

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Antropometría escolar: estudio de las diferencias
antropométricas de las zonas rurales y urbanas en la
provincia de Cotopaxi - Ecuador**

Sistematización de experiencias
prácticas de investigación y/o intervención

Wendy Luisa Velasco Tapia

Ingeniería Industrial

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Industrial

Quito, 22 de mayo de 2018

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Antropometría escolar: estudio de las diferencias antropométricas de las
zonas rurales y urbanas en la provincia de Cotopaxi - Ecuador**

Wendy Luisa Velasco Tapia

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Cristina Camacho, MSC

Firma del profesor

Quito, 22 de mayo de 2018

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Wendy Luisa Velasco Tapia

Código: 00116105

Cédula de Identidad: 1719567065

Lugar y fecha: Quito, 22 de mayo de 2018

Resumen

Los trastornos musculoesqueléticos han sido ampliamente estudiados en la población adulta, con un enfoque en los lugares de trabajo, debido a las altas tasas de ausentismo en la última década (Punnett y Wegman, 2004). Sin embargo, hay un número limitado de estudios que se centran en trastornos musculoesqueléticos y antropometría infantil. Los estudios han demostrado que la falta de ajuste apropiado de los niños al mobiliario escolar puede generar cambios anatómicos y funcionales, y afectar negativamente el proceso de aprendizaje (Castellucci et al, 2014). En Ecuador, como en varios países de Latinoamérica, el crecimiento de las estadísticas está influenciado por el nivel socioeconómico (Castellucci et al, 2016). Por esta razón, el presente estudio se enfoca en la creación de tablas antropométricas de escolares entre las edades de 5 y 7 años para las zonas urbanas y rurales en Cotopaxi, Ecuador. Los datos se basan en 10 medidas antropométricas de un tamaño de muestra de 300 niños urbanos y 300 niños rurales. El perfil antropométrico se utiliza luego para analizar las diferencias entre los niños urbanos y rurales, las posibles causas de estas diferencias, y para proponer un diseño para mobiliario escolar. Como resultado del estudio, se crearon tablas antropométricas y se diseñaron prototipos de escritorios y sillas escolares que cumplen con los estándares ergonómicos y medidas antropométricas, utilizando impresoras 3D.

Palabras clave: antropometría, ergonomía, trastornos musculoesqueléticos, mobiliario escolar

Abstract

Musculoskeletal disorders have been widely studied in the adult population, with a focus on workplaces, due to the high rates of absenteeism in the last decade (Punnett & Wegman, 2004). However, there are a limited number of studies that focus on musculoskeletal disorders and child anthropometry. Studies have shown that the lack of proper fit of children to school furniture can generate anatomical and functional changes, and negatively affect the learning process (Castellucci et al, 2014). In Ecuador, as in several Latin American countries, statural growth is influenced by socioeconomic status (Castellucci et al, 2016). For this reason, the present study focuses on the creation of anthropometric tables of school children between the ages of 5 and 7 for the urban and rural zones in Cotopaxi, Ecuador. The data is based on 10 anthropometric measures of a sample size of 300 urban and 300 rural children. The anthropometric profile is then used to analyze the differences between urban and rural children, the potential causes for these differences, and to propose a design for school desks. As a result of the study, anthropometric tables were created, and prototypes of school desks that comply with ergonomic standards and anthropometric measures were designed using 3D printers.

Key words: antropometría, ergonomía, trastornos musculo-esqueléticos, mobiliario escolar

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	4
Abstract.....	5
Introducción.....	7
Metodología y diseño de la investigación.....	9
Conclusiones.....	16
Referencias.....	18

Antropometría escolar: estudio de las diferencias antropométricas de las zonas rurales y urbanas en la provincia de Cotopaxi - Ecuador

W. Velasco*

**Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad San Francisco de Quito*

Abstract

Musculoskeletal disorders have been widely studied in the adult population, with a focus on workplaces, due to the high rates of absenteeism in the last decade (Punnett & Wegman, 2004). However, there are a limited number of studies that focus on musculoskeletal disorders and child anthropometry. Studies have shown that the lack of proper fit of children to school furniture can generate anatomical and functional changes, and negatively affect the learning process (Castellucci et al, 2014). In Ecuador, as in several Latin American countries, statural growth is influenced by socioeconomic status (Castellucci et al, 2016). For this reason, the present study focuses on the creation of anthropometric tables of school children between the ages of 5 and 7 for the urban and rural zones in Cotopaxi, Ecuador. The data is based on 10 anthropometric measures of a sample size of 300 urban and 300 rural children. The anthropometric profile is then used to analyze the differences between urban and rural children, the potential causes for these differences, and to propose a design for school desks. As a result of the study, anthropometric tables were created, and prototypes of school desks that comply with ergonomic standards and anthropometric measures were designed using 3D printers.

Key words: anthropometry, ergonomics, musculoskeletal disorders, school furniture.

