



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**DISEÑO CONCEPTUAL DE UN
BIPEDESTADOR PARA NIÑOS DE ENTRE
CUATRO Y SEIS AÑOS DE EDAD**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A :

GABRIEL TERÁN TERÁN

DIRECTOR DE TESIS

M. en I. SABINO HENRY ESCAMILLA TOLOZA



Ciudad Nezahualcóyotl, Edo. de México, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

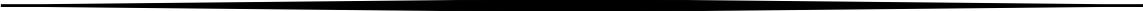


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





Agradecimientos

A mi Universidad:

Por haberme dado la posibilidad de caminar sus pasillos y ocupar sus salones; además de, todas las facilidades académicas, culturales y deportivas que me otorgó...

A mi Facultad:

Por haberme dado la oportunidad de estudiar en sus instalaciones y de realizar tantos proyectos y cumplir muchos sueños; como el de estudiar en el extranjero...

A mis maestros:

Por haber compartido conmigo tanto sus conocimientos, como sus experiencias que me ayudaron a formarme como ingeniero...

A mi director de Tesis, M. en I. Henry Escamilla:

Por haberme orientado y apoyado tan sabiamente durante el desarrollo de éste y otros proyectos. Especial agradecimiento, también, por el tiempo que se tomaba para platicar conmigo y darme consejos y apoyo en cualquier tema...

A mi padre, Pedro Terán:

Por ser siempre mi maestro de la vida; el ejemplo del hombre respetable, amigable y amoroso en el que me gustaría convertirme algún día; y, por ser un gran padre que siempre ha apoyado mis decisiones...

A mi madre, Velia Terán:

Por ser otro pilar en mi vida; ser un símbolo de entrega, perseverancia y compromiso; siempre confiar en mí y en mis capacidades; y, por empujarme a ser siempre alguien mejor...



A mi **hermano**, Daniel Terán:

Por siempre cuidar de mí y orientarme en mis decisiones; ser tan paciente y amoroso conmigo; y, por creer en mí...

A mi **novia**, Karen Vázquez:

Por siempre preocuparse por mí y apoyarme; tenerme paciencia y ser amorosa; por ayudarme al desarrollo de este trabajo; por estar orgullosa de mí; y, por también empujarme a lograr mis sueños y objetivos en la vida...

A mi **familia** en general:

Por estar siempre unida...

A las **instituciones y sus trabajadores** (CRIT CDMX, CRIT Edo. de Mex. y CSUN Center of Achievement):

Por el apoyo y las facilidades otorgadas para llevar a cabo este proyecto...

A mis **compañeros y amigos**, Carlos, Luis Óscar “Jumper”, Toño, Yahir, Daniel, Óscar, Manuel “Snoopy”, Iván, Enrique:

Que estuvieron involucrados en el primer prototipo que se hizo para el concurso del Teletón...

A todos aquellos que no fueron mencionados pero que de uno u otro modo contribuyeron al desarrollo de esta Tesis y de mi trayectoria escolar...

... ¡Gracias!



Introducción

Este proyecto nace en el año 2014 para la edición de ese mismo año del concurso “Atrévete a Ver” organizado por Fundación Teletón. Tal y como es citado en el portal de internet de Grupo Milenio, “la justa consiste en desarrollar dispositivos que contribuyan a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad.”

Para dicha contienda se desarrolló un primer prototipo de bipedestador bajo un método de diseño convencional que consiste en analizar el estado del arte, determinar requerimientos, generar lluvia de ideas, diseñar, manufacturar y obtener un producto. Este prototipo logró posicionarse entre los finalistas; no obstante, debido a ciertas fallas en su diseño, y en otros ámbitos como la investigación previa, no logró obtener algún premio. Algunas de estas fallas son, por ejemplo, la posición en la que se situaba al niño –ya en posición de bipedestación– con respecto a la base, debido a que éste quedaba en la parte posterior de ella provocando inestabilidad del aparato; y otro de los errores detectados fue en el diseño del mecanismo, ya que éste tendía a trabarse cuando se le ponía a trabajar además de que implicaba mucho esfuerzo de parte del operador.

Al analizar parte de los desaciertos que se tuvieron con el primer prototipo, se concluyó que el producto que se quiere obtener se encontrará en constante contacto con el usuario por lo que es imperativo realizar una investigación mayor acerca del mismo. Por esta razón, para el caso presentado en esta Tesis, se decidió emplear el método Design Thinking (DT) debido a que, por la naturaleza de este, es obligatorio realizar dicha investigación y enfocar el diseño al o a los usuarios.

En el primer capítulo se introduce al lector al Design Thinking explicando las características de cada una de sus cinco etapas. Se hace mención de algunas de las características ideales que debe tener el diseñador que quiere trabajar con este método. Se detalla -a manera de recomendación- la forma en que se pueden desarrollar dichas etapas y se nombran algunas herramientas que se pueden utilizar para ello.

Durante los capítulos siguientes se describirá paso a paso cómo fue el proceso de diseño del bipedestador utilizando Design Thinking. El desarrollo se explicará detallando los pasos de manera lineal, tal y como este los indica, recordando que debido a su flexibilidad se pueden aplicar los pasos como mejor convengan, es decir se puede cambiar el orden de aplicación o incluso el no aplicar todos los pasos.

En el segundo capítulo se explica -dividido en dos secciones- lo que se hizo durante las etapas de Empatizar y Definir. Se comienza mostrando la información obtenida de una modesta investigación acerca de la Parálisis Cerebral (PC), sus causas, los tipos de PC y su tratamiento. Posteriormente, se encuentran datos acerca de la bipedestación; prosiguiendo esta sección hablando acerca de unas visitas



realizadas a un CRIT. En esta parte se analizará la información obtenida de encuestas que se le realizaron a unos terapeutas y lo que se pudo observar de la gente que visita estos lugares. Finalizando con un análisis de algunos aparatos similares disponibles en el mercado.

En la segunda sección del segundo capítulo se encuentra lo correspondiente a la etapa de Definir. Aquí se observarán elementos como Mapas de Empatía, algunos datos estadísticos y por último lo correspondiente a la Ergonomía y Antropometría. Todas estas herramientas que se ubican en esta sección ayudarán a generar un perfil de los usuarios y darse una idea de los requerimientos del diseño.

Para el capítulo siguiente (capítulo tres) se hablará de las fases Idear y Prototipar. Aquí se mostrarán inicialmente unos bocetos hechos para comenzar a imaginar y plantear la forma en que podrían completarse los objetivos que más adelante se presentan. Posteriormente se atiende la forma en que se seleccionó la opción desarrollada y cómo se llevó a cabo dicho desarrollo.

Finalmente, en la segunda parte de este tercer capítulo, se inicia observando una serie de representaciones digitales (renders) del modelo desarrollado; destacando los percentiles utilizados para el diseño de las diferentes secciones del bipedestador y los elementos que las componen. En seguida, se encontrará un pequeño diagrama con el que se explicará la forma en que se transmite el movimiento a través del mecanismo diseñado para su funcionamiento. Se cierra este capítulo con las imágenes de la secuencia de uso del aparato dando así por terminada esta Tesis.

