
EVALUACIÓN ERGONÓMICA DEL PUPITRE

UNIVERSITARIO BASADA EN UN ESTUDIO

ANTROPOMÉTRICO MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA – VÍDEO

TRIDIMENSIONAL

Gianikellis, K.

E_mail: kgiannik@unex.es

Pantrigo, J.J.

Del Castillo Miro, C.

Martínez Vázquez, J.A.

Fernández Fernández, A.

Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura

RESUMEN

Los alumnos de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Extremadura se han venido quejando con frecuencia de sufrir molestias durante el transcurso de las clases debido a la mala calidad de los pupitres que se han visto obligados a utilizar. El hecho ha propiciado el desarrollo de este trabajo para estudiar el problema. En este sentido se ha utilizado la fotogrametría tridimensional basada en vídeo para obtener información respecto a las dimensiones antropométricas de los usuarios y su compatibilidad con las dimensiones y otras características de los pupitres. Los resultados han confirmado las deficiencias en el diseño de este tipo de pupitres que se ha adquirido sin ninguna consideración respecto a las características antropométricas de los usuarios. Por otro lado, las medidas realizadas han permitido iniciar en Extremadura la creación de una base de datos antropométricos de la población universitaria que podría ser útil para otras aplicaciones en el campo de la Ergonomía y/o de la Biomecánica del Aparato Locomotor. Dicha información puede ser de gran utilidad para establecer, basándose en criterios ergonómicos, una reglamentación de selección de este tipo de mobiliario y criterios de compra para las contrataciones de los organismos públicos de Extremadura que en la actualidad no existen.

PALABRAS CLAVE:

Ergonomía, postura sedente, mobiliario universitario.

1 INTRODUCCIÓN

La falta de criterios para el diseño de muebles docentes universitarios y de directrices para la selección del tipo más adecuado a cada espacio y función, se debe, en una buena parte, a la inexistencia de estudios técnicos o científicos sobre este tipo de equipamientos, lo que hace que los

responsables de compra se vean obligados a guiarse más por su experiencia particular y sentido común que por directrices emanadas de estudios contrastados. El objetivo fundamental de este trabajo ha sido la evaluación de las características de los pupitres con mesa y asientos fijos (Fig. 1) que se utilizan en las aulas universitarias partiendo de las quejas de los alumnos de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Extremadura, en función de las características antropométricas de los usuarios. Por otro lado, se ha iniciado la creación de una base de datos antropométricos que, adecuadamente ampliada, puede servir en el diseño y/o selección de todo tipo de mobiliario docente demostrando la posibilidad de apoyar en Extremadura todo tipo de iniciativas industriales en este sentido debido a que el mercado de mobiliario universitario ha experimentado una gran expansión como consecuencia del crecimiento de las universidades y al desarrollo de numerosas actividades docentes asociadas.

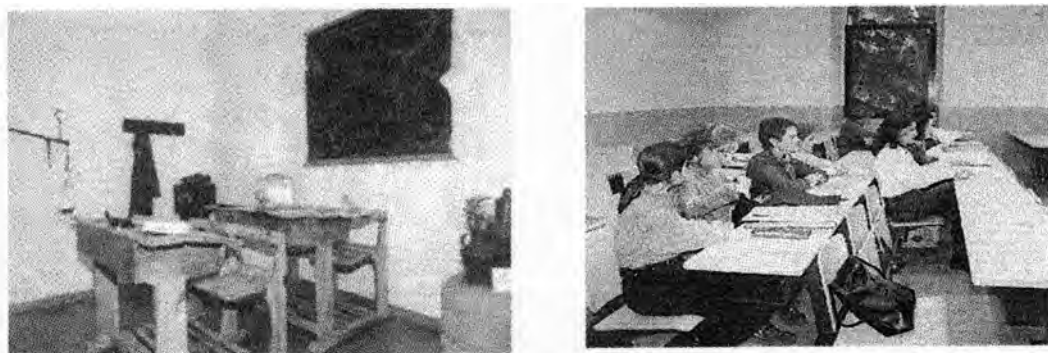


Fig. 1. Pupitres con asientos fijos.

Metodología.