1. Introducción.

“La antropometría se refiere al estudio de las medidas del cuerpo humano en términos de las dimensiones del hueso, músculo y tejido” (Lescay et al, 2017). Los datos antropométricos han sido utilizados como referencia para la realización de estudios ergonómicos que faciliten establecer criterios de evaluación y de diseño para diferentes mobiliarios, de manera que se encuentren de acuerdo a las características de las personas (Lescay et al, 2017).

Algunas variables antropométricas como el peso y el crecimiento del cuerpo humano han servido de referencia histórica de las poblaciones, registrando características físicas e incidencia de enfermedades, principalmente musculares (Maldonado-Macías et al, 2015). Al respecto, Gutiérrez y Apud (1992) sostienen que alrededor del 50% de la población mundial, en algún periodo de su vida, padece de dolor de espalda. Además señalan que, la afección de espalda presenta una incidencia del 49% con respecto a las enfermedades del aparato músculo esquelético que afectan a las profesiones más frecuentes (Gutiérrez et al, 1992).

Los trastornos músculo-esqueléticos han sido ampliamente estudiados en la población adulta, con un enfoque en los lugares de trabajo, debido a los altos índices de ausentismo en la última década (Punnett & Wegman, 2004). Se ha dado tal importancia al bienestar físico del trabajador, que el diseño de mobiliario laboral y la antropometría del usuario, han sido tomadas en gran consideración para el diseño ergonómico de mobiliario apropiado (Harris et al, 2005).

Sin embargo, hay un limitado número de estudios que se enfocan en trastornos músculo-esqueléticos y antropometría infantil. Al-Ansari y Mokdad (2009) describen la importancia del rol de la antropometría en el diseño de mobiliario escolar, dado que “la calidad de vida de la edad adulta se define en las primeras etapas de la vida” (Gracia et al, 2010) y “los vicios posturales adquiridos a edades tempranas se transforman en hábitos posturales para la vida adulta” (Gutiérrez & Apud, 1992). De tal manera que “los diversos trastornos que afectan al adulto pueden tener su origen en la infancia” (González et al, 2010).

Las lesiones músculo-esqueléticas (LME), constituyen una de las enfermedades que afectan la evolución estatural del niño (Balague et al, 1999). Esto se debe a que ellos están en proceso de crecimiento y pasan gran parte del día sentados en pupitres o sillas, por lo que deficiencias en el diseño del mobiliario escolar pueden generar deformaciones óseas (Gutiérrez & Apud, 1992). En Ecuador, como en varios países latinoamericanos, la evolución estatural se ve influenciada por el status socioeconómico (Castellucci et al, 2016). Mediante estudios previos, se ha observado que niños de un nivel socioeconómico alto, en promedio, son más altos que aquellos niños de un nivel más bajo (Castellucci et al, 2010). Considerando entonces que la prevalencia de crecimiento y de LME, afecta preferentemente a las clases sociales más desfavorecidas como son las zonas rurales, mientras que es menos frecuente en las urbes, en el presente estudio se contempla la evaluación de factores característicos de los diferentes estratos socioeconómicos (González et al, 2010).

En Centroamérica, se implantó la evaluación de niveles socioeconómicos a través del Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN) mediante indicadores antropométricos (Estrada et al, 2008). Las medidas antropométricas permiten en forma indirecta evaluar, no sólo el desarrollo del niño, sino su composición corporal y los efectos de cambios socioeconómicos en un país o región (Gracia et al, 2010). En el estudio realizado por Berdasco (2002) se establece que uno de los factores determinantes en la evolución antropométrica es el factor nutricional, siendo este responsable de que se promuevan los cambios en el crecimiento de manera adecuada.

Estudios han comprobado que la falta de acomodación de los niños al mobiliario escolar en el aula de clase, a más de generar cambios anatómicos y funcionales, incide en problemas del proceso de aprendizaje (Castellucci et al, 2014). Esta situación ha generado preocupación en el diseño de mobiliario escolar a nivel mundial (Maldonado-Macías et al, 2015). De hecho, “en las dos últimas décadas se presenta un ajuste de los estándares en relación a mesas y sillas para instituciones educativas” (Castellucci et al,

2014) en diferentes países, como: Chile, Japón, e Inglaterra (INN, 2002; JIS, 2011; BSI, 2006).

Actualmente en Ecuador, se registran datos antropométricos únicamente de peso, talla, e índice de masa muscular (IMC) para escolares de 5 a 7 años (Ministerio de Salud Pública, 2011). No obstante, esta información es insuficiente para generar un estándar adecuado para el mobiliario escolar (Castellucci et al, 2014). Cabe recalcar que si bien se pueden generar estándares hacia el percentil más alto de la población, la realidad ecuatoriana se ve limitada a la segregación de las zonas más vulnerables, hacia las cuales los estándares no son del todo aplicables.