Al final, se encuentran los anexos en los que se pueden ver los formatos de encuesta que se utilizaron para preguntar a los padres de familia y a los terapeutas algunas cosas pertinentes para el desarrollo de este diseño y los planos que se generaron para esta idea.

Para mayor comprensión del método, durante el desarrollo de la presente Tesis, se presentan los pasos de manera consecutiva y lineal; cabe aclarar que, sin embargo, estos no se llevaron a cabo de dicha forma, dado que en algunos casos se tuvo que regresar a algún paso para poder continuar al siguiente –tal y como es posible con el método DT– para darle solución a determinadas situaciones.



Objetivos

Objetivo General

Diseñar a nivel conceptual un dispositivo que sirva para coadyuvar a niños que padecen parálisis cerebral -principalmente de tipo Atáxica- con edad comprendida entre cuatro y seis años, a lograr y mantener una posición corporal de bipedestación; utilizando los primeros cuatro pasos del método Design Thinking.

Objetivos Particulares y Específicos

1. Comprender, mediante un trabajo de investigación, las características de los cinco pasos del método Design Thinking para la aplicación de cuatro de ellos al diseño del bipedestador.
2. Determinar los requerimientos del diseño del bipedestador para su utilización en las siguientes etapas, empleando los pasos Empatizar y Definir del método Design Thinking.
 - 2.1. Obtener información que permita generar un perfil de los usuarios para establecer los requerimientos más adecuados del bipedestador mediante una investigación vía electrónica (internet), bibliográfica (libros) y en campo.
 - 2.2. Establecer los parámetros antropométricos del dispositivo para su aplicación en el modelado utilizando las edades, sexos y condiciones físicas de los niños como referencia para ello.
3. Desarrollar una propuesta conceptual de bipedestador utilizando los pasos Idear y Prototipar del método DT que pueda ser diseñada a detalle en un trabajo futuro.
 - 3.1. Plantear conceptualmente un mecanismo que permita cambiar la posición del infante de sedestación a bipedestación evitando el uso de ayudas eléctricas, electromecánicas u oleo neumáticas.
 - 3.2. Proponer una manera de ajustar el aparato para los diferentes percentiles por medio de la utilización de herramientas de solución de problemas técnicos.
 - 3.3. Elaborar bocetos y seleccionar la propuesta más adecuada para su desarrollo conceptual utilizando como punto de partida la información obtenida en las etapas anteriores del método.
 - 3.4. Realizar la construcción virtual del modelo mediante el uso de un programa de Diseño Asistido por Computadora que permita visualizar mejor el bipedestador.
 - 3.5. Exponer la forma de operación de la propuesta con una secuencia de uso que ayude a comprender de mejor manera el funcionamiento del dispositivo.



ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----|
| Agradecimientos..... | i |
| Introducción..... | iii |
| Objetivos | v |
| Objetivo General..... | v |
| Objetivos Particulares y Específicos | v |
| 1. Design Thinking..... | 1 |
| 1.1 Empatizar..... | 2 |
| 1.2 Definir | 3 |
| 1.3 Idear | 4 |
| 1.4 Prototipar..... | 5 |
| 1.5 Probar | 7 |
| 2. Empatizar y Definir | 8 |
| 2.1 Empatizar..... | 8 |
| 2.1.1 Parálisis Cerebral | 8 |
| ➤ Causas de la PCI..... | 9 |
| ➤ Tipos de PCI..... | 10 |
| » <i>Clasificación Clínica</i> | 10 |
| » <i>Clasificación Topográfica</i> | 11 |
| ➤ Tratamiento..... | 11 |
| 2.1.2 Bipedestación..... | 13 |
| 2.1.3 Visita al CRIT Ciudad de México..... | 14 |
| ➤ Infantes (Usuarios)..... | 15 |
| ➤ Familiares (Operadores)..... | 17 |
| ➤ Terapeutas (Instructores)..... | 19 |
| 2.1.4 Aparatos Disponibles..... | 20 |
| 2.2 Definir | 22 |
| 2.2.1 Mapas de Empatía | 22 |
| 2.2.2 Datos Estadísticos del Teletón..... | 26 |
| 2.2.3 Ergonomía y Antropometría | 28 |



| | |
|---|-----------|
| Ergonomía | 28 |
| Antropometría | 30 |
| Tablas de Percentiles | 32 |
| Infantes (Usuarios) | 33 |
| Bipedestación | 33 |
| Sedestación | 34 |
| Cabeza, Pie y Mano | 35 |
| Adultos (Operadores e Instructores) | 36 |
| 3. Idear y Prototipar | 38 |
| 3.1 Idear | 38 |
| I. Ingeniar | 39 |
| a. Propuesta 1: Manivela-Cadena-Sinfín | 39 |
| b. Propuesta 2: Poleas | 40 |
| c. Propuesta 3: Polea-Cable-Brazos | 41 |
| II. Analizar | 42 |
| III. Seleccionar | 43 |
| IV. Desarrollar | 44 |
| Respaldo | 44 |
| Asiento | 45 |
| Reposapiés | 46 |
| Mecanismo | 47 |
| 3.2 Prototipar | 49 |
| Estructura | 52 |
| Análisis de Momentos | 56 |
| Momento 1 (M1) | 57 |
| Momento 2 (M2) | 57 |
| Momento 3 (M3) | 58 |
| Momento 4 (M4) | 58 |
| Efectos de los Momentos | 59 |
| Respaldo | 60 |
| Asiento | 64 |



| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Reposapiés | 68 |
| Mecanismo | 72 |
| <i>Funcionamiento</i> | 79 |
| <i>Elevación</i> | 79 |
| <i>Descenso</i> | 81 |
| Secuencia de Uso | 83 |
| Bipedestación | 85 |
| Sedestación | 87 |
| Conclusiones | 90 |
| Trabajo a Futuro | 92 |
| Bibliografía..... | 93 |
| Anexos..... | 95 |
| Anexo 1: Encuesta para Familiar..... | 95 |
| Anexo 2: Encuesta para Terapeuta..... | 96 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Etapas de Design Thinking en forma lineal. | 2 |
| Figura 2. Etapas de Design Thinking con alternación..... | 2 |
| Figura 3. Empatizando..... | 3 |
| Figura 4. Definiendo. | 4 |
| Figura 5. Información, imaginación, solución. | 5 |
| Figura 6. Ejemplos de prototipos. Puente de madera (izquierda) y vehículo automotor (derecha). . | 6 |
| Figura 7. Realismo, realimentación, empatía..... | 7 |
| Figura 8: Niño con PCI. | 9 |
| Figura 9: Desarrollo del Niño..... | 10 |
| Figura 10: (Izquierda) Sala de Estimulación Sensorial. (Derecha) Niño en Sistema Robótico Lokomat..... | 12 |
| Figura 11: Masa Muscular | 13 |
| Figura 12: Representación de niño con PCI en posición sedente. | 16 |
| Figura 13: Recepción de un CRIT..... | 17 |
| Figura 14: Representación de padres de familia preocupados..... | 18 |
| Figura 15: Terapeutas del CRIT..... | 19 |
| Figura 16: Mapa de empatía de los niños con PCI. | 23 |
| Figura 17: Orden de Relevancia de las Notas del Mapa de Empatía de los Niños con PCI..... | 24 |
| Figura 18: Mapa de Empatía de los Padres de Niños con PCI..... | 25 |
| Figura 19: Orden de Relevancia de las Notas del Mapa de Empatía de Padres de Niños con PCI.... | 26 |
| Figura 20: Perfil demográfico por género en el SIT..... | 27 |
| Figura 21: Diagnósticos más Frecuentes en el SIT. | 27 |
| Figura 22: Tipos de Antropometría | 30 |
| Figura 23: Ejemplo de Campana de Gauss..... | 31 |
| Figura 24: Percentiles de infantes en bipedestación. | 34 |
| Figura 25: Percentiles de infantes en sedestación..... | 35 |
| Figura 26: Percentiles de infantes de cabeza, mano y pie. | 36 |
| Figura 27: Percentiles de Adultos..... | 37 |
| Figura 28: Opción 1: Manivela-Cadena-Sinfín..... | 39 |
| Figura 29: Opción 2: Poleas..... | 40 |
| Figura 30: Opción 3: Polea-Cable-Brazos. | 41 |
| Figura 31: Desarrollo de Respaldo. | 44 |
| Figura 32: Principios de Triz para Asiento. | 45 |
| Figura 33: Desarrollo de Asiento..... | 46 |
| Figura 34: Desarrollo de Reposapiés..... | 46 |
| Figura 35: Desarrollo de Mecanismo. | 48 |
| Figura 36: Representación digital (render) del bipedestador. | 50 |
| Figura 37: Secciones del Bipedestador. | 51 |
| Figura 38: Representación digital de la Estructura. | 52 |
| Figura 39: Percentiles en la Estructura..... | 53 |



