

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**Título:** Análisis ergonómicos y biomecánicos del uso de tabletas, computadores y teléfonos móviles en niños

**Autor:** Keyla Rosa Tilbe Ayola  
Benilda Niño Prada

---

Jurado

---

Jurado

---

Directora: Sonia Helena Contreras Ortiz

Codirector: Holman Ospina Mateus

Cartagena, marzo 2017

Análisis ergonómicos y biomecánicos del uso de tabletas,  
computadores y teléfonos móviles en niños

Keyla Rosa Tilbe Ayola

Benilda Niño Prada

Directora: Sonia Helena Contreras Ortiz

Codirector: Holman Ospina Mateus

**Universidad Tecnológica de Bolívar**

**Facultad de Ingenierías.**

**Programa de Ingeniería Industrial.**

**Cartagena**

Marzo 2017

Análisis ergonómicos y biomecánicos del uso de tabletas,  
computadores y teléfonos móviles en niños

Keyla Rosa Tilbe Ayola

Benilda Niño Prada

Trabajo de grado para optar al título de

**Ingeniera Industrial**

Directora: Sonia Helena Contreras Ortiz

Codirector: Holman Ospina Mateus

**Universidad Tecnológica de Bolívar**

**Facultad de Ingenierías.**

**Cartagena**

Marzo 2017

## **Resumen**

El propósito de este trabajo es realizar la evaluación ergonómica de las diferentes posturas que adoptan los niños con la utilización de tabletas, computadores y teléfonos móviles. En la actualidad existen pocos estudios que analicen los aspectos ergonómicos en la utilización de estos dispositivos en niños, y los riesgos musculo esqueléticos que estos pueden generar. Este documento describe un estudio piloto ergonómico y biomecánico para el análisis de las posturas de una niña de cinco años mientras utilizaba cada uno de los dispositivos en distintas posiciones. Se generaron modelos en 3D del cuerpo de la niña de cinco años de edad en un software llamado Delmia V5 basados en las medidas antropométricas según la Norma Técnica Colombiana NTC 5649 y en soportes fotográficos. Se consideraron las posiciones sentado, sentado con las piernas cruzadas, acostado boca arriba, acostado boca abajo y de pie. Se llegó a la conclusión de que las posiciones más adecuadas son: sentado en el escritorio y de pie, debido que requieren menos esfuerzo y la posición con mayor riesgo es sentado con piernas cruzadas. Se necesita más investigación para validar los riesgos musculo esqueléticos asociados con dispositivos electrónicos en los niños.

## **CONTENIDO**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>1.1 MARCO TEÓRICO</b>	<b>8</b>
<b>1. MATERIALES Y MÉTODOS.</b>	<b>17</b>
<b>2.1 CUESTIONARIOS</b>	<b>17</b>
<b>2.2 ADQUISICIÓN DE DATOS</b>	<b>17</b>
<b>2.3 DIGITALIZACIÓN</b>	<b>17</b>
<b>2.4 ANÁLISIS ERGONÓMICO</b>	<b>22</b>
<b>2.5 ANÁLISIS BIOMECÁNICO</b>	<b>23</b>
<b>2. RESULTADOS Y ANÁLISIS</b>	<b>24</b>
<b>3.1 ANÁLISIS ERGONÓMICO</b>	<b>28</b>
<b>3.2 ANÁLISIS BIOMECÁNICO</b>	<b>29</b>
<b>3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>33</b>

## Lista de Figuras

Figura 1 Puntuaciones de postura para el grupo A, Brazo, Antebrazo y Muñeca[10] .....	10
Figura 2 Puntuaciones de las posturas para el grupo B, Cuello, Tronco y Piernas[10] .....	11
Figura 3 Pasos para obtener la PUNTUACIÓN FINAL.....	12
Figura 4 Analogía miembro palanca.....	15
Figura 5 Segmentos del modelo humano.....	16
Figura 6 Programa GeoGebra .....	18
Figura 7 Construcción del maniquí.....	19
Figura 8 Selección del maniquí.....	19
Figura 9 Maniquí Adulto .....	20
Figura 10 Selección del género del niño.....	20
Figura 11 Selección de la edad según los percentiles .....	21
Figura 12 Maniquí de una niña de 5 a 6 años de edad.....	21
Figura 13 Digitalización de las medidas antropométricas de la niña.....	22
Figura 14 Digitalización del maniquí.....	25
Figura 15 Posición de pie con celular.....	25
Figura 16 Posición sentado en el escritorio .....	26
Figura 17 Posición sentado con las piernas cruzadas.....	26
Figura 18 Posición acostado boca arriba.....	27
Figura 19 Posición acostado boca abajo .....	27
Figura 20 Puntuación del RULA GLOBAL .....	29
Figura 21 Puntuación de las diferentes áreas analizadas .....	29
Figura 22 Momento L4-L5 en todas las posiciones.....	30
Figura 23 Compresión L4-L5 en todas las posiciones.....	30
Figura 24 Compresión del cuerpo en todas las posiciones .....	31
Figura 25 Flexión-Extensión en todas las posiciones .....	31
Figura 26 Esfuerzo cortante en todas las posiciones.....	31

## **Capítulo 1.**

### **Introducción**

Gracias a los avances de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC'S), los usuarios de ayudas tecnológicas como computadores, tabletas y teléfonos móviles han aumentado en los últimos años. Desde la invención de las computadoras, su funcionamiento ha mejorado apreciablemente mientras que su precio ha reducido. Como resultado, su uso para fines educativos y de entretenimiento ha aumentado. El creciente uso de computadoras en los niños aumentó la preocupación por las consecuencias a largo plazo que pueden tener en la salud, ya que todavía están en desarrollo físico. Varios estudios se han realizado para evaluar los impactos físicos del uso de computadoras en los niños [1], [2],[3], [4]. Harris [3] aplicó un cuestionario a 1351 niños para identificar resultados MSK asociados al uso de la computadora. Encontró que los síntomas comunes eran dolor en el cuello e incomodidad en la espalda baja y su gravedad dependía de la frecuencia y la duración del uso de la computadora. Straker [1] utilizó la fotogrametría y electromiografía superficial (EMG) para evaluar la postura durante el uso de tableta, computadora de escritorio en los niños pequeños. Los resultados muestran que las tabletas y las computadoras se relacionan con una mayor actividad del músculo del cuello, más flexión del tronco y más flexión y hombros elevados en las computadoras de escritorio. Por lo tanto, probablemente

representan un mayor riesgo de incomodidad MSK. Basado en estudios anteriores, Straker [5] Examinó las pruebas de los efectos positivos y negativos del uso de la computadora en los niños y propuso un conjunto de directrices para el uso racional de las computadoras por los niños.

Por otro lado, los teléfonos inteligentes y tabletas comenzaron a popularizarse en los primeros años del siglo XXI. Pereira et. al. [6] evaluaron los efectos del uso de tabletas en relación con la usabilidad, la fatiga y la biomecánica entre los usuarios con manos pequeñas. Young et. al. [7] estudiaron las posturas de la cabeza y el cuello durante cuatro configuraciones comunes de usuarios de tabletas. Ning et.al. [8] evaluaron la postura del cuello y cinemática de la columna cervical durante la operación de una tableta de pantalla táctil y un teléfono móviles. Utilizan un sistema EMG inalámbrico y sensores inerciales para registrar la actividad muscular y los datos de postura. Los resultados mostraron que los usuarios mantienen la flexión profunda del cuello cuando usan dispositivos móviles con pantalla táctil.

Se cree que la alta prevalencia de incomodidad MSK aumenta el riesgo de trastornos musculo esqueléticos (MSD). MSD son lesiones en tejidos blandos como tendones, ligamentos, cartílagos, músculos y nervios [9]. Sin embargo, hay una falta de investigación sobre el análisis cuantitativo de los efectos en el sistema MSK de los niños cuando se utilizan dispositivos tecnológicos. El propósito de este estudio es evaluar la postura de un niño durante el uso de una computadora portátil, una tableta y un teléfono inteligente; para evaluar los riesgos MSK asociados. Para ello se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo desde el punto de vista ergonómico y biomecánico.

## **1.1 Marco Teórico**

La ergonomía es una disciplina científica que estudia la interacción de los humanos con los elementos que componen un sistema, siendo así la encargada de la aplicación de los métodos y teorías encaminadas a optimizar el bienestar humano permitiendo un estudio



adaptativo con el objetivo de preservar la salud, integridad y seguridad; apoyándose de otras técnicas y/o ciencias como la fisiología, la psicología, la sociología, la estadística, etc.

La ergonomía tiene varios métodos de valoración postural clasificado por la repetitividad (Método Ocra, Método JSI), la carga postural (RULA, REBA, OWAS, EPR), manejo de cargas (Método NIOSH, Método GINSHT). En el análisis ergonómico se trabajó con el método RULA (rapid upper limb assessment) el cual evalúa posturas individuales. En un esfuerzo se evalúan los cuatro factores extremos de carga (número de movimientos, trabajo muscular estático, fuerza y postura.

