado, es un desajuste muy importante. Al respecto, Zennaro, Läubli, Krebs, Krueger y Klipstein (2004) realizaron un estudio en el que encontraron que un aumento de 50 mm en relación a la altura apropiada, aumenta significativamente la actividad muscular. Se sugiere que la elevación pasiva de los hombros induce a contracciones musculares activas y que las demandas biomecánicas de la actividad muscular del trapecio son mayores porque los hombros están elevados.

**3.4 Altura del monitor.** La mayoría de los valores de los rangos de la altura del monitor son menores en los datos extranjeros, algo excepcional de acuerdo a las comparaciones anteriores, pero explicable porque están considerando desde el piso hasta el centro de la pantalla y en este trabajo se refiere desde el piso hasta el borde superior de la pantalla.

En el caso de la estación seleccionada para su análisis antropométrico, se encontró que la altura se encuentra dentro del rango (1190 mm).

#### **4. Recomendaciones adicionales a la estación de trabajo**

Como se mencionó anteriormente, no basta con establecer los rangos adecuados de un mueble ajustable en una estación de trabajo para computadora. Es necesario un entrenamiento para que realmente se utilice el mobiliario en forma correcta. Para ello es importante que el usuario comprenda el objetivo del ajuste, la manera adecuada de hacerlo y los efectos de no hacerlo. Un ejemplo del efecto del entrenamiento en el ajuste antropométrico de una estación para computadora es el estudio de Verbeek (1991 citado por Bridger, 1995). Antes del programa, un muestreo del ajuste silla-escritorio en una oficina reveló desviaciones de 71 mm para la altura del asiento y 70 mm para la altura del escritorio, en relación a las alturas ideales. Después del programa de entrenamiento, los participantes redujeron esas desviaciones a 11 mm y 18 mm, respectivamente.

Es necesario hacer notar que el entrenamiento para los usuarios de computadora no debe incluir solamente los aspectos antropométricos, sino todos los aspectos ergonómicos implicados en el diseño de la estación de trabajo para computadora, que el usuario puede modificar y cuidar, tales como las condiciones de iluminación, la duración de la tarea y las pausas, los ejercicios, etc.

Así mismo, a partir de la observación de la estación de trabajo para computadora en la Institución Educativa, y considerando otros aspectos ergonómicos importantes, se recomienda el uso de accesorios, como lo es un portadocumentos y un soporte para muñeca. El portadocumentos deberá colocarse al lado de la pantalla y a la misma distancia de la pantalla, ya que la operadora coloca los documentos sobre la superficie de trabajo, obligándola a flexionar la cabeza hacia abajo. El lineamiento que subyace a esta recomendación es el siguiente:

El área de visión que requiere un contacto visual frecuente debe localizarse dentro del campo visual central. Si la pantalla o el material son colocados fuera de este campo, el frecuente contacto visual requerirá movimientos excesivos de la cabeza y los ojos ocasionando incomodidad en el cuello, hombros y ojos; por lo tanto, se recomienda colocar estos aparatos al lado de la línea central del cuerpo y angulados para que se encuentren perpendiculares a los ojos (Anshell, 1999).

Aunque se recomendará la compra de mobiliario ergonómico, dado que no se llevará a cabo un cambio inmediato del mobiliario utilizado en la estación de trabajo, también se

sugiere elevar un poco la altura del asiento (la operadora la tiene a 470 mm, para acercar el nivel del codo flexionado a la superficie de trabajo y usar un colchoncito en el borde de la superficie de trabajo donde apoya la muñeca, que haga la función de soporte para muñeca. Al elevar la altura de la silla, será necesario usar un apoyapiés. Así mismo, ya que en el mercado no se encuentran sillas con el valor mínimo calculado en este trabajo, será necesario utilizar apoya pies para las mujeres más pequeñas.