| | |
|--|----|
| Figura 40: Despiece de Estructura. | 54 |
| Figura 41: Modificaciones en la estructura. | 56 |
| Figura 42: Análisis de momentos en la estructura. | 56 |
| Figura 43: Descomposición de F3. | 58 |
| Figura 44: Efectos de los momentos en la estructura. | 59 |
| Figura 45: Representación digital del respaldo. | 60 |
| Figura 46: Descripción del respaldo. | 61 |
| Figura 47: Percentiles en el respaldo. | 62 |
| Figura 48: Despiece del respaldo. | 63 |
| Figura 49: Modificaciones en el respaldo. | 63 |
| Figura 50: Representación digital del asiento. | 64 |
| Figura 51: Descripción del asiento. | 65 |
| Figura 52: Percentiles del asiento. | 66 |
| Figura 53: Despiece del asiento. | 67 |
| Figura 54: Modificaciones al asiento. | 68 |
| Figura 55: Representación digital del reposapiés. | 69 |
| Figura 56: Descripción del reposapiés. | 69 |
| Figura 57: Percentiles del reposapiés. | 70 |
| Figura 58: Despiece del reposapiés. | 71 |
| Figura 59: Modificaciones del reposapiés. | 72 |
| Figura 60: Representación digital del mecanismo. | 73 |
| Figura 61: Elemento motriz, mecanismo, elemento receptor. | 73 |
| Figura 62: Percentiles del mecanismo. | 74 |
| Figura 63: Despiece 1 del mecanismo. | 75 |
| Figura 64: Despiece 2 del mecanismo. | 76 |
| Figura 65: Despiece 3 del mecanismo. | 77 |
| Figura 66: Despiece 4 del mecanismo. | 78 |
| Figura 67: Modificaciones al mecanismo. | 79 |
| Figura 68: Funcionamiento del mecanismo (elevación). | 80 |
| Figura 69: Funcionamiento del mecanismo (descenso). | 81 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Clasificación Clínica de la PCI..... | 11 |
| Tabla 2: Clasificación Topográfica de la PCI. | 11 |
| Tabla 3: Tipos de Terapias..... | 12 |
| Tabla 4: Beneficios de la bipedestación. | 14 |
| Tabla 5: Problemas consecuencia de la falta de bipedestación..... | 15 |
| Tabla 6: Comparativa de los bipedestadores. | 21 |
| Tabla 7: Percentiles de infantes en bipedestación..... | 33 |
| Tabla 8: Percentiles de infantes en sedestación. | 34 |
| Tabla 9: Percentiles de infantes de cabeza, pie y mano. | 35 |
| Tabla 10: Dimensiones Antropométricas de Adultos..... | 37 |
| Tabla 11: Comparación de Propuestas..... | 42 |
| Tabla 12: Ponderación de Propuestas..... | 43 |
| Tabla 13: Componentes de la Estructura. | 55 |
| Tabla 14: Modificaciones en la estructura. | 55 |
| Tabla 15: Componentes del Respaldo..... | 62 |
| Tabla 16: Modificaciones en el respaldo..... | 64 |
| Tabla 17: Componentes del asiento..... | 67 |
| Tabla 18: Modificaciones al asiento. | 68 |
| Tabla 19: Componentes del reposapiés. | 71 |
| Tabla 20: Modificaciones del reposapiés. | 72 |
| Tabla 21: Componentes 1 del mecanismo. | 75 |
| Tabla 22: Componentes 2 del mecanismo. | 76 |
| Tabla 23: Componentes 3 del mecanismo. | 77 |
| Tabla 24: Componentes 4 del mecanismo. | 78 |
| Tabla 25: Modificaciones al mecanismo. | 79 |

1. Design Thinking

A lo largo de la historia del diseño, se han generado diversos métodos para ello; pero ¿qué es un método de diseño? Del diccionario de la RAE, se pueden obtener las siguientes definiciones:

- Método: modo de decir o hacer con orden.
- Diseño: concepción original de un objeto u obra destinados a la producción en serie.

Entonces, se puede decir que un método de diseño es “el modo de hacer la concepción original de un objeto u obra, de manera ordenada.”

Durante el desarrollo de esta tesis, se trabajará con uno de los últimos métodos de diseño que se han propuesto, y que utilizan las grandes empresas de diseño e innovación como lo es la empresa IDEO en los Estados Unidos.

Este método de diseño se llama Design Thinking¹; del cual su característica principal es que se trata de un método en el cual lo más importante son las personas y los usuarios. Para que esto sea cierto, el diseñador que trabaja con este método debe ser:

- a) Colaborativo: Ya que Design Thinking invita a que se formen equipos multidisciplinares; es decir, diseñadores, artistas, ingenieros, psicólogos, y todo tipo de disciplina que se necesite.
- b) Empático: Al ser éste un método centrado en lo humano, el diseñador debe ser capaz de comprender las necesidades de las personas, no solo saber cuáles son.
- c) Experimental: Design Thinking desarrolla un espacio real para probar algo nuevo. Está permitido fallar para aprender de los errores y obtener experiencias que generen nuevas ideas.
- d) Optimista: Otra de las características de este método es la creencia de que todos pueden diseñar sin importar la profesión o cualquier otra limitación.

Design Thinking, “es una disciplina que usa la sensibilidad y métodos de los diseñadores para hacer coincidir las necesidades de las personas con lo que es tecnológicamente factible y con lo que una estrategia viable de negocios puede convertir en valor para el cliente, así como en una gran oportunidad para el mercado.” (Brown, 2008)

¹ Debido a que el método se conoce generalmente con el nombre original, el cual se encuentra en inglés, se le estará llamando de esta manera durante todo el texto.