La diferencia significativa en la evolución estatural, y por tanto en las características antropométricas de los niños, dependiente del estrato social al cual pertenecen, no ha sido considerada en el diseño de mobiliario escolar (Gracia et al, 2010). En Ecuador, actualmente no existen estudios antropométricos que corroboren las mencionadas diferencias, por tanto se utilizan tablas antropométricas de otros países (Guerrero & Yajamín, 2017). Guerrero et al. (2017) también establecen que la población ecuatoriana ha presentado diferencias en las medidas antropométricas a las de países desarrollados por lo que no aplica el uso de sus tablas. De esta manera, el diseño del mobiliario escolar no está estandarizado para la realidad antropométrica y ergonómica de los niños ecuatorianos. Ante la información presentada, se establece la relevancia para el presente estudio enfocado en la evaluación de la acomodación al mobiliario escolar para la población de niños de 5 a 7 años de edad de la provincia de Cotopaxi – Ecuador.

2. Metodología.

El presente estudio sigue el método de “*selección y empleo de personas para el ensayo de aspectos antropométricos de productos y diseños industriales*” determinado por la normativa ISO 15537 (ISO, 2009), y la metodología para el “*diseño físico: antropometría y biomecánica*” de González et al (2001). Se establecen los siguientes pasos:

1. Determinar los datos de la población objetivo
2. Determinar el tamaño de la muestra
3. Determinar los límites de diseño
4. Análisis de los datos
5. Resolver los problemas de diseño

2.1. Población objetivo.

En el estudio realizado por Guerrero y Yajamín (2017) a 400 niños de 2 a 5 años en la ciudad de Quito – Ecuador, se determinó que no existe una verdadera acomodación al percentil más alto de la población. También, en el estudio de García-Acosta & Lange-

Morales (2007) realizado a 4611 niños entre las edades de 10 a 18 años en la ciudad de Bogotá – Colombia, se notó una disconformidad del mobiliario escolar empleado. Como se puede observar, se presentan diversos estudios enfocados a la evaluación de conformidad del mobiliario escolar; pese a ello existe una brecha de investigación en la población de 5 a 7 años.

Debido a la información mencionada, la población objetivo está constituida por niños de 5 a 7 años de edad, pertenecientes a establecimientos educativos de zonas rurales y urbanas de la provincia de Cotopaxi – Ecuador, contando con un total de 26069 niños. Donde el 26% (6778 niños) corresponde a la zona urbana, y el 74% (19291 niños) corresponde a la zona rural (Ministerio de Educación, 2015).

2.2. *Tamaño de la muestra*

Dada la limitación de tiempo para el estudio pertinente de toda la población objetivo y el acceso de autorización para la participación de los niños por parte de los representantes legales, se ha decidido aplicar una técnica de muestreo estadístico, debido a la confiabilidad que brinda la estadística en los análisis e inferencias de investigación (Montgomery & Runger, 2009). A continuación, siguiendo el proceso de muestreo de Nogales (2004), se establece el tamaño de la muestra:

Se utiliza la fórmula y el análisis del cálculo de tamaño de muestra para muestreo por proporción tomando en cuenta una población infinita, ya que se tiene una población objetivo mayor a 10.000 unidades (Montgomery, 2002). Se utilizó un nivel de confianza del 95% y un límite aceptable de error muestral (e) del 5% (Montgomery, 2002). La ecuación utilizada fue la siguiente (Montgomery, 2002):

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2}}{e} \right)^2 p(1 - p)$$

Donde, n es el tamaño de muestra, p es la proporción de la población de niños de zonas urbana y rural (correspondiente a $p=0.26$ para la zona urbana), y la prevalencia esperada del parámetro que no se estima ($1-p=0.74$ para la zona rural) (Montgomery, 2002).

El tamaño de la muestra calculado con la ecuación antes mencionada es de 600 niños, 300 de la zona urbana y 300 de la zona rural:

$$n = \left(\frac{1.96}{0.05} \right)^2 0.26(1 - 0.26) = 295.6 \approx 300 \text{ niños (zona urbana)}$$

$$n = \left(\frac{1.96}{0.05} \right)^2 0.74(1 - 0.74) = 295.6 \approx 300 \text{ niños (zona rural)}$$

Se realizan dos afijaciones a la muestra, la primera corresponde a la asignación de niños por zona (urbana/ rural) para cada dirección distrital de la provincia de Cotopaxi, y la segunda corresponde al género por zona (urbana/ rural) para cada dirección distrital de la provincia de Cotopaxi.

Para la afijación de la muestra se asigna un número de individuos muestrales proporcionales al tamaño de su población. Los elementos de la muestra se distribuyen según el tamaño de los estratos 1 y 2, correspondientes a la zona rural y urbana respectivamente (tabla 1). Con respecto al género, se toma en consideración la información del INEC (2013), el 48.5% de la población de la provincia de Cotopaxi es perteneciente al género masculino y el 51.5% al género femenino (tabla 2).

Tabla 1

Lista de la cantidad de niños por zona a ser medidos en cada distrito.

Dirección distrital	Rural	Urbana
La Mana	20	67
Latacunga	104	149
Pangua	22	5
Pujilí	67	26
Salcedo	41	29
Saquisilí	21	20
Sigchos	25	5
Total	300	300

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 2

Lista de la cantidad de niños y niñas por zona a ser medidos en cada distrito.