Durante el período de prueba del método RULA se utilizó en ambientes industriales y de oficina por ergonomistas del Instituto de Ergonomía Ocupacional y por fisioterapeutas que asistieron a cursos introductorios en ergonomía. Las operaciones específicas en las que el método RULA fue reportado como herramienta de evaluación útil incluyen una variedad de operaciones de envasado manual y de máquina, tareas basadas en VDU (Visual Display Unit) o monitores, operaciones de confección de prendas de vestir, operaciones de pago de supermercado, tareas de microscopía y operaciones en la industria automotriz[10].

La aplicación del método debe ser al lado derecho y al lado izquierdo del cuerpo por separado sin necesidad de un equipo específico. Para facilitar la identificación de los rangos de postura de los diagramas, cada segmento del cuerpo se presenta en el plano sagital o transversal.

El cuerpo se divide en dos grupos: A y B. Grupo A incluye los miembros superiores (brazos, antebrazos y muñecas), mientras que el grupo B incluye el cuello, el tronco y las piernas. La postura del cuerpo entero se registra de manera que cualquier postura incómoda o limitada de las piernas, el tronco o el cuello que puedan influir en las posturas de la extremidad superior se incluyen en la evaluación.

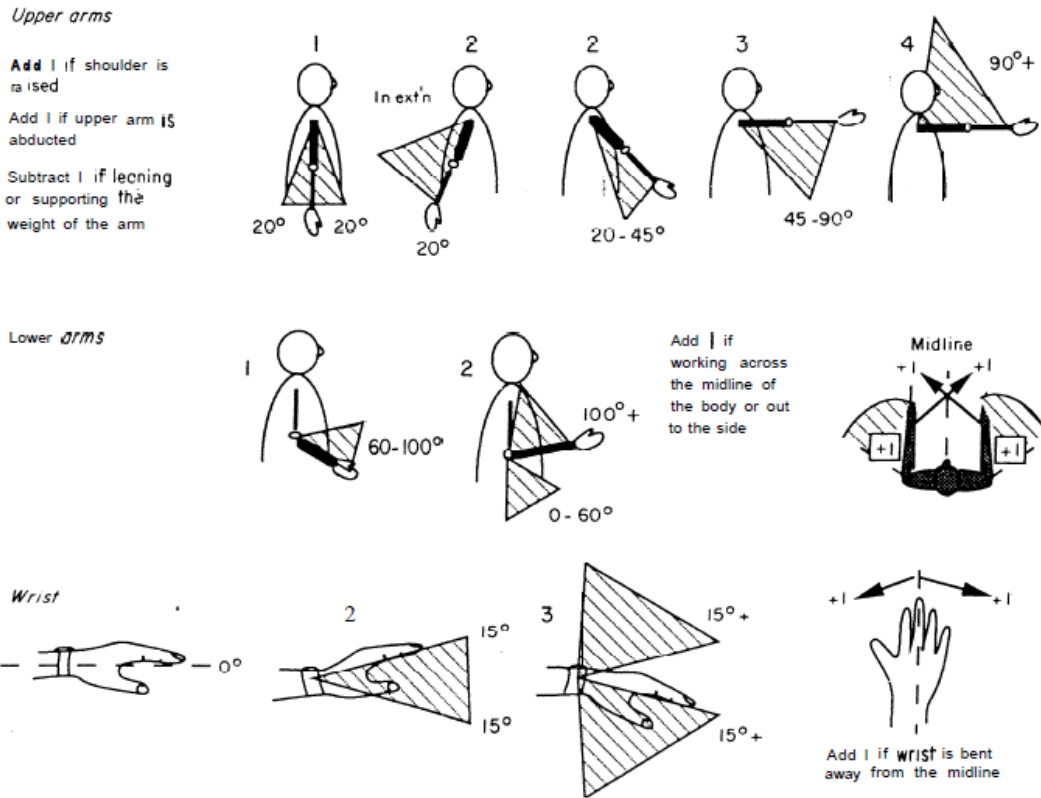


Figura 1 Puntuaciones de postura para el grupo A, Brazo, Antebrazo y Muñeca[10]

La puntuación individual de los Grupos A y B representará el nivel de carga postural del sistema músculo-esquelético debido a las posturas combinadas de la parte del cuerpo (ver figura 1 y 2). El primer paso para establecer un sistema de este tipo era clasificar cada combinación de postura de la menor a la mayor carga basada en datos biomecánicos. Este proceso fue conducido durante algún tiempo por dos ergonomistas y un fisioterapeuta ocupacional. Cada uno clasificó las posturas en una escala de 1 a 7. Una puntuación de 1 se definió como la postura donde se produjo la menor carga musculo esquelética. Esto produjo una tabla de las puntuaciones consolidadas de la postura del segmento corporal denominadas puntuación de postura A y B respectivamente.

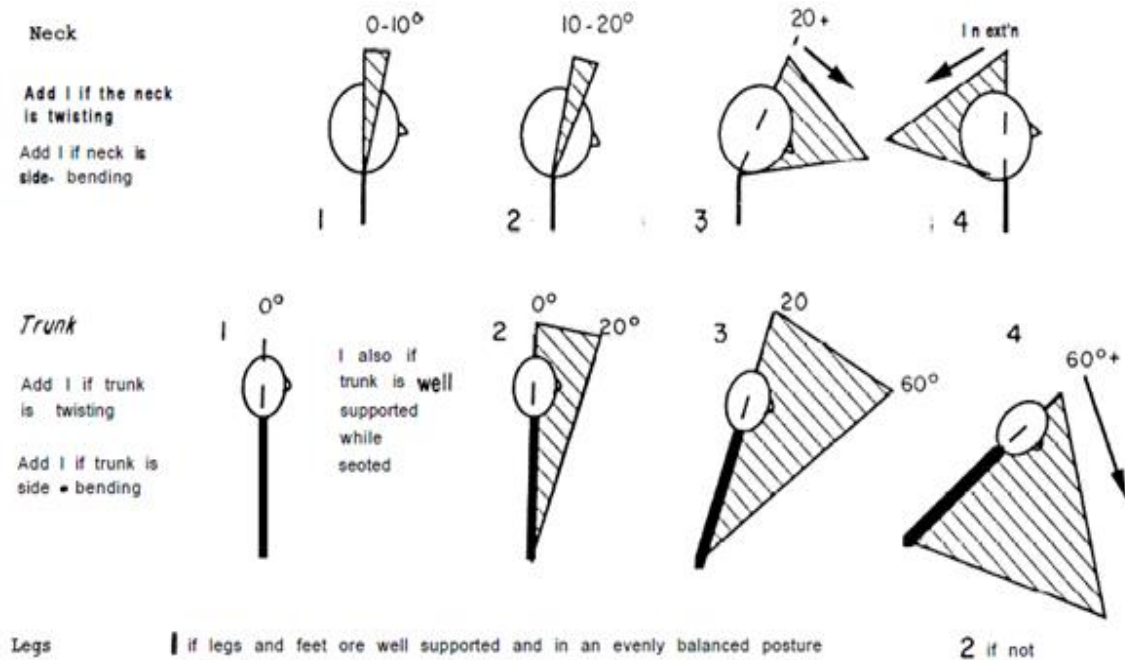


Figura 2 Puntuaciones de las posturas para el grupo B, Cuello, Tronco y Piernas[10]

La relación de las puntuaciones individuales de la parte del cuerpo RULA con el desarrollo de dolor o malestar es estadísticamente significativa para las puntuaciones del cuello y del antebrazo ( $P < 0,01$ ) y no es significativa para las puntuaciones del tronco, brazo o muñeca.

Funcionalmente, la región del cuello-hombro experimenta fatiga muscular estática contribuida por la carga de los brazos y su posición. La región del antebrazo incluye los músculos y las estructuras de tejidos blandos asociados responsables de la postura y la acción de la muñeca, la mano y los dedos.