## **5. Comentarios Finales**

En nuestro desarrollo de la adecuación antropométrica se ha abarcado hasta el paso de simulación bidimensional, pero muy frecuentemente es necesario incluir también los análisis tridimensionales como puede ser a través del uso de una maqueta, o un modelo en 3d en computadora, como se mencionó en el primer párrafo de este paso.

Además, como parte del proceso del desarrollo del diseño, son muy importantes la preparación y prueba de prototipos. Estos incluyen no solo la fabricación del producto sino la inclusión de mediciones especiales como pueden ser fotografías, modelos biomecánicos, evaluación electromiográfica, pruebas de esfuerzo, evaluaciones psicofísicas, medición del confort del usuario, etc.

Como se puede observar, el proceso de la adecuación antropométrica es complejo y requiere un buen manejo de los principios ergonómicos en el diseño. Mucho de estos principios se derivan de la biomecánica y del conocimiento del trabajo muscular, lo que nos permite acceder al conocimiento de la carga o estrés físico y mecánico en el cuerpo humano, debido a posturas inadecuadas y esfuerzos musculares estáticos. Los nuevos saberes en estos aspectos permiten el desarrollo de nuevas propuestas de mobiliario y su consiguiente evaluación, que tratan de mejorar las posturas, reducir los esfuerzos y aumentar la eficiencia en las tareas de computadora, tales como el teclado vertical (Galen, Liesker y de Haan, 2007) y un dispositivo para inclinar la superficie de trabajo y acercar el teclado a la pantalla (Tepper, Vollenbroek-Hutten, Hermens y Baten, 2003).

Es necesario enfatizar que la adecuación antropométrica de un producto es sólo una parte, aunque muy importante, del proceso de adecuación ergonómica de un producto, que implica también la consideración de otros factores, tales como las adecuaciones de las condiciones ambientales, los factores psicosociales, etc., accesorios ergonómicos. Por otro lado, también es importante considerar la naturaleza de la tarea, en cuanto a su duración, repetitividad y sobreesfuerzo. En este sentido, es recomendable

entrenar al usuario en el uso del equipo y accesorios así, como en la realización de ejercicios físicos (Prado , Avila, Aceves y González, 2009).

A través de este trabajo se evidenció la necesidad de generar datos antropométricos de las poblaciones usuarias para el diseño ergonómico.

La escasez de datos y de reconocimiento y práctica de la ergonomía en nuestro país, obviamente conlleva a que no existan normas ergonómicas para las estaciones de trabajo dentro de la legislación nacional.

Sin embargo, es un hecho que la globalización, en lo que se refiere al uso de las computadoras, ha impactado una gran cantidad de actividades en México, generalizándose a muchos puestos de trabajo de oficina, e inclusive al hogar; los cuales carecen de consideraciones ergonómicas, y cuyos efectos, aunque no han sido evaluados ampliamente, no por ello dejan de manifestarse.

## **6. Referencias bibliográficas**

American Industrial Hygiene Association. 1994. *An ergonomics guide to VDT workstations*. Virginia: AIHA.

Anshel, J. 1999. *Visual ergonomics in the workplace*. London: Taylor & Francis.

Ávila-Chaurand, R., L.R. Prado-León., and E. González-Muñoz. 2007. *Dimensiones antropométricas. Población Latinoamericana*. México: Universidad de Guadalajara.

Beecher, V., and V. Paquet. 2005. Survey instrument for the universal design of consumer products. *Applied Ergonomics* 36:363–372

Bernard, P.B. ed. 1997. *Musculoskeletal disorders and workplace factors. A Critical Review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity and low back*. USA: U.S. Department of Health and Human services. National Institute for Occupational Safety and Health.

Bridger, R.S. 1995. *Introduction to Ergonomics*. USA: McGraw-Hill.

Cook, C., R. Burgess-Limerick., and S. Papalia. 2004. The effect of upper extremity support on upper extremity posture and muscle activity during keyboard use. *Applied Ergonomics* 35:285–292.

Drury, C.G., and B.G. Coury. 1982. Methodology for chair assessment. *Applied Ergonomics* 13:195–202.