Al ser un gran generador de diseño e innovación, se puede aplicar a cualquier campo del conocimiento; desde el desarrollo de productos, como es el caso de esta tesis, hasta el desarrollo de servicios y la mejora de procesos o la definición de un modelo de negocios.

El método consta de cinco etapas básicas:

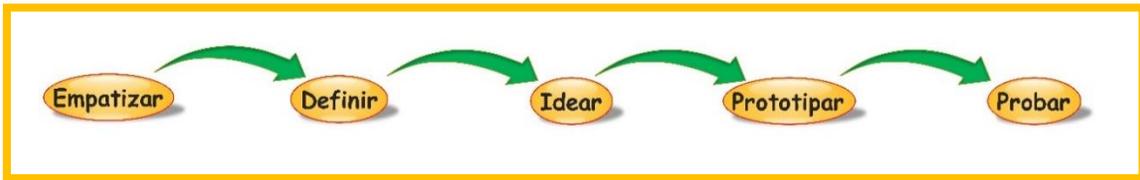


Figura 1. Etapas de Design Thinking en forma lineal.

Este método de diseño no es lineal; por lo tanto, permite ir en cualquier dirección del proceso e incluso, “brincar” a etapas no consecutivas.

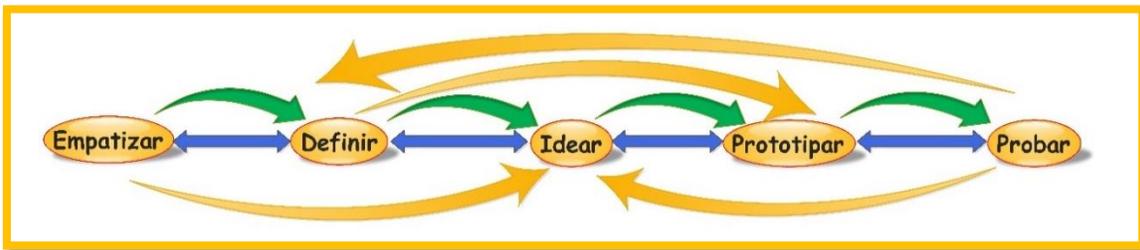


Figura 2. Etapas de Design Thinking con alternación.

La dirección que se tome del diseño dependerá de la información que se va recolectando durante la aplicación del método y del producto, servicio o proceso que se esté desarrollando.

A continuación, se explican más a detalle las etapas.

1.1 Empatizar

Empatizar, es sentir empatía. Para lo cual la RAE da la siguiente definición sobre empatía:

Empatía: Identificación mental y afectiva de un sujeto con el estado de ánimo de otro.

Esto quiere decir que para empatizar con alguien es necesario identificar y comprender la forma en cómo ese alguien se siente. El método invita a que lo primero que se haga sea empatizar con el cliente. Se debe comprender

profundamente cuál es la necesidad del usuario o usuarios que están implicados en el problema al que se intenta dar solución; tomando en cuenta, también, el entorno en el que se desenvuelve.

Para empatizar es necesario:

- Observar
- Involucrarse
- Preguntar
- Mirar y escuchar



Figura 3. Empatizando.

“La empatía es el elemento esencial del proceso de diseño (...). Es el esfuerzo por comprender las cosas que hacen y porqué, sus necesidades físicas y emocionales, cómo conciben el mundo y qué es significativo para ellos. Son las personas en acción las que inspiran al diseñador y direccionan una idea en particular.” (Institute of Design at Stanford, 2012)

1.2 Definir

Después de haber comprendido el problema, a los usuarios, cómo lidian con él y la manera en que interactúan con su medio, es necesario sintetizar la información.

Durante esta etapa, se tiene que discriminar y analizar toda la información obtenida de la anterior. Hay que quedarse con lo que realmente sirve y con lo que se cree que va a ayudar para lograr dar la solución correcta al problema.

Esta etapa del proceso de diseño es crítica, ya que de aquí se desprende la acotación correcta del problema que se quiere enfrentar. Si no se define bien lo que se quiere hacer, en el momento de pasar a Idear, se puede comenzar a divagar y a atacar algo que no era el principal objetivo.

Para “definir”, el método recomienda buscar patrones de cualquier tipo y preguntar, junto con el equipo, el porqué de esos patrones. Al hacer esto se logrará identificar varias necesidades y varios usuarios distintos, sin embargo, no se puede dar solución de una sola vez o con un solo diseño a todo lo que se encuentre. Por lo tanto, hay que seleccionar la necesidad más relevante o la que se quiere afrontar y enfocarse solo en esa.



Figura 4. Definiendo.

Posteriormente, hay que definir al usuario o usuarios. Se tienen que conocer sus características físicas, psicológicas, etc. Design Thinking recomienda enfocarse en los llamados usuarios extremos, como son los niños y los adultos mayores.

“Definiendo bien el problema, es la única manera de crear la solución correcta.”
(Institute of Design at Stanford, 2012)

1.3 Idear

Idear, significa formar una idea de algo, trazar o inventar. Para comprender mejor esta definición, es necesario saber qué es una idea; una idea, es una “imagen o representación que del objeto percibido queda en la mente” (Real Academia Española, 2015). Entonces, ¿qué significa idear?; se puede decir que idear se trata de “formar una idea en la mente de un objeto percibido.”

Y así como dice la definición, esta etapa del Design Thinking, se trata de “echar a volar” la imaginación y la capacidad de inventiva para comenzar a proponer soluciones (por lo menos en la mente y/o en dibujos).

Al comenzar a idear, se supera la etapa de comprender e identificar las necesidades y se comienza a dar soluciones. Es cuando se empieza a combinar la información con la imaginación para generar la solución. Debe quedar en claro que la primera idea que venga a la mente no siempre será la solución y que por lo tanto esta primera idea no debe ser la única opción por desarrollar. No existe un límite sobre

cuántas ideas se deben generar; sin embargo, suele decirse que se deben tener por lo menos tres ideas para analizar. La mejor solución se encontrará cuando se avance a las dos etapas siguientes del diseño, y cuando haya de estas una realimentación que ayude a seleccionar la mejor.



Figura 5. Información, imaginación, solución.

Hay muchas formas de desarrollar esta etapa, algunos ejemplos de lo que se puede hacer son:

- a) Tormenta de ideas
- b) Prototipar
- c) Mapas mentales
- d) Dibujos (bocetos), etc.

Los más utilizados suelen ser las tormentas de ideas y los bocetos. Prototipar se considera también una forma de idear porque al estar construyendo prototipos sencillos, pueden venirse a la mente más ideas acerca de lo que se puede hacer o mejorar en el diseño.

A pesar de las diferentes formas en que se puede desarrollar esta etapa, todas ellas tienen algunas “reglas” en común:

- a) Nunca se debe juzgar una idea mientras se sigan aportando otras nuevas.
- b) No se deben descartar las ideas “locas” o fuera de lo ordinario.
- c) Es conveniente que cualquier miembro del equipo mejore una idea que cualquier otro haya aportado.

Para pasar al siguiente paso, Design Thinking recomienda seleccionar dos o tres ideas a prototipar, de este modo se mantiene el potencial de diseño e innovación.