## RULA Analysis Worksheet

### A. Arm and Wrist Analysis

**Step 1: Upper Arm Position**  
  
**Step 1a: Adjust.....**  
 If shoulder is raised: +1  
 If upper arm is abducted: +1  
 If arm is supported or person is leaning: -1  
**FINAL UPPER ARM SCORE**

**Step 2: Lower Arm Position**  
  
**Step 2a: Adjust.....**  
 If arm is working across midline of the body or if arm is out to side of body: +1  
**FINAL LOWER ARM SCORE**

**Step 3: Wrist Position**  
  
**Step 3a: Adjust.....**  
 If wrist is bent from the midline: +1  
**FINAL WRIST SCORE**

**Step 4: Wrist Twist**  
 If wrist is twisted in mid-range: +1  
 If twist at or near end of range: +2  
**WRIST TWIST SCORE**

**Step 5: Look-up Posture Score in Table A**  
 Use values from steps 1,2,3,4 to locate Posture Score in Table A  
**POSTURE SCORE A**

**Step 6: Add Muscle Use Score**  
 If posture mainly static (i.e. held for longer than 1 minute), or if action repeatedly occurs 4 times per minute or more: +1  
**MUSCLE USE SCORE**

**Step 7: Add Force/Load Score**  
 If load less than 2 kg (intermittent): +0  
 If 2 kg to 10 kg (intermittent): +1  
 If 2 kg to 10 kg (static or repeated): +2  
 If more than 10 kg load or repeated or shocks: +3  
**FORCE/LOAD SCORE**

**Step 8: Find Row in Table C**  
 The completed score from the Arm/Wrist analysis is used to find the row in Table C  
**FINAL WRIST AND ARM SCORE**

Job: \_\_\_\_\_ Employee: \_\_\_\_\_  
 Analyst: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

**Table A**

Upper Arm	Lower Arm	Wrist							
		1		2		3		4	
		Wrist	Twist	Wrist	Twist	Wrist	Twist	Wrist	Twist
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

**Table B**

Neck	Trunk					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	1	2	1	2
	1	2	1	2	1	2
2	1	2	2	3	4	4
	2	2	2	3	4	5
3	2	2	3	3	4	5
	2	3	2	3	4	5
4	2	3	3	4	4	5
	3	4	4	4	5	6
5	3	4	4	4	5	6
	4	4	4	4	5	6

**Table C**

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

**FINAL SCORE:**  
 1 or 2 = Acceptable  
 3 or 4 = Investigate further  
 5 or 6 = Investigate further and change soon  
 7 = Investigate and change immediately

### B. Neck, Trunk and Leg Analysis

**Step 9: Neck Position**  
  
**Step 9a: Adjust.....**  
 If neck is twisted or if neck is side-bending: +1  
**FINAL NECK SCORE**

**Step 10: Trunk Position**  
  
**Step 10a: Adjust.....**  
 If trunk is twisted: +1  
 If trunk is side-bending: +1  
**FINAL TRUNK SCORE**

**Step 11: Legs**  
 If legs and feet are supported and balanced: +1  
 If not: -2  
 If the worker is standing with the body weight evenly distributed over both feet with room for changes of position: +1  
 If the legs and feet are not supported while the worker is sitting or the weight is unevenly balanced when sitting or standing: +2  
**FINAL LEGS SCORE**

**Step 12: Look up Posture Score in Table B**  
 Use values from steps 9, 10, 11 to locate Posture Score in Table B  
**POSTURE SCORE B**

**Step 13: Add Muscle Use Score**  
 If posture mainly static (i.e. held for longer than 1 minute), or if action 4/minute or more: +1  
**MUSCLE USE SCORE**

**Step 14: Add Force/Load Score**  
 If load less than 2 kg (intermittent): +0  
 If 2 kg to 10 kg (intermittent): +1  
 If 2 kg to 10 kg (static or repeated): +2  
 If more than 10 kg load or repeated or shocks: +3  
**FORCE/LOAD SCORE**

**Step 15: Find Column in Table C**  
 The completed score from the Neck/Trunk and Leg Analysis  
**FINAL NECK, TRUNK AND LEG SCORE**

Original source: McAtamney, L. & Corlett, E.N., "RULA: A Survey Method for the Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders", Applied Ergonomics, 24(2) 91-99 (1993), Ergonomics Inc. © 2003

Figura 3 Pasos para obtener la PUNTUACIÓN FINAL

La **biomecánica** se basa en sus principios científicos para analizar los movimientos del hombre, teniendo en cuenta las leyes de la física y aplicándolas a las diferentes acciones motoras que el hombre realiza cuando hace actividad. La biomecánica ha logrado descifrar el porqué de un sin número de acciones que realizamos, dando a conocer que sucede en nuestro sistema musculo esquelético ante cualquier movimiento, El uso de dispositivos electrónicos es cada vez más notorio cada día vemos que la tecnología avanza y estamos más ligados a este tipo de dispositivos. En la actualidad es necesario considerar que los dispositivos electrónicos como cualquier otra disciplina requiere de sistemas y métodos que incluyen movimientos en todos los procesos de formación que a largo plazo son los que permiten el fomento, la masificación o dolencias en algunas zonas del cuerpo.

Para entender un poco que es la biomecánica buscamos varios conceptos de diferentes fuentes para ampliar nuestro conocimiento y así llevar a cabo el análisis biomecánico por ende citamos los conceptos de diferentes autores por ejemplo para Williams y Lissner, La mecánica como base fundamental es el estudio de las fuerzas. Por tanto la biomecánica son todos esos efectos de la aplicación de estos principios mecánicos a los cuerpos humano y animal en movimiento y en reposo, siendo entonces la biomecánica un intento de combinar la ingeniería con la anatomía y la fisiología. Esta misma definición apoyada por otro autor quien además agrega que aunque se trate de una ciencia pluridisciplinar en la que trabajan físicos biólogos e ingenieros, no obstante en la biomecánica humana todos ellos convergen como motricistas, entrenadores, psicólogos y médicos.

La biomecánica para Barbero Álvarez, es “la ciencia que utiliza los principios y métodos de la mecánica (que forma parte de la física) para el estudio de los movimientos del cuerpo humano” Para Hochmuth, el objetivo de la biomecánica consiste en “encontrar la solución más apropiada y la técnica más justa a un movimiento propuesto teniendo en cuenta las propiedades biomecánicas del aparato locomotor.

Con respecto a lo anterior se puede concluir que la biomecánica está basada en el análisis del movimiento, pero que requiere de la participación de otras ciencias que la complementan y que se fundamenta en la mecánica como el lineamiento principal para el estudio del movimiento y las fuerzas que lo originen. Toda ciencia está determinada por un objeto específico de conocimiento, un soporte a todo lo que gira en torno a sus investigaciones, un saber riguroso y contrastable que la determine. Para el caso de la biomecánica se toma los planteamientos de Donskoi, en donde manifiesta un objeto, unas tareas y el contenido de la biomecánica como los lineamientos a seguir para la realización de estudios en esta ciencia.

Objeto de la biomecánica: es la relación, la coalición entre todas aquellas acciones motoras del hombre como sistemas de movimientos activos y las posiciones corporales. Siendo entonces el Campo de estudio de la biomecánica las causas mecánicas y biológicas del surgimiento de los movimientos y las particularidades de su ejecución.

Tareas de la biomecánica: generales y parciales las primeras hacen referencia a toda la rama del conocimiento y las otras para un determinado conjunto de fenómenos a estudiar. La tarea general: consiste entonces en evaluar la efectividad de la aplicación de las fuerzas, para el logro de un objetivo planteado y Las tareas parciales: el estudio de los movimientos del hombre en la actividad motora; el estudio de los objetos físicos que él ha puesto en movimiento, el estudio de los resultados de la solución de una tarea motora y de las condiciones en las cuales esa tarea motora se ha realizado.

Contenido de la biomecánica: compuesto por la teoría de la biomecánica (conjunto de conocimientos adquiridos) en donde se analizan las estructuras y las propiedades así como también el desarrollo del cuerpo humano como sistema biomecánico, la efectividad de las acciones motoras como sistemas de los movimientos, la formación y el perfeccionamiento de los movimientos en las acciones motoras. La biomecánica consigue desarrollar análisis de movimientos los cuales se diversifican de acuerdo a sus características, siendo estas cualitativas: Descripciones sin datos exactos y cuantitativos: que se miden o se calculan, tienen un valor numérico y muestran la relación de una medida con otra. Las características cuantitativas permiten conocer la definición y las posibles mediciones mediante la Cinemática, la cual determina las particularidades de espacio y tiempo de los movimientos y la Dinámica que además de realizar la medición de los movimientos (cinemática), determina las particularidades físicas de los cuerpos, que se manifiestan las interacciones, por lo que la dinámica se divide en estática: interacciones en reposo y cinética interacciones en movimiento[11].

Las lesiones músculo esqueléticas debidas a la carga física suelen tener un origen común: la sobrecarga de estructuras corporales (articulaciones, tendones y vainas tendinosas, ligamentos, músculos, etc.) debido a niveles repetidos y/o excesivos de

esfuerzos en posturas inadecuadas. Aunque muchos métodos de evaluación ergonómica abordan la cuestión de valorar el nivel de riesgo de la realización de esfuerzos, es la aplicación de procedimientos propios de la biomecánica los que permitirán una evaluación más detallada y específica del riesgo. El esfuerzo al que se somete a la articulación es, por una parte, el debido al mantenimiento del peso de los miembros del cuerpo y de la carga, y por otra, el momento que dichas fuerzas provocan sobre la articulación y que debe ser vencido para mantener la postura. Conociendo que el momento de una fuerza respecto a un punto es el producto vectorial del vector fuerza por el vector distancia desde el punto al punto de aplicación de la fuerza y aplicando las ecuaciones de equilibrio, es posible determinar el momento y la fuerza de reacción en la articulación.



Figura 4 Analogía miembro palanca

Fuente: [ergonautas.upv.es](http://ergonautas.upv.es)

Se debe adoptar un modelo humano en el que se determine el número de segmentos que lo componen, la localización del centro de gravedad y el peso de cada segmento. A este conjunto de datos se le denomina parámetros inerciales del modelo humano. La segmentación del cuerpo puede realizarse de múltiples formas dependiendo de cuál sea el objeto de estudio, aunque habitualmente se utilizan 14 segmentos que se presuponen no deformables (Cabeza -cuello, Tronco, Muslos, Piernas, Pies, Brazos, Antebrazos y Manos).