En el laboratorio de Ergonomía de la facultad de Ciencias del Deporte se han grabado utilizando dos cámaras de vídeo Panasonic SVHS (AG-DP800HE, EG y AG-DP200E) las imágenes de 75 estudiantes (54 varones y 24 hembras), vestidos de bañador y descalzos, que han adoptado una serie de posturas según un protocolo previamente establecido. Las condiciones de luz y los valores de obturación (1:125 y 1:120) se han controlado para obtener imágenes de calidad que se han digitalizado en el entorno del sistema de fotogrametría 3D KINESCAN/IBV versión 8.1. Como sistema de referencia se ha utilizado una estructura cúbica modular de lado 2 m para reconstruir las coordenadas espaciales de los marcadores anatómicos que definen las dimensiones antropométricas de interés. Las posturas adoptadas por los sujetos han sido de pie y sentado, con toda la planta del pie apoyada al suelo las rodillas flexionadas a 90° y los codos flexionados a 90° .

1. Para la *postura de pie*, se han medido las siguientes dimensiones (Fig. 2): *la estatura (suelo – vértex)*, *la altura de los ojos (suelo – esquina del ojo)*, *la altura del hombro (suelo – acromion)*, *la altura del codo (suelo – radial)*, *la altura de la cadera (suelo – tercer metacarpal)*, *la longitud del miembro superior (acromion - punta de los dedos)*, *la envergadura (distancia horizontal entre las puntas de los dedos)*, *la envergadura de los codos (distancia entre los codos)*.

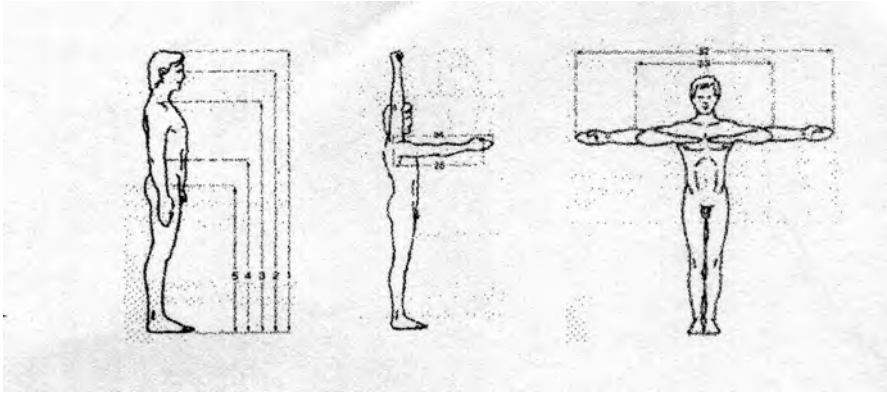


Fig. 2. Dimensiones antropométricas medidas en la postura de pie (Adaptado de Pheasant, S., 1996).

2. Para la postura sedente se han medido (Fig. 3): la estatura (asiento – vertex), la altura de los ojos sentado (asiento - esquina del ojo), la altura del hombro sentado (asiento – acromion), altura del codo sentado (asiento - parte inferior del codo), el grosor del muslo (asiento – parte superior del muslo), la longitud nalga – rodilla (parte posterior de la nalga – parte anterior de la rodilla), la longitud nalga – poplíteo (parte posterior de la nalga – parte posterior de la rodilla), la altura de la rodilla (suelo – rodilla), la altura poplíteo (suelo - ángulo poplíteo en la parte posterior de la rodilla), la longitud hombro – codo (distancia acromion – parte inferior del codo), la longitud codo - punta de los dedos (distancia codo – punta del tercer dedo), la envergadura de los hombros y la envergadura de las caderas.

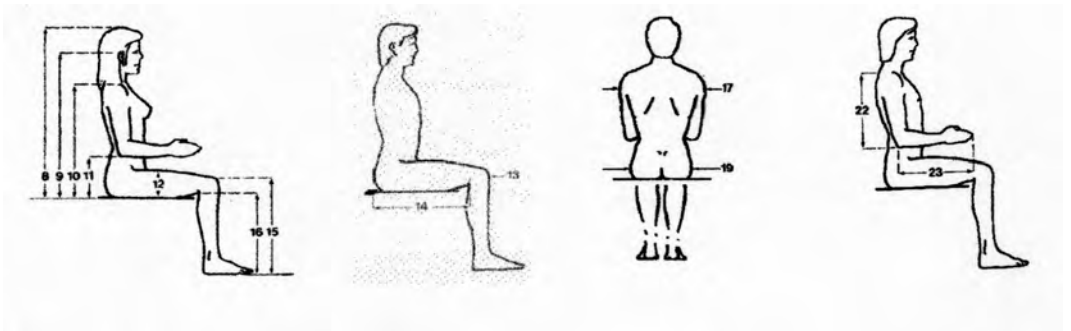


Fig. 3. Dimensiones antropométricas medidas en la postura sedente (Adaptado de Pheasant, S., 1996).