Dirección distrital	Niños zona rural	Niñas zona rural	Niños zona urbana	Niñas zona urbana
La Mana	10	10	32	35
Latacunga	50	54	72	77
Pangua	11	11	2	3
Pujilí	32	35	13	13
Salcedo	20	21	14	15
Saquisilí	10	11	10	10
Sigchos	12	13	2	3
Total	145	155	145	155

Fuente. Elaboración propia.

2.3. Límites de diseño

Los límites de diseño antropométrico se basan en las medidas de las características físicas de la población objetivo del estudio, de manera que se pueda proyectar la acomodación de las características en un diseño de mobiliario escolar (González et al, 2001). Para entender la búsqueda de ajuste entre las medidas humanas y los límites de diseño, González et al (2001) establece los siguientes pasos:

1. Establecer las características físicas humanas necesarias y suficientes para el estudio.
2. Seleccionar la población adecuada y representativa respecto al diseño que se quiera realizar y a quien vaya a dirigirse.
3. Determinar los puntos estadísticos pertinentes, percentiles, para acomodar al rango establecido de usuarios.

En cuanto al paso 1, para determinar las características físicas humanas (variables antropométricas) requeridas para el diseño y evaluación del mobiliario escolar, se evalúa la dependencia de factores entre la antropometría del usuario y las dimensiones del objeto envuelto en la actividad de la postura sentada, en este caso pupitres o sillas y escritorios (González et al, 2001). En la tabla 3 se presentan las variables antropométricas requeridas para el diseño (González et al, 2001).

Tabla 3

Lista de variables antropométricas consideradas para el diseño de mobiliario escolar.

Dimensión antropométrica	Codificación de dimensión	Descripción	Aplicación
Estatura	E1	Distancia vertical desde el piso hacia la corona de la cabeza del sujeto.	Define la relación de los segmentos del cuerpo en relación con los objetos del mobiliario.
Estatura sentado	ES2	Distancia vertical desde la superficie del asiento hacia la corona de la cabeza del sujeto (postura erguida).	Define la disposición de los segmentos del cuerpo en la postura de interacción con el mobiliario.
Altura codo	CA3	Distancia vertical desde la superficie del asiento hacia el codo (brazo doblado en ángulo de 90° en postura erguida).	Referencia para determinar la altura de la silla, y la altura de la superficie de trabajo de la mesa.
Altura hombro	HA4	Distancia vertical desde la superficie del asiento hacia el acromio (parte superior y más alta del hombro).	No tiene relación directa con el mobiliario. Utilizada de referencia, la altura del respaldo de la silla no debe pasar esta dimensión.

Distancia cúbito- mano	CM5	Distancia horizontal desde el codo hacia la punta del tercer dedo (medio). (Brazo pegado hacia el costado, doblado en ángulo de 90°, mano extendida).	No tiene relación directa con el mobiliario. Utilizada de referencia, la profundidad del asiento de la silla no debe pasar esta dimensión.
Altura muslo	MA6	Distancia vertical desde la superficie del asiento hacia el punto más alto del muslo (postura sentada).	Determina la mínima altura de la parte debajo de la superficie de trabajo de la mesa. Debe hacer un espacio de holgura entre la mesa y los muslos para movilidad de las piernas.
Altura rotular	AR7	Distancia vertical desde la planta del pie hacia la rodilla (plantas del pie en posición paralela al piso).	Define la altura del asiento de la silla.
Distancia glúteo- rodilla	GR8	Distancia horizontal desde la rodilla hacia el glúteo.	Establece la profundidad máxima que puede tener el asiento de la silla, referencia para la ubicación del respaldo de la silla.
Ancho de la cadera	AC9	Distancia horizontal entre los puntos más laterales de la cadera.	Determina la anchura mínima del asiento de la silla.
Altura subescapular	AEC10	Distancia horizontal entre los puntos más sobresalientes de los omoplatos (postura erguida sentada).	Define la altura del borde del respaldo de la silla, para permitir movimiento de las extremidades superiores.

Fuente. González et al (2001).

Con respecto al paso 2, dado que se ha establecido anteriormente la población objetivo se prosigue con el paso 3, correspondiente a determinar los percentiles para acomodar al rango establecido de usuarios. El percentil estadístico está determinado por la clasificación de todos los valores de los datos de muestra y la elección de los puntos a partir de los cuales los valores están fuera del alcance del diseño, ya sea por exceso o por defecto. Por lo general, en ergonomía, se utiliza el percentil 95, que corresponde al límite máximo del alcance del diseño (González et al, 2001). Por otro

lado, para el mínimo alcance, es común usar el rango del percentil 1 al 5 (González et al, 2001). Ante esto, y dado que el diseño se enfoca en dimensiones ajustables, González et al (2001) establece que se debe alcanzar el percentil 5-95 cuando se diseñan muebles escolares.