Frutcher, B. 1978. *Estadística aplicada a la Psicología y la Educación*. México: McGraw Hill.

- Garduño Vera, R. 2004. La sociedad de la información en México frente al uso de Internet. *Revista Digital Universitaria* 5:1-13.
- Kroemer, K. H. E., and E. Grandjean. 2001. *Fitting the task to the human. A textbook of occupational ergonomics*. London: Taylor & Francis.
- Kroemer, K. H. E. and A. D. Kroemer. 2001. *Office ergonomics*. London: Taylor & Francis.
- Mercado, A. La importancia de la cultura digital en el desarrollo de México. 2011. <http://suite101.net/article/la-importancia-de-la-cultura-digital-en-el-desarrollo-de-mexico-a61862#axzz2O6QeGrIE>
- Montreuil, S., L. Laflamme, C. Brisson, and C. Teiger. 2006. Conditions that influence the elimination of postural constraints after office employees working with VDU have received ergonomics training. *Work* 26:157–166.
- Moon, S.D. 1996. A psychosocial view of cumulative trauma disorders. Implications for occupational health and prevention. In *Beyond Biomechanics. Psychosocial aspects of musculoskeletal disorders in office work*, ed. S.D. Moon and S.L. Sauter. Bristol, PA: Taylor & Francis.
- Ontario Ministry of Labour Area Offices. 2004. *Computer Ergonomics: workstation layout and lighting. Health and Safety Guidelines*. Canada: Ministry of Labour.
- Pheasant, S. 1996. *Body Space. Anthropometry, Ergonomics and the design of work*. London: Taylor & Francis.
- Prado-León, L.R., R. Ávila-Chaurand, and E. Herrera-Lugo. 2005. *Factores ergonómicos en el diseño. Antropometría*. México: Universidad de Guadalajara.
- Prado-León, L.R., and R. Ávila-Chaurand. 2006. *Ergonomía y diseño de espacios habitables. Factores antropométricos y socioculturales*. México: Universidad de Guadalajara.
- Prado-León, L.R., R. Ávila-Chaurand, C. Aceves-González, and E. González-Muñoz. 2009. *Trabajo con computadoras. Recomendaciones para la salud, comodidad y productividad*. México: Universidad de Guadalajara.
- Prado-León, L.R., R. Ávila-Chaurand and E. González-Muñoz. 2001. Anthropometric study of Mexican primary school children. *Applied Ergonomics* 32: 339–345.
- Támez-González S., L. Ortiz-Hernández, S. Martínez-Alcántara and I. Méndez-Ramírez 2003. Riesgos y daños a la salud derivados del uso de Videoterminal. *Salud Pública de México* 43(3):171–180.
- Tayyari, F., and J. L. Smith. 1997. *Occupational Ergonomics. Principles and applications*. USA: Kluweer Academic Publishers.



Tepper, M., M.M.R. Vollenbroek-Hutten, H.J. Hermens, and C.T.M. Baten. 2003. The effect of an ergonomic computer device on muscle activity of the upper trapezius muscle during typing. *Applied Ergonomics* 34:125–130.

Tullar, J., B.C. Amick, M.M. Robertson, A.H. Fossel, C.Coley, N. Hupert, M. Jenkins, and J. N. Katz. 2007. Direct observation of computer workplace risk factors of college students. *Work* 28:77–83.

Van Galen, G.P., H. Liesker, and A. de Haan. 2007. Effects of a vertical keyboard design on typing performance user comfort and muscle tension. *Applied Ergonomics* 38:99–107.

Woodson, W.E. 1981. *Human Factors Design Handbook*. USA: Mc Graw Hill.

Zennaro D., T. Läubli, D. Krebs, H. Krueger, and A. Klipstein. 2004. Trapezius muscle motor unit activity in symptomatic participants during finger tapping using properly and improperly adjusted desks. *Human Factors* 46(2):252–266.