1.4 Prototipar

En la etapa de prototipar se lleva a cabo la generación iterativa de artefactos con la intención de responder algunas preguntas que acerquen a la solución final. Éstas pueden ir de algo muy general a algo más específico.

Los prototipos iniciales deben ser baratos, rápidos y sencillos, pero capaces de generar una realimentación. Se puede echar mano de la etapa de pruebas. En este

punto se puede notar un poco más la flexibilidad del método ya que se alterna entre Prototipar y Probar.

Un prototipo es cualquier cosa con la que el usuario pueda interactuar, ya sea un producto, una actividad o cualquier otro elemento que funcione para obtener la realimentación que se busca. Cuando se tiene al usuario interactuando con lo que se está diseñando, se puede generar mejor realimentación ya que puede provocar que el usuario demuestre más sus emociones y respuestas hacia el objeto o servicio presentado.



Figura 6. Ejemplos de prototipos. Puente de madera (izquierda) y vehículo automotor (derecha).

De acuerdo con la “guía” publicada por el Instituto de Diseño de Stanford, estas son algunas razones por las que se debe prototipar:

- Para idear: Como se vio en la etapa anterior, hacer prototipos también sirve para idear.
- Para comunicar: Un prototipo puede generar mayor comunicación entre el diseñador y el usuario; no solo comunicación oral o escrita, sino también comunicación no verbal, con señas; o puede ser, incluso, comunicación corporal, entre otros.
- Para probar posibilidades: Al ser prototipos rápidos y baratos, queda tiempo y recursos libres para generar más posibilidades.

Para prototipar se debe comenzar a construir con lo que se tiene a la mano; siempre pensando en el usuario y sin detenerse mucho en un solo prototipo; siempre recordando que cada prototipo debe enfocarse en contestar una pregunta particular sobre el diseño.

1.5 Probar

En esta última etapa, se pondrá al usuario en contacto con los prototipos ya manufacturados para que interactúe con ellos y recibir así la mejor realimentación del diseño. Esta generará, a su vez, mayor empatía con el usuario y mayor entendimiento a su necesidad. Al generarse más empatía, se puede volver a empezar el proceso de diseño.

Para probar un objeto físico, lo mejor es dárselo al usuario para que este lo utilice en su rutina diaria; de esta manera se visualizará mejor y de manera más realista, cómo el prototipo encaja con el ambiente y con la vida del usuario.



Figura 7. Realismo, realimentación, empatía.

Algunos propósitos de la etapa son:

- Recoger la realimentación de los consumidores: Lo que puede implicar preguntar al usuario sobre su experiencia y de ser posible, tomar fotografías o videos para después analizar la información recopilada.
- Determinar si la solución cumplió con sus objetivos: Se debe observar si el prototipo que se está probando, está respondiendo la pregunta particular por la que se construyó.
- Discutir lo que podría mejorarse: Mientras el usuario interactúa con el prototipo, es necesario examinar cómo lo hace y distinguir los puntos que podrían mejorarse.
- Medir el éxito: Esto probablemente implique pedirle al usuario que califique el prototipo.

Para obtener mejores resultados de esta etapa; lo recomendable es entregar el prototipo al usuario sin explicarle todo acerca de este y permitirle al usuario manejarlo e interpretarlo como él lo entienda. Hay que observar si lo usa o no de manera correcta y posteriormente escuchar su opinión.

Como se mencionó al inicio del capítulo, el método de Design Thinking no es un método lineal, por lo que al haber puesto el prototipo a prueba y al haber obtenido la realimentación necesaria se han conseguido las herramientas esenciales para determinar si se finaliza o se retrocede a alguna otra etapa del proceso de diseño hasta obtener la solución que se busca. Por ejemplo, se podría regresar a la etapa de idear o prototipar y realizar modificaciones al diseño. Esto dependerá de la información obtenida durante las pruebas.

2. Empatizar y Definir



2.1 Empatizar

Empatizar, como se vio en el Capítulo Uno, quiere decir que se debe aprender todo lo posible acerca del usuario; ¿cómo se ve?, ¿cómo se siente?, ¿qué piensa?, etc.

En este caso se decidió que el usuario principal serán los niños², con edades entre los cuatro y los seis años, con Parálisis Cerebral (PC); por lo cual, se comenzará con un resumen corto acerca de la PC.

2.1.1 Parálisis Cerebral

La Parálisis Cerebral no es una enfermedad, sino un “conjunto de trastornos del movimiento y la postura” (Fundación Teletón, 2014). “Es un término usado para describir un grupo de incapacidades motoras producidas por un daño en el cerebro del niño que pueden ocurrir en el periodo prenatal, perinatal o postnatal” (Gómora O, Ramírez V, Domínguez U, Ferrer M, & Espinosa C). Existen varias definiciones acerca de lo que es la Parálisis Cerebral Infantil (PCI); sin embargo, prevalece una que se considera la más aceptada; tal y como se cita en el documento Glosario de Discapacidad Motriz:

“Es un trastorno del tono postural y del movimiento, de carácter persistente (pero no invariable), secundario a una agresión no progresiva a un cerebro inmaduro.” (Fernández, E; 1988)

² De acuerdo con la AML (Academia Mexicana de la Lengua), en español es correcto el uso del género masculino para hacer alusión a una clase o grupo de entidades formadas por diversos referentes, que bien pueden pertenecer a uno u otro sexo indistintamente. Por lo tanto, se usará la palabra niños para referirse a ambos sexos.



3

Figura 8: Niño con PCI.

La PCI es una lesión que se caracteriza por:

- Ser permanente: no hay cura; solo se puede controlar y modificar los patrones de conducta y salud afectados.
- Ser no progresiva: Una vez que manifiesta de cierta manera, la lesión no avanza ni se agrava.
- Afectar los centros del cerebro que controlan el movimiento; sin embargo, se pueden ver también afectadas otras zonas; por ejemplo: las relacionadas con la visión, la audición, el aprendizaje, etc. Incluso, puede haber alteraciones que provoquen convulsiones y descontrol de los esfínteres del niño.

“La lesión ocurre en las etapas más importantes del desarrollo cerebral del niño, generalmente durante el embarazo y hasta los primeros dos o tres años de vida.”
(Fundación Teletón, 2014)

➤ **Causas de la PCI**

No hay una causa en específico que produzca esta lesión. Existen varias razones por las cuales se pueden presentar estos trastornos; por ejemplo, se pueden presentar si la madre consume drogas, tabaco o cualquier otro producto tóxico durante el embarazo; incluso, la salud nutricia y la edad de la madre pueden influir en si el infante presenta o no la afectación. Todos fueron ejemplos de situaciones, durante el embarazo, que pueden provocar la lesión; sin embargo, la lesión no es exclusiva del embarazo. La lesión se puede presentar, también, durante el nacimiento o durante los primeros años de vida del infante. De tal manera que las causas se clasifican en:

- » Prenatales: Durante el embarazo.
- » Perinatales: Durante el parto.

³ Fuente: <https://practicafisio.files.wordpress.com/2016/01/primer-a-imagen.jpg>

» Postnatales: Durante los primeros años de vida.



Figura 9: Desarrollo del Niño.

Sin importar la causa que la genere, la lesión se puede manifestar de diferentes formas. En la siguiente sección del resumen se hablará de algunas de ellas.