3. Sobre el pupitre fijo se ha medido: la profundidad del asiento, la anchura del asiento, el borde curvado, el ángulo asiento – respaldo, la altura del apoyo lumbar respecto del asiento, la altura mesa – asiento, la superficie de trabajo, el espacio libre debajo de la mesa, la distancia mesa

– respaldo, la distancia suelo – cajonera, la distancia suelo – asiento, la altura suelo – mesa y la distancia respaldo - fondo de la mesa.

Después de la grabación de las imágenes los sujetos han respondido a una serie de preguntas orientadas a obtener información cualitativa respecto a la confortabilidad del mobiliario. Los niveles de comodidad han sido establecidos entre muy cómodo, cómodo, normal, incomodo y muy incómodo y por último se les ha pedido definir la zona y frecuencia de aparición de las molestias entre cuello - hombros, dorsal, lumbar, nalgas, muslos, corvas, piernas - pies, brazos, antebrazos, muñeca - mano, abdomen y rodillas.

Una vez reconstruidas las coordenadas espaciales de los marcadores anatómicos en el entorno del KINESCAN, utilizando el algoritmo de la Transformación Lineal Directa (DLT). los datos se han exportado y se ha utilizado el programa “DimAnPro”, desarrollado específicamente en entorno MATLAB, cuyas subrutinas han permitido calcular las medidas antropométricas para cada una de las posturas definidas para cada sujeto y exportar las en un único fichero para su posterior tratamiento estadístico por el programa S-PLUS.

2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La representación de los estadísticos de las dimensiones antropométricas (Tabla 1) y de los percentiles de las mismas (Tabla 2) permite conocer la parte de la población que puede adaptarse a las dimensiones del pupitre.

Tabla 1. Estadísticos de los parámetros antropométricos.

VARIABLE MEDIDA	Media	Error estándar	Desviación Típica	Mínimo	Máximo	CV
Estatura	1,6965	9,337E-03	8,086E-02	1,53	1,86	16,76
Altura ojos	1,5806	8,949E-03	7,750E-02	1,41	1,72	17,71
Altura hombros	1,4091	8,434E-03	7,304E-02	1,24	1,55	19,17
Altura codos	1,0860	6,914E-03	5,988E-02	0,95	1,20	22,53
Altura cadera	0,8850	7,342E-03	6,358E-02	0,71	1,02	28,49
Longitud miembro superior	0,7458	5,176E-03	4,483E-02	0,63	0,84	28,38
Envergadura	1,6988	1,157E-02	0,1002	1,41	1,92	18,63
Envergadura de los codos	0,8527	6,756E-03	5,851E-02	0,71	0,98	28,36

Estatura sentado	0,8640	4,504E-03	3,900E-02	0,78	0,95	22,85
Altura ojos sentado	0,7552	4,019E-03	3,480E-02	0,68	0,82	24,7
Altura hombro sentado	0,5787	3,603E-03	3,120E-02	0,51	0,65	30,52
Altura codo sentado	0,2300	3,629E-03	3,143E-02	0,15	0,29	77,08
Grosor del muslo	0,1552	2,671E-03	2,313E-02	0,11	0,21	97,99
Longitud nalga - rodilla	0,6134	5,592E-03	4,843E-02	0,52	0,73	35,87
Longitud nalga - poplíteo	0,5071	5,498E-03	4,761E-02	0,26	0,61	43,02
Altura rodilla	0,4739	3,493E-03	3,025E-02	0,41	0,56	36,70
Altura poplíteo	0,4259	3,268E-03	2,830E-02	0,37	0,49	39,49
Longitud hombro - codo	0,3534	2,666E-03	2,309E-02	0,31	0,40	42,99
Longitud codo - punta dedos	0,4671	3,730E-03	3,231E-02	0,41	0,54	38,48
Envergadura de los hombros	0,4771	4,523E-03	3,917E-02	0,37	0,57	41,48
Envergadura de las caderas	0,2925	4,653E-03	4,030E-02	0,21	0,39	68,63

Tabla 2. Percentiles de las dimensiones antropométricas de la población estudiantil medida.