2.4. Análisis de los datos.

Los datos recopilados incluyeron: dimensiones antropométricas, edad, y género. Todas las tabulaciones se escribieron en una sola hoja de cálculo de Excel®, obteniendo los siguientes parámetros: percentil cinco (P5), percentil 50 (P50), percentil noventa y cinco (P95) y desviación estándar para las zonas rurales y urbanas, respectivamente. Para cada dimensión tomada, se identificaron el valor mínimo (P5) y el valor máximo (P95), estableciendo el rango que debería cubrirse en futuros diseños de mobiliarios. Cabe señalar que "aunque otros estudios concluyeron que hay diferencias antropométricas significativas entre los géneros" (Jeong y Park, 1990), no se hizo una distinción en el presente estudio ya que todos los grupos escolares en la región de Cotopaxi tienen niños y niñas juntas en la misma clase utilizando el mismo mobiliario (García-Acosta et al, 2007). Por lo tanto, García-Acosta y Lange-Morales (2007) establecieron que hacer una distinción de género en el diseño de muebles no es útil para propósitos prácticos.

El análisis de los datos recopilados en el presente estudio mostró como resultado, las tablas antropométricas para las zonas rurales y urbanas, que se pueden encontrar en las siguientes tablas (las medidas están en centímetros).

Tabla 4

Tabla antropométrica para la zona rural.

Parámetro	E1	ES2	CA3	HA4	CM5	MA6	AR7	GR8	AC9	AEC10
μ	112	90	15	38	29	9	34	38	22	31
σ	6,2	6,8	1,9	2,6	1,9	1,1	2,1	2,5	5,2	7,9

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 5

Tabla antropométrica para la zona urbana.

Parámetro	E1	ES2	CA3	HA4	CM5	MA6	AR7	GR8	AC9	AEC10
μ	123	109	16	40	33	10	37	39	25	33
σ	4,6	8,7	1,7	2,2	2,5	1,6	2,0	2,1	9,2	8,3

Fuente. Elaboración propia.

A partir de las tablas obtenidas, se puede evidenciar la diferencia existente entre las dimensiones de cada una de las poblaciones. Dentro de este aspecto, es importante recalcar las características de estatura (E1) y ancho de la cadera (AC9), ya que presentan una diferencia mayor al 10% entre sus valores máximos. Para la estatua se tienen los valores máximos de 120 cm para la zona rural, y 131 cm para la zona urbana;

para el ancho de la cadera se tienen los valores máximos de 27 cm para la zona rural, y 38 cm para zona urbana. Las demás dimensiones no son consideradas debido a que la diferencia no es relevante, siendo menor al 10% entre las dos poblaciones.

2.5. Resolver los problemas de diseño.

Mediante las dimensiones establecidas para las poblaciones de estudio, se procedió con el diseño del mobiliario. Para el diseño se siguieron 3 de los 5 pasos de la metodología IDEO, correspondiente a la observación e investigación, lluvia de ideas y prototipado (Hardagon, 1997). En primer lugar, se estableció el enfoque del diseño el cual sería ajustable con piezas regulables como menciona Altaboli et al. (2002) en su propuesta de diseño de un pupitre regulable. Sin embargo, la concepción del posicionamiento de los muebles fue de piezas independientes contrario a lo que Altaboli et al. (2002) proponen, es decir, “la mesa y la silla por separado debido a la libertad de adaptación que se puede dar a los niños” (Castellucci et al, 2015).

Para el diseño del escritorio, las dimensiones correspondientes a la altura de la rodilla y el ancho de la cadera se usaron para determinar la altura y el ancho del escritorio, respectivamente. Para la altura, se tomó el percentil noventa y cinco (P95) de la medida – altura rotular (AR7) de la zona urbana para lograr el ajuste máximo, y se usó el percentil cinco (P5) de la medida – altura rotular (AR7) de la zona rural para el alcance mínimo. Los percentiles mencionados anteriormente para el ancho del escritorio se tomaron según el ancho de la cadera (AC9) y se agregaron 15 centímetros necesarios para el ajuste del asiento a la silla (ya que esta es una pieza de mobiliario separada).

El diseño final del escritorio se compone de 5 piezas, dos piezas que se encuentran como base. En la parte posterior se ubican los agujeros para las dos piezas de soporte en las cuales se encuentra el ajuste de regulación. Finalmente se tiene la pieza correspondiente a la superficie del escritorio, a la cual se ajustan las piezas o patas de soporte.

El siguiente es el bosquejo del diseño propuesto, y el diseño original del escritorio utilizado actualmente por los estudiantes (Figura 1).

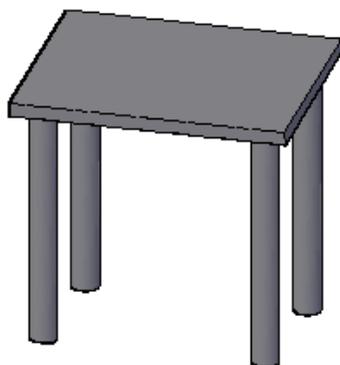


Fig.1. a) Diseño actual de escritorio.