➤ Tipos de PCI

La PCI no es una lesión que afecte una extremidad en específico, esta puede afectar desde una sola extremidad hasta las cuatro; esta afectación del movimiento puede presentarse también en el tronco.

De acuerdo con el documento Glosario de Discapacidad Motriz; la PCI se encuentra clasificada de dos formas, principalmente. Estas son:

- » Clínica
- » Topográfica

» **Clasificación Clínica**

Es la utilizada por los doctores, se divide en cuatro categorías:

| <i>Tipo</i> | <i>Características</i> |
|---------------------------------|---|
| <i>Espástica</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Su principal característica es la hipertonía. • Resistencia continua a un estiramiento pasivo en toda la extensión del movimiento. |
| <i>Disquinética o Distónica</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Alteración del tono muscular con fluctuaciones y cambios bruscos. • Movimientos involuntarios. • Persistencia de reflejos arcaicos. |
| <i>Atáxica</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Hipotonía • Incoordinación del movimiento. • Trastornos del equilibrio. |

Mixta

- Combinaciones de diversos trastornos motores con distintos tipos de alteraciones de tonos
- Son las más frecuentes

Tabla 1: Clasificación Clínica de la PCI.

» **Clasificación Topográfica**

Esta segunda clasificación es realizada con base en la zona del cuerpo afectada y la cantidad de afectación. De acuerdo con la cantidad de afectación, solo se cambia el sufijo de la palabra, este puede ser:

- ~plejia: Lo que indica una ausencia completa del movimiento en las extremidades afectadas.
- ~paresia: Este sufijo es para los tipos en los que hay alguna clase de movilidad.

Y de acuerdo con la zona del cuerpo afectada:

| <i>~plejia, ~paresia</i> | <i>Descripción</i> |
|--------------------------|---|
| <i>Cuadri Tetra</i> | Están afectadas las cuatro extremidades. Implica afectación de las cuatro extremidades; además de incluir, también, afectación en el tronco. |
| <i>Tri Di</i> | Perjudica los miembros inferiores y uno superior. Se dañan los cuatro miembros, pero con predominio en los inferiores. |
| <i>Hemi</i> | Afectación en un solo lado del cuerpo, dentro de este lado hay más daño en la extremidad superior. |
| <i>Para Mono</i> | Se dañan únicamente los miembros inferiores. Perjudicación en una sola extremidad. |

Tabla 2: Clasificación Topográfica de la PCI.

Ahora que se saben los tipos de PCI que existen; es necesario saber a qué tipos de tratamientos se somete a los niños, ya que estos tratamientos son parte del entorno del niño.

➤ **Tratamiento**

El tratamiento al que se expone a los niños depende del diagnóstico sobre qué tipo de lesión se presenta y la gravedad de esta. Sin importar esto, todos los tratamientos son interdisciplinarios; es decir, se involucra gente de muchas profesiones y oficios.

El tratamiento puede incluir medicación y terapias. Las terapias pueden dividirse en los siguientes grupos principales:

| <i>Terapia</i> | <i>Descripción</i> |
|-------------------------------|---|
| <i>Física</i> | Esta involucra movimiento de las articulaciones, aprender y tratar de lograr posturas correctas del cuerpo, etc. |
| <i>Ocupacional</i> | En este tipo de terapias, lo que se busca es que el niño desarrolle capacidades cognitivas mediante el uso de juguetes. Otra parte de estas terapias es enseñar al niño a desarrollarse en casa por sí solo en el uso de utensilios para comer y para higiene personal. |
| <i>Estimulación Sensorial</i> | Consiste en exponer al niño a diferentes sonidos, texturas, luces e imágenes para que aprenda a distinguir entre cada situación. |
| <i>Lenguaje</i> | Se busca que el niño aprenda a comunicarse con su entorno; es decir, sus padres, terapeutas, médicos, etc. |
| <i>Integración Social</i> | Se intenta integrar al niño a la vida diaria, enfrentándolo a obstáculos que puede encontrar en su vida. Este enfrentamiento se realiza en un ambiente controlado. |

Tabla 3: Tipos de Terapias.

4



Figura 10: (Izquierda) Sala de Estimulación Sensorial. (Derecha) Niño en Sistema Robótico Lokomat.

Algunos niños, además de tomar medicamentos y asistir a terapias, se someten a cirugía cuando son candidatos.

⁴ Fuente: <http://www.teleton.org/home/noticia/descubre-con-que-tecnologia-cuentan-los-crit>

2.1.2 Bipedestación

La primera iteración del diseño del bipedestador no fue realizada con el método DT; sin embargo, la segunda, la presentada en esta tesis, sí se realizó siguiendo el método, por lo que también se buscó más información sobre la bipedestación y sus beneficios.

La definición de bipedestación, de acuerdo con la RAE, es la: “posición en pie” (Real Academia Española, 2015). Es decir, es la postura corporal en la que un humano se encuentra de pie, apoyando su peso sobre ambos pies.

“Cuando se realiza un apoyo bipodal en estática, el peso del cuerpo se transmite por las extremidades inferiores, llegando a cada pie, aproximadamente, el 50% del mismo.” (Luengas A, Gutiérrez A, & Camargo, 2014)

En el momento que una persona se encuentra de pie, se les exigen a los miembros inferiores un trabajo que no realizan cuando se está en sedestación. Para que las extremidades puedan llevar a cabo correctamente su trabajo, es necesario que la persona posea, además de la capacidad motriz desarrollada, la cantidad de masa muscular mínima para poder ejecutar el trabajo.

En los niños con PCI que se encuentran sujetos a una silla de ruedas, esta masa muscular fundamental, no se desarrolla como debería. Se sabe que para que un músculo se desarrolle es imperativo que esté en constante uso y entrenamiento. Debido a que en estos niños eso no sucede, no existe la masa muscular esencial para mantenerse de pie.



Figura 11: Masa Muscular

⁵ En la Figura 11 se puede observar la comparación entre un brazo con la masa muscular adecuada (lado izquierdo); y un brazo que tiene una masa muscular deficiente (lado derecho). En el brazo del lado derecho se puede notar como, incluso a simple vista, el brazo se ve más delgado de lo normal. Esta característica es la que presentan los niños con PCI ya que no ejercitan las extremidades afectadas debido a su condición neuro física.

⁵ Fuente: http://www.sarcopenia.es/images/masa_muscular1.jpg



Entre los beneficios que trae consigo la bipedestación, se encuentran los siguientes:

| <i>Tipo</i> | <i>Descripción</i> |
|---------------------|--|
| <i>Físicos</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Reduce el riesgo de úlceras. • Promueve desarrollo musculoesquelético. • Ayuda a disminuir la espasticidad. • Fomenta la correcta alineación anatómica. |
| <i>Psicológicos</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Mejora la autoestima. |
| <i>Fisiológicos</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia cardiovascular mejorada. • Previene infecciones urinarias. • Facilita la respiración. • Normaliza la función intestinal. • Aumenta la circulación. |
| <i>Sociales</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Favorece la relación con su entorno. • Mejora la comunicación interpersonal. |

Tabla 4: Beneficios de la bipedestación.