*Figura 5 Segmentos del modelo humano*

*Fuente: ergonautas.upv.es*

Para la determinación de un segmento corporal son imprescindibles dos puntos que definan su eje longitudinal, que habitualmente se corresponden con los extremos de dicho eje: el punto proximal (inicio del segmento) y punto distal (final del segmento). El modelo empleado en el presente caso (Figura 5) presenta 16 segmentos, habiéndose dividido el tronco en tórax y pelvis, y ésta a su vez en dos segmentos que comienzan en el espacio intervertebral L5/S1 y finalizan en las caderas.



## Capítulo 2

### Materiales y Métodos.

#### 2.1 Cuestionarios

Se diseñó un cuestionario para evaluar los hábitos, las posturas, el momento y las molestias en los niños cuando se utilizan dispositivos móviles. Con un total de 60 cuestionarios fueron aplicados a padres de niños con edades entre 2 y 12 años.

A continuación se presentan algunas de las preguntas más relevantes.

- ¿Qué tipo de dispositivos tecnológicos usan los niños?
- ¿Cuánto tiempo al día utilizan los dispositivos?
- ¿Cuáles son las posiciones de uso?

#### 2.2 Adquisición de datos

Se reclutó una niña de cinco años de edad para la prueba piloto. Sus padres firmaron un consentimiento informado para autorizar su participación. Se tomaron 26 mediciones antropométricas de acuerdo con la norma NTC 5649: Mediciones básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico[12].

La niña fue invitada a jugar con tres dispositivos: una computadora portátil (Microsoft Surface Pro 4, China), una tableta (iPad Mini 2, Apple, Cupertino, CA, EE.UU.) y un teléfono inteligente (Galaxy A5, Samsung Electronics, China). Las posiciones utilizadas fueron: sentada en el escritorio, sentada con las piernas cruzadas, acostado boca abajo, acostado boca arriba y de pie. Las posturas de la niña en cada caso fueron capturadas usando una Cámara digital (NEX-F3, Sony) y descrita en términos de posiciones y ángulos mediante fotogrametría.

#### 2.3 Digitalización

Existen herramientas de software para crear modelos humanos digitales para la ergonomía y el análisis biomecánico. Uno de estos programas es Delmia V5 (Dassault Systemes, Waltham, MA, EE.UU). Se utilizó Delmia para crear un modelo 3D básico de la niña. Este modelo se ajustó a las diferentes posturas utilizando los datos obtenidos de las imágenes. Siguiendo los pasos básicos:

1. Mediciones de ángulos, en el programa GeoGebra.

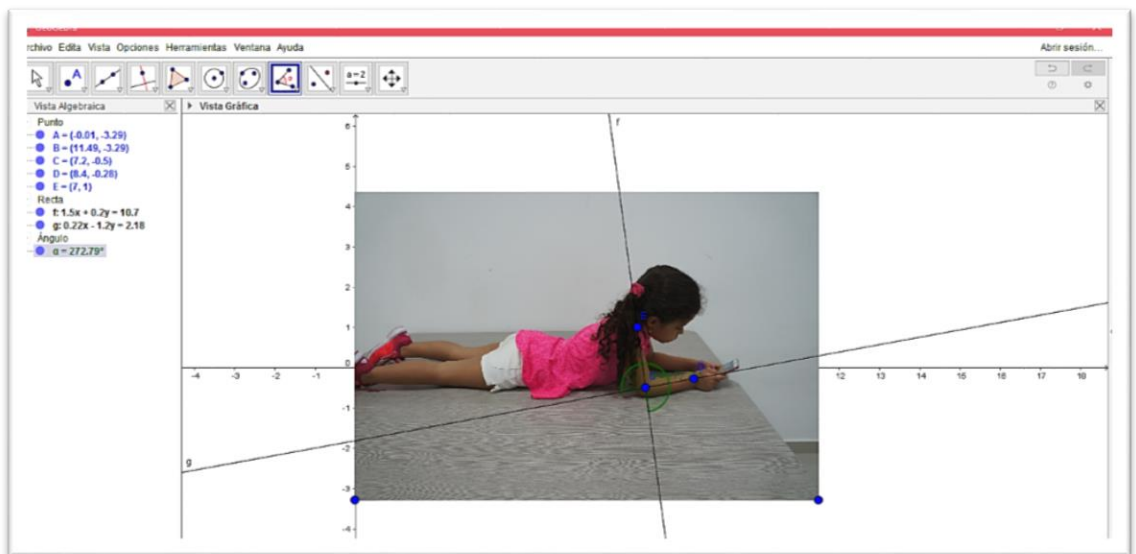


Figura 6 Programa GeoGebra

2. Creación del maniquí.

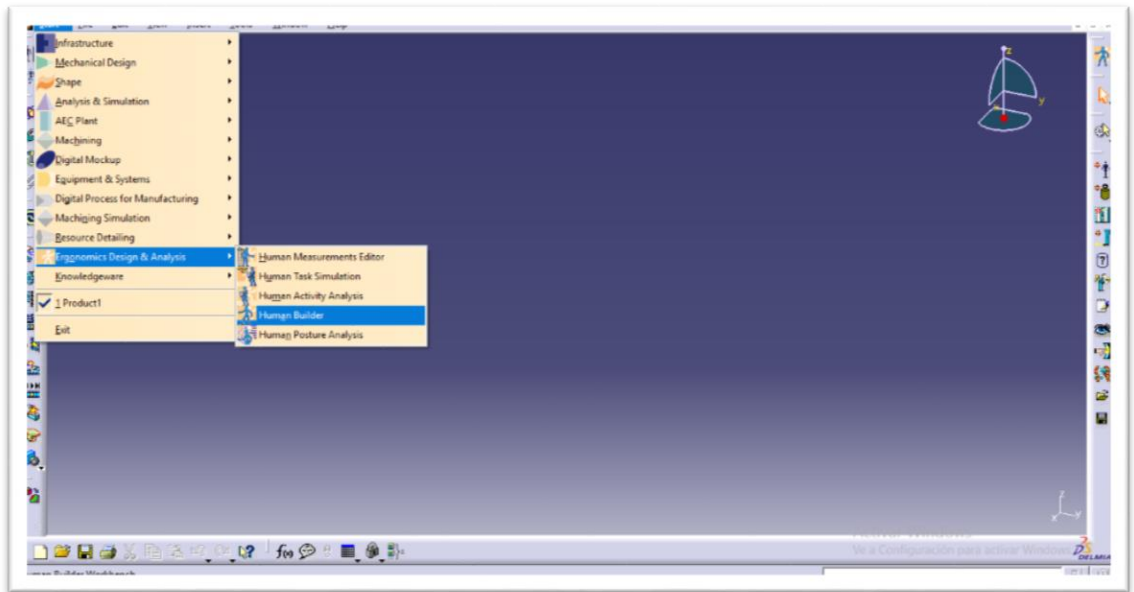


Figura 7 Construcción del maniquí

3. Selección del género del maniquí.

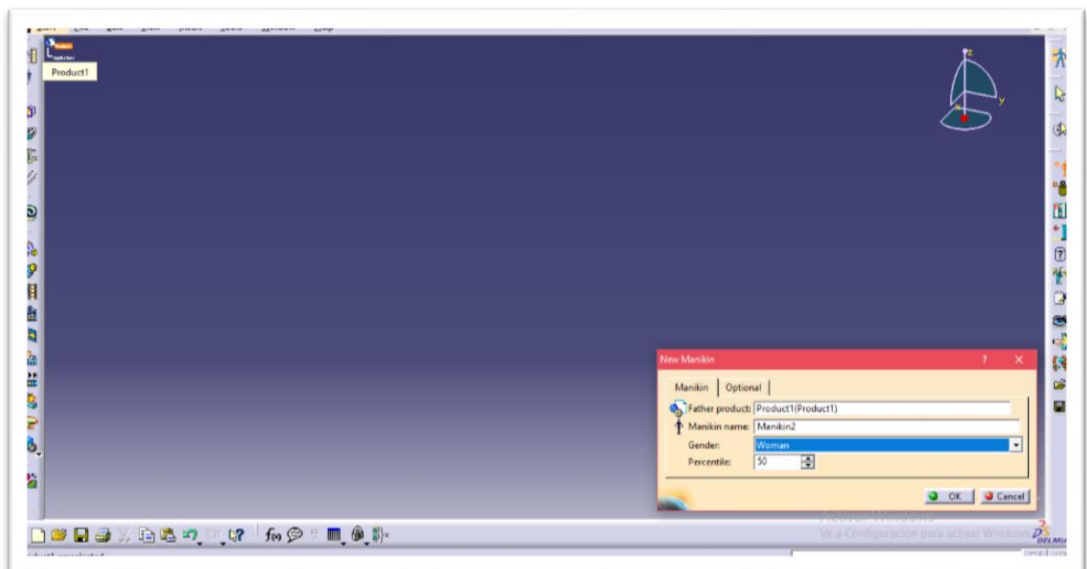


Figura 8 Selección del maniquí

4. Una vez aparezca el maniquí, a la derecha hay una carpeta donde se escoge la población (niños) con sus respectivos percentiles.