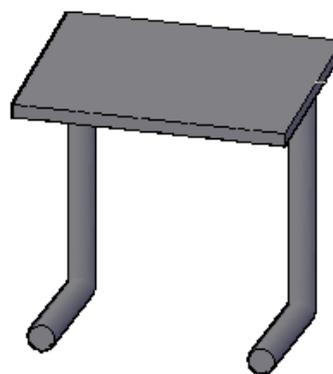


Fig.1. b) Diseño propuesto de escritorio.

Para el diseño de la silla, las dimensiones correspondientes a la altura de asiento, la altura del codo, la altura del hombro, la altura del muslo, la altura de la rodilla, la distancia glúteo-rodilla, el ancho de la cadera y la altura subescapular, se utilizaron para determinar la altura y ancho de la silla. Para cada dimensión de la silla, se ha tomado el percentil noventa y cinco (P95) para lograr el ajuste máximo y el percentil cinco (P5) para el alcance mínimo. Las dimensiones establecidas para el ancho de la silla se han fijado debido a la necesidad de ubicar la silla en el espacio del ancho interno del escritorio (ya que esta es una pieza de mobiliario separada). En cuanto a las dimensiones de la altura de la silla, se han establecido tres regulaciones a intervalos de 5 cm que facilitan el ajuste de la población estudiada. Las regulaciones antes mencionadas se alcanzan a través de piezas que se ajustan mediante tornillos pasantes.

El siguiente es el bosquejo del diseño propuesto, y el diseño original de la silla actualmente utilizada por los estudiantes (Figura 2).

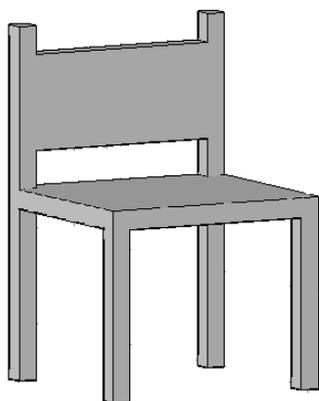


Fig.2. a) Diseño de silla actual.

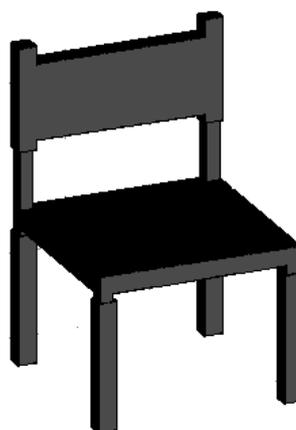


Fig.2. b) Diseño de silla propuesto.

3. Conclusiones.

Varios estudios antropométricos realizados en el país se han centrado solo en la recopilación de datos y la realización de tablas antropométricas, pero principalmente en la edad adulta, sin tener en cuenta que las causas de los trastornos musculoesqueléticos provienen de los malos hábitos posturales de la niñez (Gutiérrez & Apud, 1992). En el Ecuador, no existen estudios previos ni tablas antropométricas para la población de niños en el rango de edad de 5 a 7 años, así como tampoco estudios relacionados a la acomodación de los niños respecto al mobiliario escolar (Guerrero et al., 2017). En varias regiones latinoamericanas se ha promovido la investigación dentro de este ámbito debido a la necesidad de mejorar las condiciones a las cuales se ven expuestas la población infantil (Estrada et al, 2008). Así se establecen las instituciones educativas como lugares de estudio necesarios, al ser los lugares en los que pasan la mayor parte del tiempo durante la niñez (Al-Ansari & Mokdad, 2009). Ante lo mencionado, como resultado de la investigación, se han obtenido tablas antropométricas para la población determinada en el estudio. Esta información permite una aplicabilidad en varios campos

de estudio y no solo dentro del país, sino también en varias regiones aledañas que comparten similitudes en su geografía y otros factores de la región, a los cuales se ve expuesta la población.

Mediante los datos recopilados, se ha podido observar la existencia de diferencias significativas en las dimensiones de las características antropométricas de las dos poblaciones, rural y urbana. Aunque dentro de este estudio no se realiza un análisis de las posibles causas, se establece la hipótesis de las diferencias nutricionales como premisa de una de las causas predominantes de estas diferencias mencionadas (Estrada et al, 2008). Se establece como recomendación la realización de una investigación posterior, enfocada en un estudio nutricional para el análisis de las causas de las diferencias antropométricas existentes entre las dos poblaciones definidas a lo largo del presente estudio.