La posición de bipedestación es una de las más importantes en el desarrollo de un niño ya que, además de estos beneficios, esta postura corporal es la precursora para una actividad vital del ser humano, que es: la marcha.

2.1.3 Visita al CRIT Ciudad de México

Después de haber llevado a cabo la investigación sobre la PCI, se llegó a la conclusión de que se necesitaba observar más de cerca a los pacientes y su entorno por lo que se realizó una visita al CRIT Ciudad de México (Centro de Rehabilitación Infantil Teletón Ciudad de México).

En esta visita se observó mejor a los niños que tenían dificultad o una completa imposibilidad para ponerse de pie. Esta situación puede generar en los niños: problemas psicológicos, sociales, y de salud.

| <i>Tipo</i> | <i>Ejemplo</i> |
|---------------------|---|
| <i>Psicológicos</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Baja autoestima. • Crisis de ansiedad. • Estados depresivos. |
| <i>Sociales</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Baja autonomía. • Dificultad para comunicarse. • Complicación para socializar. |
| <i>Salud</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Mala absorción de calcio en los huesos. • Mala circulación sanguínea. • Úlceras por presión. • Falta de tono muscular. |

Tabla 5: Problemas consecuencia de la falta de bipedestación.

Debido a que cuando se hizo la visita, ya se tenía el objetivo de diseñar un bipedestador, toda la información buscada se orientó a lo relacionado con la bipedestación.

En la visita se encontró que son tres las personas que tienen contacto con el bipedestador:

- **Infantes:** El que va a usar de lleno el bipedestador; por lo tanto, se les llamará **usuarios**.
- **Familiares:** Son los que operarán la máquina; así que serán conocidos como **operadores**.
- **Terapeutas:** Determinan el grado de cambio de la posición y el tiempo de uso; además, enseñan a los padres a manejar el aparato; por lo tanto, se les asignará el papel de **instructores**.

Se diseñaron dos entrevistas (ver Anexos): para familiares y para terapeutas; sin embargo, las entrevistas a los familiares no se pudieron realizar debido a las políticas con las que se maneja el CRIT

➤ **Infantes (Usuarios)**

De los niños lo que se pudo notar en algunos de ellos es que su preocupación y frustración más trascendental es no poderse comunicar con los que le rodean o con su entorno. Muchos de ellos se esfuerzan por ser independientes, realizar sus actividades por sí mismos y llevar una vida normal como un niño sin afectación.

Algunos de los niños con PCI se ven también limitados por los fenómenos de discriminación, desinformación, y falta de inclusividad. Ellos consideran que aún existen muchas barreras arquitectónicas en su entorno, y mentales en la demás gente.

Ellos se ven a sí mismos como personas normales, pero con ciertas dificultades, no como personas discapacitadas. Además, piensan que no por vergüenza deben quedarse en casa ya que consideran que puede ser más perjudicial para ellos mismos.

En cuanto al aspecto físico y de comportamiento se obtuvieron varios datos importantes.

A simple vista, lo primero que se observa es que los niños tienen un cuerpo mal proporcionado y muy suelto. Además, debido a la falta de tono muscular, presentan una notable debilidad; lo que les dificulta llevar a cabo algunas de las actividades que harían los demás niños que no tienen esta afectación; por ejemplo: jugar, correr, caminar, ponerse de pie por sí solos, etc. Como consecuencia de la PC, también muestran descontrol de su cuerpo, suelen torcer y mover mucho las extremidades; cuando éstas no están completamente paralizadas. Este descontrol de sus extremidades les complica la realización de tareas básicas como la alimentación, el cepillado de los dientes, etc.

El CRIT Ciudad de México cuenta con instalaciones especiales en las cuales se le entrena al niño para que pueda hacer estas acciones básicas por sí mismo con la ayuda de instrumentos especialmente diseñados para los infantes con PCI. Poseen, también, dispositivos que sirven de apoyo para que el niño aprenda a realizar diversas actividades que requieren mayor esfuerzo físico. Por ejemplo: disponen de un dispositivo mecatrónico que apoya al niño en su aprendizaje sobre la marcha. Cuentan también con dos bipedestadores, los cuales se analizarán más adelante, junto con otros dos encontrados en un centro de rehabilitación ubicado en la Universidad Estatal de California “Northridge” (CSUN por sus siglas en inglés).



Figura 12: Representación de niño con PCI en posición sedente.

Al entrevistar a algunos terapeutas, estos comentaron que varios de los niños pueden llegar a ser sensibles con los cambios bruscos de posición; ya que, al no estar acostumbrados al cambio, puede generar en ellos ganas de volver, decoloración, mareos, y algunos otros malestares. También señalaron que a los niños que usan un bipedestador, se les sujeta dependiendo el control que tengan sobre su cuerpo. Hay quienes controlan pelvis y tronco, otros que solo controlan tronco, y algunos más que tienen descontrol total de su cuerpo. Los terapeutas mencionaron que no existe un tiempo determinado en que al niño se le pone en bipedestación, pueden ser desde cinco minutos hasta una hora; y recomendaron que exista un cambio de postura por lo menos cada dos horas.

Pasando al tema del comportamiento, se encontró que algunos de los niños pueden molestarse o estresarse fácilmente por lo que tienden a dar fuertes golpes con las manos para demostrarlo, aunque también lo pueden hacer por felicidad. Otros tantos, dependiendo de la gravedad de la afectación, suelen tener en su rostro un gesto de visión perdida. La mayoría de ellos, cuando logran realizar actividades o movimientos por sí solos, manifiestan en sus rostros una gran satisfacción y felicidad; además, se nota un gran entusiasmo y asombro por parte de los niños al completar varias de las tareas encargadas en sus terapias y al percibir ciertos estímulos sensoriales.

➤ Familiares (Operadores)

Se preguntó a los terapeutas, voluntarios y personal administrativo del CRIT acerca de los familiares que acompañan a los niños a sus terapias y consultas; y junto con lo observado, se consiguieron datos importantes e interesantes; entre los que resultó el hecho de que generalmente las madres son las que asisten con los infantes



6

Figura 13: Recepción de un CRIT.

⁶ Fuente: <http://conlupa.com.mx/wp-content/uploads/2014/08/presentaci%C3%B3n-telet%C3%B3n-3.jpg>

Las instalaciones del CRIT están rodeadas de imágenes, dibujos, y muchos otros elementos de comunicación visual, al preguntar al personal administrativo el porqué de esto, ellos comentaron que muchas de las personas que asisten al centro de rehabilitación son analfabetas; por lo tanto, este tipo de comunicación es la forma más fácil de orientar a la gente por las instalaciones; por ejemplo, en la Figura 13 se aprecia una maqueta de un tren, la cual es en realidad la recepción de uno de los centros de rehabilitación; así, cuando se le indica a los padres que se dirijan a esta parte del CRIT, se les puede decir que es donde se encuentra el tren, y de esta manera ellos llegan sin problemas a este lugar.

Los terapeutas y el personal comentaron que muchas de las personas que asisten son de bajos recursos; esto se comprobó al observar que la mayoría de ellos llegan en transporte público a las instalaciones, y al saber que el costo de las terapias y consultas es extremadamente bajo.