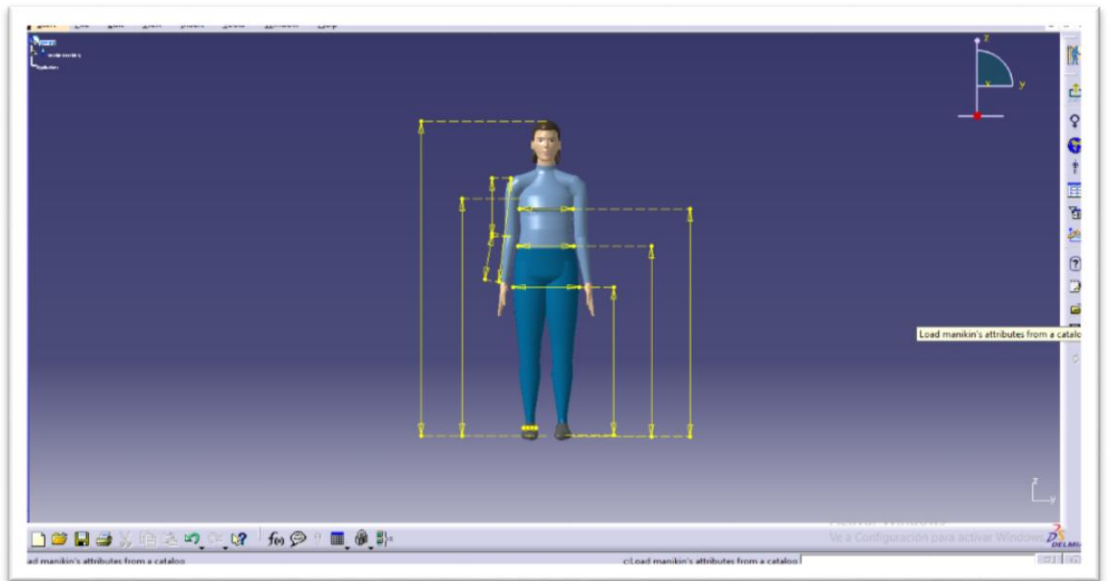


Figura 9 Maniquí Adulto

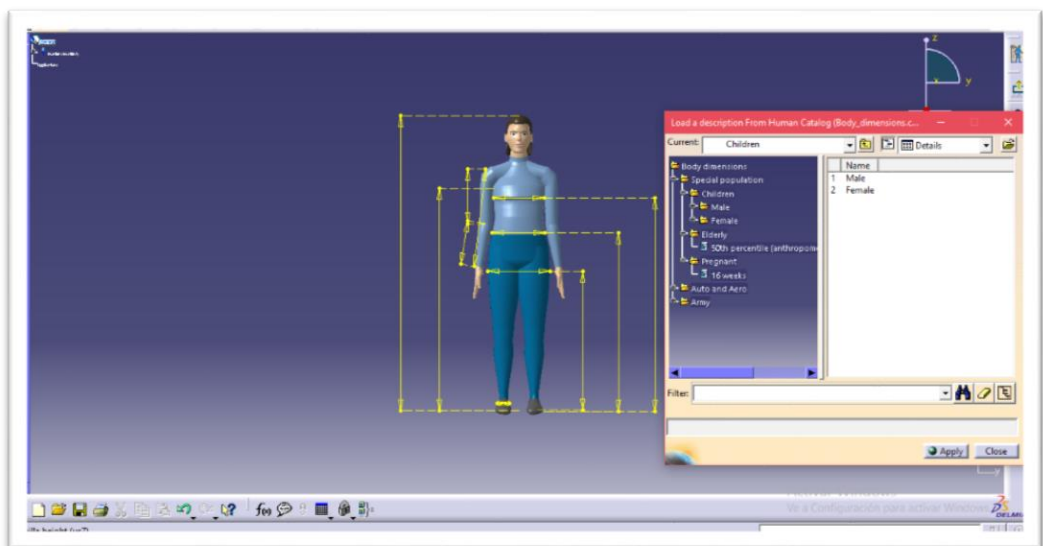


Figura 10 Selección del género del niño

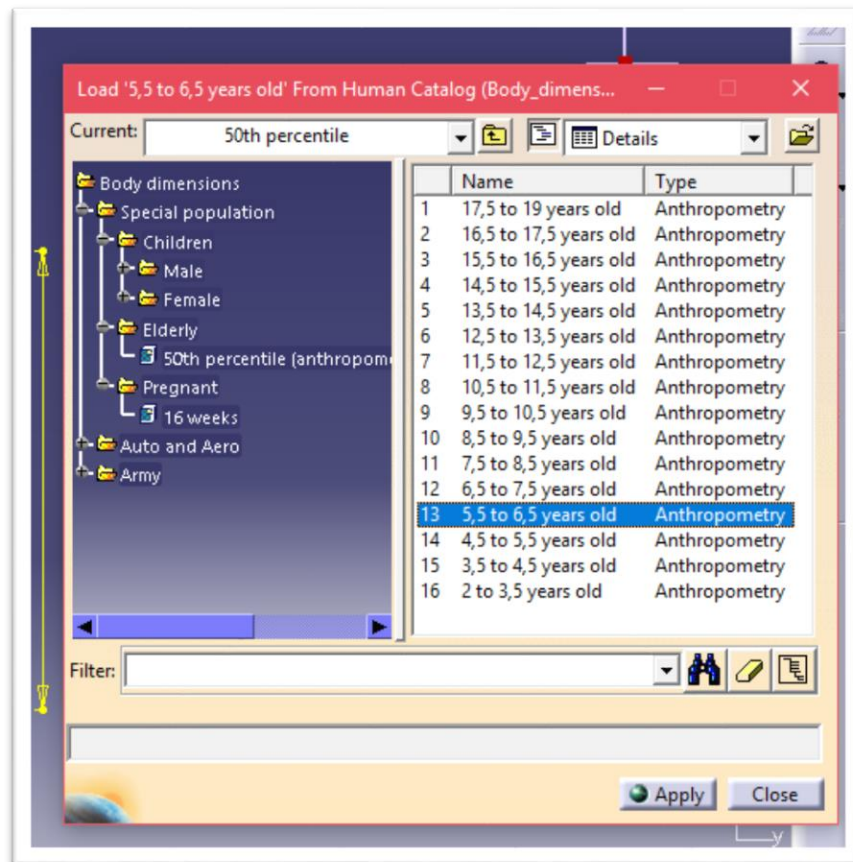


Figura 11 Selección de la edad según los percentiles

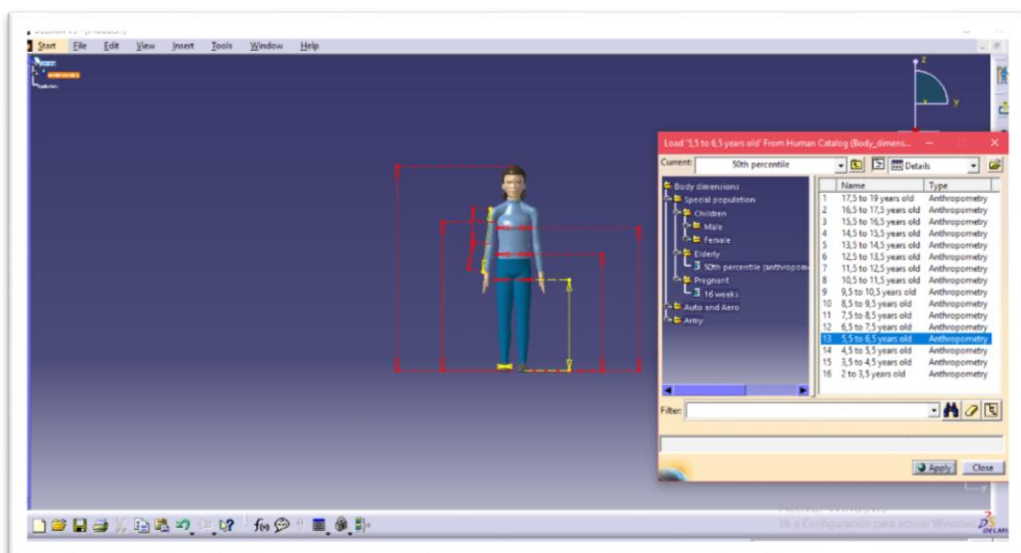


Figura 12 Maniqué de una niña de 5 a 6 años de edad

5. Se ingresan las mediciones antropométricas de la niña.

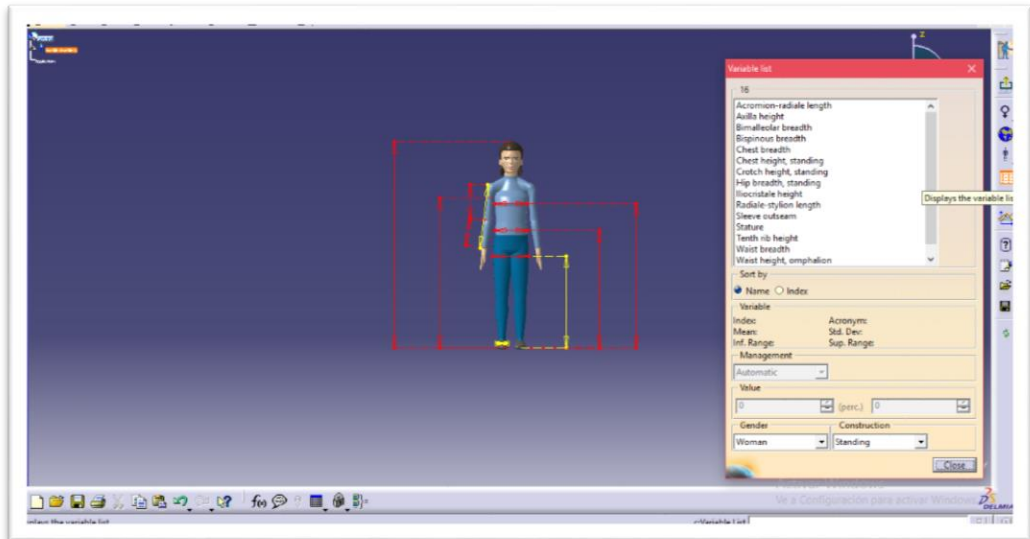


Figura 13 Digitalización de las medidas antropométricas de la niña

6. Una vez terminado lo anterior, se ajusta el maniquí a las diferentes posiciones con la ayuda de las fotografías y las medidas de los ángulos. Con base en esta información, el software permite realizar el análisis ergonómico en las distintas posiciones.

#### 2.4 Análisis ergonómico

Los métodos para la evaluación de la ergonomía están el índice de esfuerzo laboral (JSI), la acción repetitiva ocupacional (OCRA), la evaluación rápida de miembros superiores (RULA) y la evaluación rápida de todo el cuerpo (REBA). Estos métodos pueden estimar los riesgos asociados a posturas y tareas. Utilizamos el método RULA[10], como otros estudios sobre los impactos físicos del uso de computadoras por los niños [4],[13]. RULA evalúa el riesgo de trastornos de las extremidades superiores en función de la postura, el uso de los músculos, el peso de las cargas, la duración de la tarea y la frecuencia.

El método RULA asigna una puntuación que determina el riesgo de una extremidad superior MSD como sigue:

- Puntuación 1 - 2: riesgo insignificante, postura aceptable si no se mantiene o se repite durante largos períodos.
- Puntuación 3 - 4: bajo riesgo, pueden ser necesarios cambios.
- Puntuación 5 - 6: riesgo medio, investigación adicional, cambios requeridos pronto
- Puntuación 7: riesgo muy alto, cambios requeridos inmediatamente

En RULA, el cuerpo humano se divide en dos grupos: el grupo A incluye brazo, antebrazo y muñeca; el grupo B incluye cuello y tronco. Los datos requeridos por el análisis RULA son ángulos de articulación y torcedura de los brazos, muñeca, cuello, tronco y piernas; Facilidad en el manejo de la carga, ya sea estático o repetido, y número de repeticiones por minuto.

### **2.5 Análisis biomecánico**

En el análisis biomecánico que se llevó a cabo en el proyecto, se realizó en el programa Delmia V5 con cada una de las posturas para estimar fuerzas (tensión y compresión) y momentos. La ecuación del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) determina los límites de carga que pueden considerarse aceptables (AL) como 3400N, y peligrosos (MPL) como 6400N [14]

## **Capítulo 3.**

### **Resultados y Análisis**

Los resultados evalúan las condiciones biomecánicas y ergonómicas cuando se utilizan dispositivos tecnológicos en diferentes entornos: sentado, de pie y acostado. Las posiciones consideradas para la evaluación y digitalización de los hábitos de postura fueron seleccionadas de acuerdo con los resultados de los cuestionarios. Adicionalmente, de los cuestionarios se obtuvo la siguiente información:

- El tiempo promedio que los niños utilizan los dispositivos es de una a tres horas por día.
- Entre las condiciones presentadas por los niños, después del uso de los dispositivos hay dolor en el cuello con un porcentaje de 22%, dolor en la espalda baja con 18%, hombro 15%, pecho y Muñeca 8% y 6%, respectivamente.
- Los porcentajes de malestar visual frecuente por fatiga son 26%, visión borrosa 21% y sequedad 15%.

Las medidas antropométricas de la niña se utilizaron para simular las posiciones de uso de dispositivos electrónicos. El modelo humano, también llamado maniquí, es una parte esencial de las herramientas de modelado humano, como se muestra en la fig. 4. Los modelos 3D de diferentes partes del cuerpo se generaron utilizando un sistema CAD paramétrico (Delmia). La aparición de los modelos humanos en las herramientas de modelado humano varía desde simples figuras de líneas hasta imágenes humanas realistas escaneadas basadas en las mediciones antropométricas.



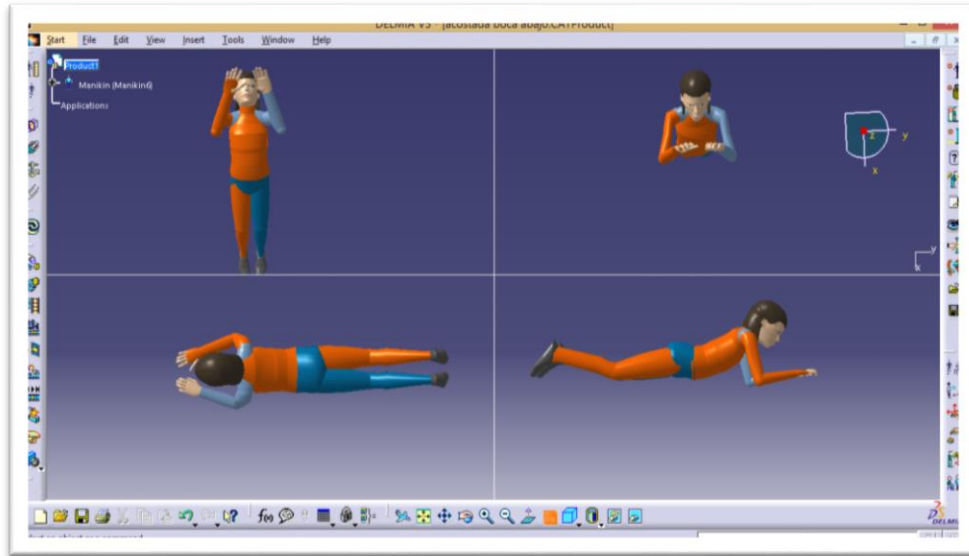
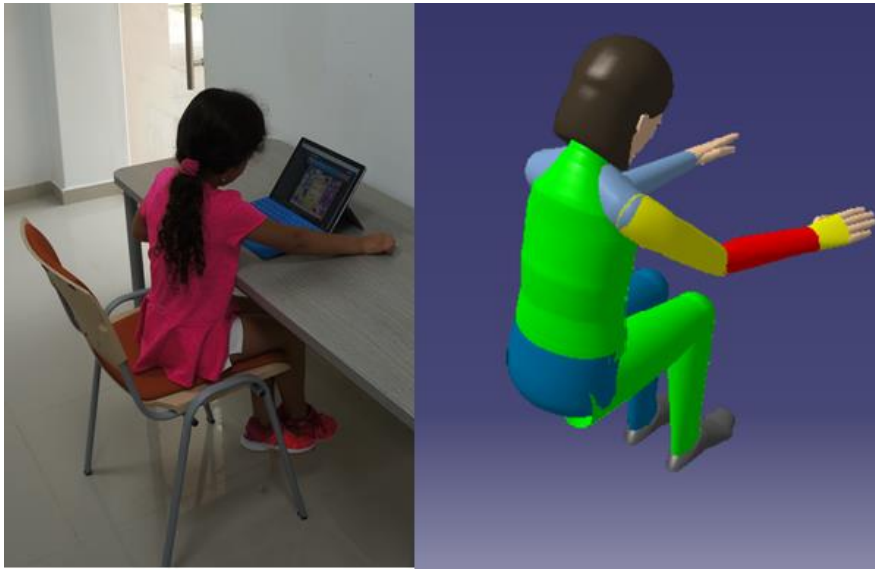


Figura 14 Digitalización del maniquí



Figura 15 Posición de pie con celular



*Figura 16 Posición sentado en el escritorio*



*Figura 17 Posición sentado con las piernas cruzadas*



*Figura 18 Posición acostado boca arriba*



*Figura 19 Posición acostado boca abajo*

### **3.1 Análisis ergonómico**

Se creó un modelo de las cinco posiciones: sentado con las piernas cruzadas, acostado boca abajo, acostado boca arriba, y de pie para evaluar el riesgo de lesiones en los miembros superiores (ver figuras 15, 16, 17, 18 y 19). La herramienta RULA disponible en Delmia se utilizó para este propósito. Este análisis evalúa una postura y la califica en una escala de uno a siete, siendo uno de las más cómodas. Los resultados muestran una puntuación global de 7 en la posición acostado boca abajo y sentado con las piernas cruzadas, 5 para la posición acostado boca arriba, 4 para la posición sentado en el escritorio, y 5 para la posición de pie. Las puntuaciones altas para las posiciones de piernas cruzadas y acostadas boca abajo sugieren revisiones inmediatas. El análisis mostró que la razón principal para las puntuaciones altas eran las condiciones incómodas en el área de cuello-tronco. Entre las áreas más afectadas por las condiciones posturales están el brazo y la muñeca, con puntajes entre 4 y 5. Las posiciones más críticas están acostadas boca abajo y sentadas con las piernas cruzadas, para el grupo B (cuello, tronco y piernas) se obtuvo una puntuación de 5 de disconformidad en las piernas. En caso de sentarse con las piernas cruzadas, viola los grados de libertad en movimientos naturales. La figura 20 y la Fig. 21. muestran los resultados.