Adicionalmente, a través de la información obtenida, se ha realizado una propuesta de diseño ergonómico de mobiliario escolar, específicamente una mesa y una silla, que se ajustan a las dimensiones reales de cada población. De esta manera, esta propuesta se puede ajustar y regular de acuerdo a las necesidades de altura y ancho de cada niño para el rango de edad determinado. Como ya se mencionó anteriormente, la propuesta de diseño se enfoca en una característica principal: la comodidad. Debido a este factor, el mobiliario tuvo un diseño separado, es decir, la mesa y la silla son piezas independientes. Contrario a lo establecido, el enfoque comúnmente dado a este tipo de estudios es de un diseño en conjunto de las piezas, de manera que se obtenga un mobiliario de fabricación económica. Así establece Altaboli et al. (2002) en su propuesta de diseño de mobiliario para niños de 7 a 10 años, de un pupitre (mesa y silla juntas como un mismo mueble). Por otro lado, Castellucci et al. (2015) en su análisis de las dimensiones de mobiliario escolar para niños de 8 años recomienda la utilización de muebles separados que le brinde más libertad de movilidad y de adaptación al infante.

A partir de lo mencionado, se propone el diseño enfocado en piezas de muebles separados (independientes) las cuales están constituidas por partes regulables. Dentro de este aspecto es importante recalcar que el diseño se aplicó hacia el manejo por adultos, como propone González et al. (2001) en su estudio para el diseño físico y biomecánico. En otras palabras, la adecuación y regulación del mobiliario debe ser realizado por un adulto, mediante esto último, se garantiza que los niños no puedan manipular el mobiliario evitando que se lastimen o se genere algún daño a los muebles. Si bien, dentro de la investigación no se ha tomado en cuenta aspectos específicos del diseño como son temas relacionados a costos de fabricación y materiales, se recomienda un estudio posterior para el análisis de beneficio-costos de la fabricación del diseño propuesto así como de viabilidad de implementación por parte de las instituciones educativas.

Dentro del estudio, también se han presentado varias limitaciones que son relevantes mencionar, la más importante se relaciona con la falta de caracterización adecuada de cada población dentro de cada institución educativa. Si bien dentro del

estudio, se ha utilizado la caracterización de zona rural y urbana dada por el ente regulador nacional - INEC -, esta no garantiza que la población encontrada dentro de cada institución sea la específica dada por la caracterización. Por el contrario, en cada institución educativa fue evidente encontrar la combinación de las zonas. Pese a esto, para asegurar que la muestra sea representativa se realizó una toma de datos adicionales al número total de la muestra para poder tener en cuenta temas de datos atípicos dentro del análisis.

Referencias Bibliográficas

- Al-Ansari, M., & Mokdad, M. (2009). Anthropometrics for the Design of Bahraini School Furniture. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39, 728-735.
- Altaboli, A., Belkhear, M., Bosenina, A. & Elfsei, N. (2015). Anthropometric Evaluation of the Design of the Classroom Desk for the Fourth and Fifth Grades of Benghazi Primary Schools. *Procedia Manufacturing* 3(1), 5655 – 5622.
- Balague, F., Troussier, B. & Salminen, J. (1999). Non-Specific Low Back Pain in Children and Adolescents: Risk Factors. *European Spine Journal*, 6, 429-438.
- Berdasco, A. (2002). Evaluación del estado nutricional del adulto mediante la antropometría. *Revista Cubana Aliment Nutr*, 16(2), 146-152.
- BSI (British Standard Institution). (2006). *BS EN 1729-1: 2006, Furniture – Chairs and Tables for Educational institutions – Part 1: Functional Dimensions*. BSI, UK.
- Castellucci, H.J., Arezes, P.M. & Viviani, C.A. (2010). Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools. *Applied Ergonomics*, 41(4), 563-568.
- Castellucci, H.J., Arezes, P.M. & Molenbroek, J.F.M. (2015). Analysis of the Most Relevant Anthropometric Dimensions for School Furniture Selection Based on a Study with Students from One Chilean Region. *Applied Ergonomics* 46, 201-211.
- Castellucci, H.J., Catalán, M., Arezes, P.M. & Molenbroek, J.F.M. (2016). Evidence for the need to update the Chilean standard for school furniture dimension specifications. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 56, 181-188.
- Currie, C., Hurrelmann, K., Settertobulte, W., Smith, R. & Todd, J. (2002). *Health and Health Behaviour among Young People. Health Behaviour in School-aged Children: A WHO Cross-national Study (HBSC) International Report 1997-8*, p. 36 (Copenhagen: WHO)