Variable medida	5 %	25 %	50 %	75 %	95 %
Estatura	1,5648	1,6229	1,6949	1,7604	1,8301
Altura ojos	1,4525	1,5127	1,5868	1,6392	1,7134
Altura hombros	1,2865	1,3526	1,4102	1,4616	1,5366
Altura codos	0,9851	1,0407	1,0758	1,1313	1,1858

Altura cadera	0,7833	0,8469	0,8847	0,9276	0,9990
Longitud miembro superior	0,6792	0,7161	0,7452	0,7774	0,8254
Envergadura	1,5204	1,6354	1,6973	1,7638	1,8785
Envergadura de los codos	0,7499	0,8103	0,8542	0,8923	0,9648
Estatura sentado	0,7872	0,8479	0,8674	0,8922	0,9648
Altura ojos sentado	0,6906	0,7345	0,7564	0,7813	0,8089
Altura hombro sentado	0,5155	0,5603	0,5792	0,5992	0,6303
Altura codo sentado	0,1690	0,2113	0,2281	0,2557	0,2795
Grosor del muslo	0,1167	0,1377	0,1530	0,1704	0,2007
Longitud nalga - rodilla	0,5434	0,5747	0,6073	0,6495	0,6957
Longitud nalga – poplíteo	0,4452	0,4799	0,5067	0,5365	0,5740
Altura rodilla	0,4293	0,4502	0,4740	0,4966	0,5260
Altura poplíteo	0,3835	0,4041	0,4236	0,4457	0,4812
Longitud hombro – codo	0,3128	0,3356	0,3546	0,3714	0,3925
Longitud codo - punta dedos	0,4168	0,4398	0,4648	0,4887	0,5214
Envergadura de los hombros	0,4126	0,4484	0,4802	0,5073	0,5382
Envergadura de las caderas	0,2275	0,2603	0,2947	0,3164	0,3703

Según las respuestas sobre los niveles de confort de los sujetos medidos encuestados, solo un porcentaje inferior al 8% considera que las dimensiones del pupitre son adecuadas y el pupitre cómodo o muy cómodo mientras que el resto 80% tiene la sensación de que el pupitre es incómodo o muy incómodo. En cuanto a la parte del cuerpo en la que sienten molestias se ha visto que un 77% de los alumnos siente molestias en la zona lumbar, un 54% en la zona dorsal, un 51% en cuello - hombros, un 34% en las rodillas, un 26% en las nalgas, un 21% en piernas - pies, y porcentajes inferiores al 10% en los muslos, las corvas, antebrazos, etc. Es decir que los resultados

del estudio obtenidos confirman la necesidad de re – diseñar los pupitres adaptando sus dimensiones a la antropometría de los alumnos y no los alumnos a las dimensiones del mueble. En todo caso este tipo de mobiliario es el más problemático de todos que se utilizan en el ámbito universitario. Por lo tanto, es recomendable el uso de las mesas móviles ya que permiten mayor autonomía al usuario. Este puede elegir y adoptar posturas más cómodas que en el caso del pupitre evaluado, cuya parte frontal de la mesa impide estirar las piernas.

Tabla 3. Dimensiones del pupitre.

PARÁMETRO	Medida	Parámetro	Medida	Parámetro	Medida
Profundidad	0.42 m.	Apoyo lumbar	No	Distancia suelo – cajonera	0.655 m.
Anchura	0.42 m.	Altura mesa - silla	0.32 m.	Distancia suelo – asiento	0.46 m.
Borde curvado	Sí	Espacio libre bajo la mesa	0.09 m.	Altura Suelo – mesa	0.79 m.
Ángulo asiento - respaldo	90°	Distancia mesa – respaldo	0.45 m.	Distancia respaldo – fondo mesa	0.65 m.

Las otras deficiencias detectadas de este tipo de mobiliario se pueden resumir en que: i) el respaldo de la silla carece de apoyo para la zona lumbar, ii) la carencia de reposabrazos implica tener la columna inclinada hacia delante y se ven obligados de apoyar su peso en los codos sobre la mesa, iii) la falta de espacio suficiente a lo largo y a lo ancho de las mesas delimita bastante el área de trabajo y como consecuencia induce a una sensación de incomodidad que puede perjudicar los procesos cognoscitivos que tienen lugar durante la asistencia en las clases (concentración de la atención, etc.). iv) la profundidad del asiento es insuficiente cosa que induce a una mala distribución de la presión en las nalgas y muslos, v) la altura mesa - silla es mayor de lo necesario por lo tanto los usuarios se ven obligados de mantener un elevado nivel de tensión muscular en la zona escapular, vi) el espacio libre debajo de la mesa es insuficiente, vii) la distancia mesa - respaldo es excesiva., viii) la distancia suelo - cajonera es insuficiente. ix) la distancia suelo - asiento es excesiva para el 90% de los usuarios.

3 CONCLUSIONES

Concluyendo se ha confirmado que el tipo de pupitres que se utilizan y sus dimensiones son la causa de la mayoría de las molestias musculoesqueléticas que aquejan a los usuarios.