Parámetros – puntuación	Posición				
	Acostado boca abajo	De pie	Sentado en el escritorio	Sentado con las piernas cruzadas	Acostado boca arriba
Global	7	4	4	7	5
Superior brazo	3	1	3	3	2
Antebrazo	2	3	3	2	3
Muñeca	2	2	2	3	3
Torcion de la muñeca	2	1	2	1	1
Postura A	4	3	4	4	4
Musculo	1	1	1	1	1
Muñeca y brazo	5	4	5	5	5
Cuello	4	3	2	2	3
Tronco	1	1	2	4	1
Piernas	1	1	1	1	1
Postura B	5	3	2	5	3
Cuello, tronco y piernas	6	4	3	6	4

Figura 20 Puntuación del RULA GLOBAL

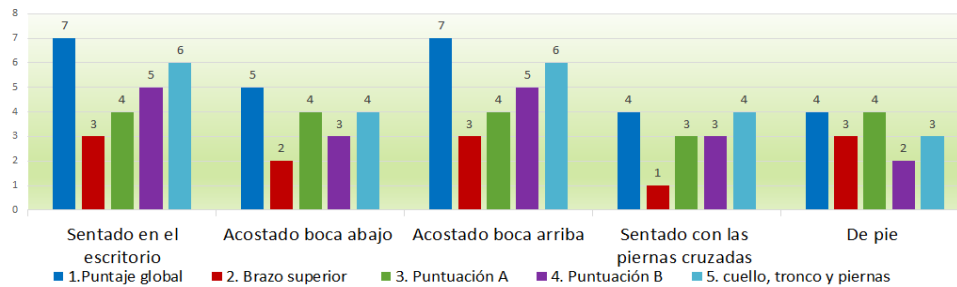


Figura 21 Puntuación de las diferentes áreas analizadas

### 3.2 Análisis biomecánico

El análisis biomecánico se realizó con el objetivo de evaluar las fuerzas y momentos de compresión en las diferentes posturas. El momento L4-L5 se observa en la **Fig. 22**. Los momentos extensores se expresan como positivos y los momentos flexores como negativos. La posición acostado boca arriba presenta un momento de flexión, todos los demás momentos muestran extensión. Este momento resistivo se conoce como el momento de soporte.

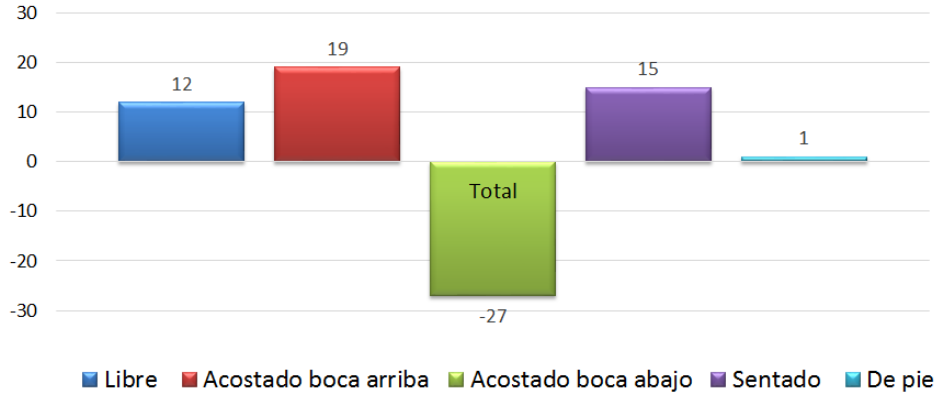


Figura 22 Momento L4-L5 en todas las posiciones

El valor de compresión L4-L5 representa la fuerza de compresión que actúa sobre la articulación intervertebral L4-L5. Se ve en la Fig. 22. con respecto a la columna lumbar, las vértebras L4-L5 son comprimidas juntas por las fuerzas debidas a la masa del cuerpo, las fuerzas que actúan sobre las manos y los músculos del tronco que se utilizan para generar el momento de soporte. El valor de compresión L4-L5 en la posición prona decaída es el más alto: 597 N, y la puntuación más baja se encuentra en la condición de escritorio sentado con 119 N.

Los resultados en la carga del cuerpo de compresión se muestran en la **Fig. 23**.

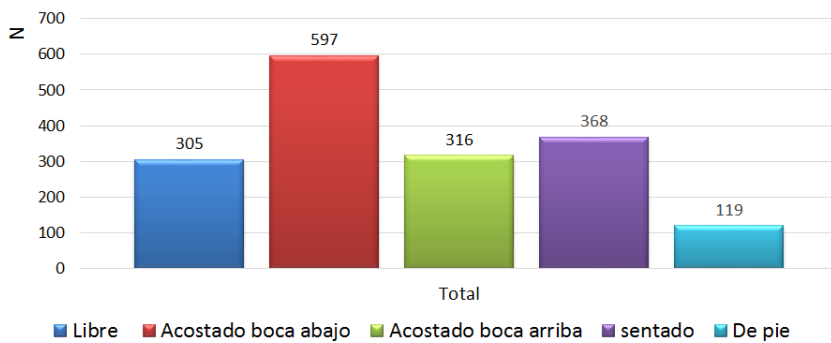


Figura 23 Compresión L4-L5 en todas las posiciones

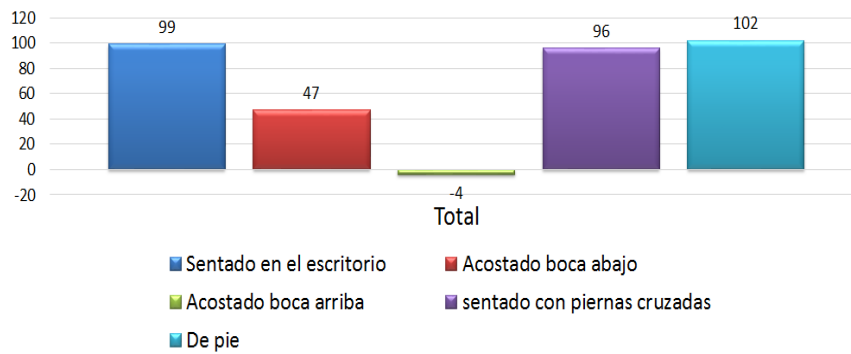


Figura 24 Comprensión del cuerpo en todas las posiciones

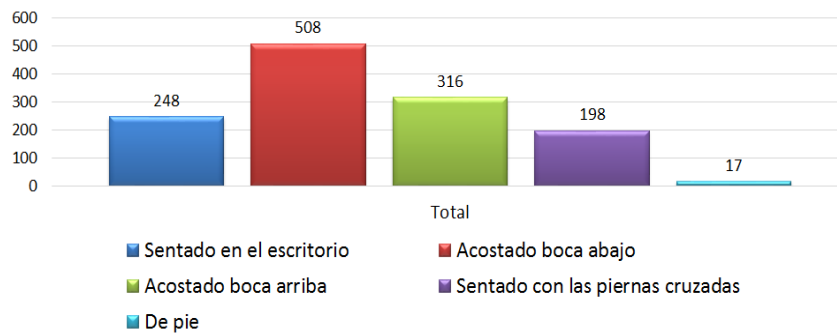


Figura 25 Flexión-Extensión en todas las posiciones

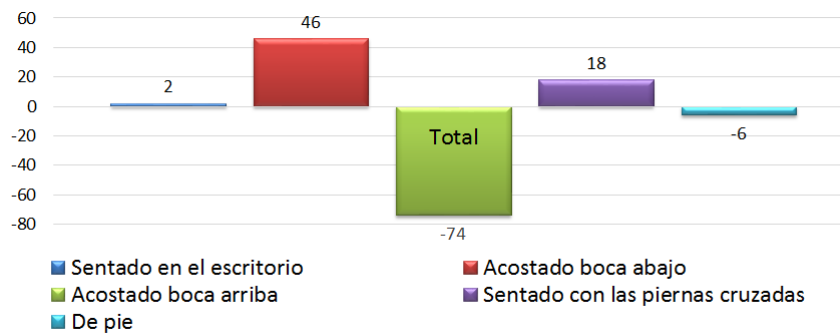


Figura 26 Esfuerzo cortante en todas las posiciones

Las posiciones de pie, sentados con las piernas cruzadas y acostado boca abajo tiene valores de compresión sobre de 90 N. La posición acostado boca arriba tiene el valor más bajo, ya que el niño está descansando sobre una superficie plana. La flexión y la extensión en la posición acostado boca arriba está relacionada con los esfuerzos entre el tronco y el cuello. Esta posición tiene un valor crítico en la extensión debido a la presión del abdomen para sostener el peso del tronco. La posición más sana es estar de pie debido a la postura corporal sagital y natural, como se ve en la Fig. 21.