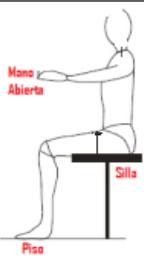
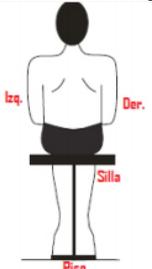
- Estrada, G., Matienzo, G., Apollinaire, J., Martínez, M., Gómez, M. & Carmouce, H. (2008). Perfil Antropométrico Comparado de Escolares Deportistas y no Deportistas. *Medisur*, 5(2), 37-45
- García-Acosta, G. & Lange-Morales, K. (2007). Definition of sizes for the design of school furniture for Bogotá schools based on anthropometric criteria, *Ergonomics*, 50(10), 1626 – 1642, DOI: 10.1080/00140130701587541
- González, A., Vila, J., Guerra, C., Quintero, O., Dorta, M. & Pacheco, J. (2010). Nutritional Condition of School Age Children. Clinic, Anthro-po-medical and Alimentary Assessment. *Medisur*, 8(2), 15-22.
- González, P. & Gómez, M. (2001). *Temas de Ergonomía y Prevención*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Gracia, B., Plata, C., Rueda, A. & Pradilla, A. (2003). Antropometría por Edad, Género y Estrato Socioeconómico de la Población Escolarizada de la Zona Urbana de Cali. *Colombia Médica*, 34(2), 61-68.
- Guerrero, W. & Yajamín, M. (2017). *Comodidad en el Aula: Retos en la Aplicación de Antropometría en el Diseño de Mobiliario Preescolar*. Tesis (Ingeniería Industrial), Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería, Quito, Ecuador.
- Gutiérrez, M. & Apud, E. (1992). Estudio Antropométrico y Criterios Ergonómicos para la Evaluación y el Diseño de Mobiliario Escolar. *Cuaderno Médico Social*, 33, 72-80.
- Hargadon, A., & Sutton, R. I. (1997). Technology brokering and innovation in a product development firm. *Administrative science quarterly*, 716-749.
- Harris, C., Staker, L., Pollock, C. & Trinidad, S. (2005). Musculo-Skeletal Outcomes in Children Using Information Technology – the need for a specific etiological model. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, 131-138.
- INN (Instituto Nacional de Normalización Chile). (2002). *Norma Chilena 2566, Mobiliaria Escolar – Sillas y Mesas Escolares – Requisitos dimensionales*. INN, Santiago de Chile.
- ISO. (2009). *Principios para la selección y empleo de personas en el ensayo de aspectos antropométricos de productos y diseños industriales (UNE-EN ISO 15537)*. ISO, Valencia.
- JIS (Japanese Industrial Standards). (2011). *JIS S 1021 – School Furniture – Desks and Chairs for General Learning Space*. JIS, Tokyo, Japan.

- Lescay, R., Becerra, A. & González, A. (2017). Antropometría. Análisis comparativo de las Tecnologías para la Captación de las Dimensiones Antropométricas. *Revista EIA*, 13 (26).
- Maldonado-Macías, A., Romero, R., Zapata, J., Martínez, E. & Noriega, S. (2015). Desarrollo de Datos Antropométricos para Niños con Discapacidad Motriz en la Ciudad Juárez. *CULCyT*, (41).
- Márquez, M. (2016). *Modelo para la Predicción de Trastornos Musculo-esqueléticos de Origen Laboral*. Valencia: Universidad de Carabobo.
- Ministerio de Educación. (2015). *Zonas, distritos y Circuitos Educativos*. Recuperado el 12 de noviembre de 2017 desde <https://educacion.gob.ec/zonas-distritos-y-circuitos/>
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2011). *Protocolo de Atención y Manual de Consejería para el Crecimiento del Niño y la Niña*. Recuperado el 22 de octubre de 2017 desde http://www.opsecu.org/manuales_nutricion/
- Montgomery, D.C. & Runger, G.C. (2002). *Applied statistics and probability for engineers (2 ed.)*. México D.F.: Limusa Willey
- Nogales, A. (2004). *Investigación y técnicas de Mercado*. Madrid: ESIC Editorial.
- Punnett, L. & Wegman, D. (2004). Work-Related Musculoskeletal Disorders: The Epidemiologic Evidence and the Debate. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14, 13-23.
- Scharager, J. & Armijo, I. (2001). *Metodología de la Investigación para las Ciencias Sociales: Escuela de Psicología*, SECICO Pontifica Universidad Católica de Chile.
- Torres, M., Paz, K. & Salazar, F. (2006). *Tamaño de una muestra para una investigación de mercado*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

Anexo 1. Ficha antropométrica.

Edad Participante	Siglas Nombre	M F Género	Fecha
Ficha No.	Institución Educativa:		
Código	Parámetro	Medida (mm)	
E1	Estatura		
ES2	Estatura sentado		
CA3	Altura codo		
HA4	Altura hombro		
CM5	Distancia cúbito-mano		
MA6	Altura muslo		
AR7	Altura rotular		
GR8	Distancia glúteo-rodilla		
AC9	Ancho de la cadera		
AEC10	Altura subescapular		

Anexo 2. Límites de diseño.

 <p>Parámetro: estatura.</p>	 <p>Parámetro: estatura sentado.</p>	 <p>Parámetro: altura codo</p>
 <p>Parámetro: altura hombro.</p>	 <p>Parámetro: distancia cúbito-mano.</p>	 <p>Parámetro: altura muslo.</p>
 <p>Parámetro: altura rotular.</p>	 <p>Parámetro: distancia glúteo-rodilla.</p>	 <p>Parámetro: ancho de la cadera.</p>
 <p>Parámetro: altura subescapular.</p>		

Anexo 3. Aplicación de toma de mediciones.

Parámetro: estatura.



Parámetro: estatura sentado.



Parámetro: distancia cúbito-mano.



Parámetro: ancho de la cadera.