Teniendo en cuenta que la dispersión de tamaños corporales de la población universitaria es relativamente importante, estando ligados a las diferencias existentes entre hombres y mujeres y dado que no parecería realista proponer muebles de dimensiones ajustables, se debe procurar llegar a soluciones de compromiso que se adapten al mayor número posible de usuarios. Por lo tanto, cabe hacer, entre otras, las siguientes recomendaciones generales:

- los muebles deben ser seguros y el alumno debe disponer de suficiente espacio para trabajar
- la separación entre el respaldo de la silla y el borde de la mesa debe permitir que el alumno utilice el respaldo mientras escribe
- la superficie del asiento debe ser casi plana, sin relieves demasiados marcados y con el borde delantero redondeado
- el respaldo es un elemento fundamental para propiciar la buena postura. Su sección horizontal debe ser algo cóncava y la vertical plana o suavemente convexa. El borde inferior del respaldo debe estar redondeado para evitar que se clave sobre la espalda
- debajo de la mesa o superficie de trabajo debe quedar suficiente espacio para las rodillas y piernas
- la altura del asiento debe estar acorde con la altura poplítea de la mayoría de la población, y no debe ser demasiado grande de forma que los pies del usuario no se apoyen totalmente en el suelo adoptando éste una postura natural
- la profundidad del asiento debe ser adecuada para distribuir correctamente la presión a lo largo de los muslos y las nalgas
- la altura del apoyo lumbar debe ser la adecuada para que cumpla su función.
- la altura mesa - asiento debe ser lo suficientemente grande para que el usuario pueda alojar las piernas debajo de ella sin que adopte posturas forzadas
- la altura de la mesa entre 74 y 77 cm y la anchura debe ser lo suficientemente para permitir que el usuario realice la actividad de forma que se sienta cómodo y en su movimiento no interfiera con los usuarios de su alrededor
- la profundidad de la mesa debe ser suficiente para permitir el apoyo del codo durante la actividad de la escritura y la altura mínima para las rodillas debe permitir que el usuario aloje sus piernas debajo de la mesa con holgura sin que sus rodillas lleguen a tocar la bandeja
- la distancia mínima entre el suelo y el tablero debe ser de 35 cm y la profundidad mínima para las rodillas debe ser mayor de 23 cm
- la profundidad de la mesa debe ser mayor de 40 cm y su inclinación entre 0° y 10°.

En todo caso es importante resaltar que todas estas recomendaciones se tienen que validar con tests de confort.

4 BIBLIOGRAFÍA

- Department of Education and Science (1985). *Body dimensions of the school population*. DES Building Bulletin 62. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Eckelman, C.A. (1993) *Strength design of furniture*. Tim Tech Inc., West Lafayette, Indiana

- Gianikellis, K. y otros (1997). *Evaluación ergonómica del mobiliario escolar*. Comunicación presentada en el 1er Symposium sobre Avances en Ciencias del Deporte. Las Palmas de Gran Canaria.
- Hartwel, E.M. (1985). *The problem of school seating*. In *Annual Report of the Superintendent of Schools*. School Document, 4, 169 - 236. Boston.
- Page, A. et al. (1994). *Furniture design based on subjective tests. Application of discriminant analysis methods*. IEA'94, 12th Congress of the International Ergonomics Association. Toronto, Canada.
- Page, A. et al. (1994). *Methodology to analyze and evaluate furniture: Application to school furniture design*. IEA'94, 12th Congress of the International Ergonomics Association. Toronto, Canada.
- Paulsen, S.; Hensen, A. (1994). *The working positions of schoolchildren*. *Applied Ergonomics*, 25, 1, 63 - 64.
- Pheasant, S. (1996). *Bodyspace, Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*. Taylor and Francis.
- Zacharkow, D. (1988). *Posture: sitting, standing, chair design and exercise*. Charles C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois.
- Normas
- BS 5873: Part 1: (1980). *Educational furniture. Part 1. Specification for functional dimensions, identification and finish of chairs and tables for educational institutions*. British Standards Institution (BSI), London.
- BS 5873: Part 2: (1980). *Educational furniture. Part 2. Specification for strength and stability of chairs for educational institutions*. British Standards Institution (BSI), London.
- BS 5873: Part 3: (1985). *Educational furniture. Part 3. Specification for strength and stability of tables for educational institutions*. British Standards Institution (BSI), London.
- ISO 5970 (1979). *Furniture. Chairs and tables for educational institutions. Functional sizes*. International organization for Standardization (ISO), Geneva.