El esfuerzo cortante en L4-L5 representa la fuerza de cortante resultante debido a la suma de la reacción y del músculo / ligamento. Este valor incluye el efecto de las fuerzas del músculo/ ligamento, que representa el esfuerzo real experimentado en la articulación L4-L5. Los valores críticos de la presión se producen en las posiciones acostadas boca arriba y boca abajo con 46N y -74N, respectivamente. Pueden ser considerados inadecuados y pueden causar incomodidad en la articulación L4-L5.



## **Capítulo 4.**

### **Conclusiones y Recomendaciones**

El presente estudio piloto evaluó las condiciones ergonómicas y biomecánicas en el uso de dispositivos electrónicos por un niño. Entre las posturas analizadas se encontraban sentados en el escritorio, sentados con las piernas cruzadas, acostados boca arriba, acostados boca abajo y de pie. Los resultados mostraron que las posiciones más cómodas son el sentado en el escritorio y de pie. Sin embargo, es importante considerar que el mantenimiento de la posición de pie durante largos períodos de tiempo puede producir incomodidades musculoesqueléticas debido a los momentos y las fuerzas de compresión necesarias para mantener la estabilidad y el equilibrio. La mejor posición es sentarse en el escritorio, donde las caderas, espalda baja y el resto del tronco descansan cómodamente.

En cuanto en la parte biomecánica podemos resaltar que las posiciones acostado boca arriba y acostado boca abajo deben evitarse si la persona va a durar un tiempo prolongado utilizando los dispositivos. La razón es que la posición acostada boca abajo presenta un alto momento de extensión en L4 y L5 y en la posición acostado boca arriba se presenta un momento cortante, esto puede ocasionar en los niños dolor muscular, fatiga, cansancio, y las malas posturas pueden ocasionar con el tiempo daños en la columna por ende es importante tener especial cuidado en no caer en el exceso de su utilización.

El trabajo futuro incluye mayor número de niños de diferentes edades utilizando los dispositivos tecnológicos considerados, con las posiciones iniciales excepto sentado con las piernas cruzadas (libre); siguiendo la metodología planteada con nuevos factores de riesgos relacionados con el campo visual teniendo en cuenta el ángulo, el alcance y el enfoque, donde los datos arrojados por el software DELMIA siguen demostrando en

el análisis ergonómico que las posiciones que afectan a los niños son las acostadas boca abajo y acostado boca arriba, apoyado de un análisis biomecánico donde se demuestra un esfuerzo cortante en estas posiciones, generando incomodidad en cuello, tronco y espalda baja, se continuara realizando un análisis íntegro con detalles y recomendaciones.

## **Bibliografía**

- [1] L. M. Straker, J. Coleman, R. Skoss, B. A. Maslen, R. Burgess-Limerick, and C. M. Pollock, "A comparison of posture and muscle activity during tablet computer, desktop computer and paper use by young children," *Ergonomics*, vol. 51, no. 4, pp. 540–555, 2008.
- [2] B. Maslen and L. Straker, "A comparison of posture and muscle activity means and variation amongst young children, older children and young adults whilst working with computers," *Work*, 2009.
- [3] C. Harris, "Musculoskeletal outcomes in children using computers: a model representing the relationships between user correlates, computer exposure and," 2010.
- [4] E. Binboga and O. Korhan, "Posture, musculoskeletal activities, and possible musculoskeletal discomfort among children using laptops or tablet computers for educational purposes: A literature review," *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 23, no. 5, pp. 605–616, 2014.
- [5] L. Straker, C. Pollock, and B. Maslen, "Principles for the wise use of computers

- by children.,” *Ergonomics*, vol. 52, no. 11, pp. 1386–1401, 2009.
- [6] A. Pereira, T. Miller, Y.-M. Huang, D. Odell, and D. Rempel, “Holding a tablet computer with one hand: effect of tablet design features on biomechanics and subjective usability among users with small hands.,” *Ergonomics*, vol. 56, no. 9, pp. 1363–75, 2013.
- [7] J. G. Young, M. Trudeau, D. Odell, K. Marinelli, and J. T. Dennerlein, “Touch-screen tablet user configurations and case-supported tilt affect head and neck flexion angles,” *Work*, vol. 41, no. 1, pp. 81–91, 2012.
- [8] X. Ning, Y. Huang, B. Hu, and A. D. Nimbarte, “Neck kinematics and muscle activity during mobile device operations,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 48, pp. 10–15, 2015.
- [9] D. A. Winter, *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. Wiley, 2009.
- [10] L. Mcatamney and E. N. Corlett, “RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders,” vol. 24, no. 2, pp. 91–99, 1993.
- [11] “No Title,” 2012.
- [12] S. Oates, G. W. Evans, and A. Hedge, “Computers in the Schools: Interdisciplinary Journal of Practice, Theory, and Applied Anthropometric and Postural Risk Assessment of Children’s School Computer Work Environments,” no. January 2015, pp. 37–41.
- [13] J. D. Chen, T. Falkmer, R. Parsons, J. Buzzard, and M. Ciccarelli, “Impact of experience when using the Rapid Upper Limb Assessment to assess postural risk in children using information and communication technologies,” vol. 45, pp. 398–405, 2014.
- [14] P. Taylor, T. R. Waters, V. Putz-Anderson, A. Garg, and L. J. Fine, “Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks,” no. September 2013, pp. 37–41.

## Anexo

<b>Proyecto de investigación</b>	<b>Estudios ergonómicos y biomecánicos del uso de tabletas, computadores y teléfonos móviles en los niños</b>
----------------------------------	---

**Señor padre de familia**

**La siguiente encuesta es con el fin de desarrollar un proyecto de investigación en un contexto ergonómico las condiciones biomecánicas del uso excesivo de aparatos tecnológicos para los niños.**

**Marque su respuesta con una X**

1. ¿Cuántos niños viven con usted? \_\_\_\_\_.
2. Edad del niño. \_\_\_\_\_.
3. ¿Tiene conexión a internet en su hogar?

SI  NO

<b>Celular</b>	<b>Computador</b>	<b>Tabletas</b>
----------------	-------------------	-----------------

--	--	--

4. ¿Qué tipo de dispositivos tecnológicos utilizan los niños?

5. ¿Los niños piden autorización al momento de utilizar Los dispositivos tecnológico? SI  NO

6. ¿Qué tipos de actividades realizan los niños en los dispositivos tecnológicos?

Recreativas	Académicas	Sociales

**Si utiliza celular:**

7. ¿Qué marca utiliza?

Samsung	Apple	Motorola	Otros

8. Tamaño del dispositivo.

4.0"	5.0"	5.5"	6.1"

9. Postura al utilizar el dispositivo.

Sentado	de pie	Acostado boca abajo	Acostado boca arriba	Inclinado

**Si utiliza computador.**

HP	Lenovo	Dell	Apple	Acer	Otros

10. ¿Qué marca utiliza?

11. Tamaño del dispositivo.

11"	14"	15.6"	16.9"	18.4"

12. Postura al utilizar el dispositivo

Sentado	Acostado boca abajo	Acostado boca arriba

**Si utiliza tabletas:**

13. Que marca utiliza?

HP	Lenovo	Apple	Acer	Otros

14. Tamaño de la tableta:

7.0"	7.9"	8.0"	8.4"	10.1"	12.2"

15. En qué postura utiliza el dispositivo

Sentado	de pie	Acostado boca abajo	Acostado boca arriba	Inclinado

16. Los niños manifiestan malestares físicos luego del uso prolongado de estos implementos tecnológicos.

SI  NO

17. Luego del uso de estos dispositivos el niño presenta síntomas visuales tales como:

Ardor	Visión Borrosa	Enrojecimiento	Sequedad	Fatiga

18. El niño presenta malestares físicos como:

Cuello	Espalda	Hombro	Tórax
Manos	Muñeca	Espalda baja	Espalda alta

19. Tiene conocimiento de las distintas consecuencias que se presentan con el uso inadecuado de estos aparatos.

SI  NO

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!