La reacción que se nota en los padres al saber que su hijo tiene PCI es una “montaña rusa emocional” en la cual no saben cómo reaccionar, muchas veces se sienten derrumbados y para ellos es una nueva realidad. Se comienzan a hacer preguntas como: ¿Ahora qué?, ¿va a caminar? Para varios de ellos es una dura realidad en la que también se preguntan cómo van a encajar ellos como familia y su hijo como individuo en la sociedad.

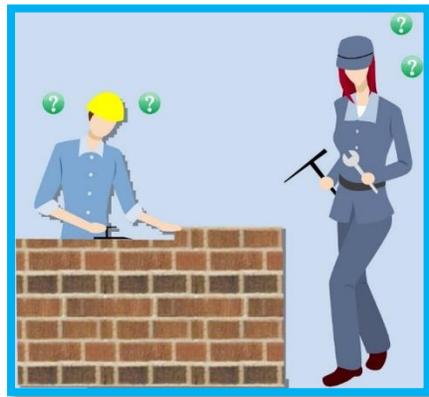


Figura 14: Representación de padres de familia preocupados.

Frecuentemente, tienen que adaptarse y adaptar su entorno a los cambios que trae consigo la noticia de tener un hijo con PCI. Tienen que adaptar sus hogares, sus autos, e incluso sus rutinas para poder ser constantes en las terapias y cuidados del niño.

Muchos de los familiares a cargo, principalmente los padres, a pesar de sentirse derrumbados, se sienten a la vez impulsados por el niño; es decir, es el que les da fuerzas para seguir adelante y echarle ganas. Comentan que existe mucha desinformación de la PCI en la sociedad; lo que provoca en ellos una sensación de

impotencia al enterarse que su hijo tiene PCI; pero al conocer un poco más del trastorno, las formas en que puede ayudarlo y las herramientas que existen para el apoyo de estos niños, le da la suficiente confianza y fuerza para seguir adelante.

La percepción que tienen los padres es que su hijo luce un cuerpo muy rígido y que sufre un notable estancamiento en su desarrollo general. Además, la mayoría piensa que su hijo es solo un niño con necesidades especiales, no un discapacitado.

➤ **Terapeutas (Instructores)**

Los instructores son, en su mayoría, mujeres jóvenes especializadas en su ramo de entre 25 y 30 años. Ellos son los que acompañan al niño en sus terapias y manipulan el bipedestador cuando el infante se encuentra en el centro de rehabilitación, es el que enseña y aconseja a los familiares la forma de manipular un bipedestador o, incluso, de improvisar uno.



7

Figura 15: Terapeutas del CRIT.

⁷Fuentes: °http://www.milenio.com/tamaulipas/estimulacion-pacientes-terapias-terminan-paciente_MILIMA20131024_0601_8.jpg

°http://manana.blob.core.windows.net/images/2014/11/19/21-ve20141119_crit2.jpg



Durante las entrevistas realizadas a los especialistas, ellos comentaron varias cosas; entre las que está el hecho de que los padres no son terapeutas, pero son los que pasan más tiempo con el niño. Estos deben aprender a jugar con el niño, a cuidarlo y estimularlo tanto en casa como en el exterior. Advirtieron que moverse es algo necesario para una vida más sana. Específicamente con los niños que no pueden moverse, se preguntó si existía alguna edad en la que se recomienda el uso de artefactos para el cambio de postura; a lo que respondieron que no hay ninguna edad que determine el inicio del cambio de postura, se recomienda siempre el cambio, o por lo menos desde el inicio del tratamiento.

Los entrevistados mencionaron que los bipedestadores con los que cuentan en el CRTI los usan tanto para terapias de niños con PCI como con los pacientes que sufren Lesión Medular; siempre y cuando la lesión del paciente lo permita.

Al preguntar a los terapeutas qué características consideraban esenciales en un bipedestador, hicieron varias recomendaciones:

1. Posiciones sencillas: se recomendó colocar al infante en posiciones sencillas y lo más naturales posibles para no lastimarlo o provocarle alguna molestia.
2. Cambio gradual: Es necesario que el cambio sea gradual ya que, al principio del tratamiento, algunos niños pueden ser muy sensibles al cambio de posición.
3. Manos libres: El usuario debe tener las manos libres para realizar otras actividades durante las terapias que requieren trabajo manual.
4. Fijar pelvis: Se recomienda fijar primero esta parte ya que es la parte central del cuerpo.

Estas recomendaciones que señalaron los terapeutas o instructores servirán para un mejor diseño del bipedestador y para que el diseño sea lo más adecuado y orientado a los usuarios que son los niños.

2.1.4 Aparatos Disponibles

Una vez analizados los 3 usuarios y ya que se obtuvo la información necesaria sobre estos, se hará una comparación entre algunos aparatos encontrados, 2 en el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT) y otros 2 en el Center of Achievement en la Universidad Estatal de California Northridge (CSUN).

A continuación, se presenta una tabla donde se realiza la comparación de los 4 bipedestadores encontrados. Cabe mencionar que estos no son los únicos que existen en el mercado; sin embargo, estos fueron los que se observaron en funcionamiento, por lo tanto, se decidió solo realizar la comparación entre estos 4.

| Característica | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------------|---|---|--|---|
| Imagen |  |  |  |  |
| Ubicación | CRIT (Ciudad de México) | CRIT (Ciudad de México) | Center of Achievement (CSUN) | Center of Achievement (CSUN) |
| Transmisión | Constituido por una manivela y piñón-cremallera | Compuesto por un pedal y un pistón | Electromecánica | Funciona por medio de una palanca y un pistón |
| Posibilidad de sentarse | No existe | No disponible | No existe | Disponible |
| Sujeción | Velcros | Seguros | Velcros | Velcros |
| Graduación de posición | Por medio de un transportador graduado | No se puede controlar de manera cuantitativa | Por medio de un transportador graduado | No se puede controlar de manera cuantitativa |
| Posición original | Recostado | Inclinado | Recostado | Sentado |
| Forma de control | Manual, mecánica | Manual, mecánica | Eléctrica | Manual, mecánica |
| Ajuste de alturas | No disponible | Disponible | No disponible | Disponible |

Tabla 6: Comparativa de los bipedestadores.

En esta tabla se puede apreciar que en la mayoría de los bipedestadores observados no hay disponibilidad de sentarse, lo cual no permite un cambio de posición natural del usuario. En la mayoría de ellos la posición original del usuario es una en la que el usuario se encuentra con las extremidades y el torso completamente estirados lo cual no es una posición desde la que una persona sin afectación realiza el cambio de posición a bipedestación por sí sola.

Otro aspecto importante es el hecho de que tres de los bipedestadores comparados funcionan completamente de manera mecánica, dos de ellos asistidos por un pistón hidráulico ya que es la manera más fácil, cómoda y práctica de realizar el levantamiento de la persona para colocarla en bipedestación.



Ahora que se tiene más conocimiento sobre la parálisis cerebral, sus consecuencias y, los tipos y grados de afectación, se conoce más a los usuarios principales que son los niños. Además, el haber hecho la visita a los centros de rehabilitación, le dio un enfoque más empático a la investigación, lo que es el objetivo de esta etapa.

Ya que se cumplió el objetivo de esta etapa y se sabe más acerca de los usuarios y la forma en que se les puede ayudar, es posible pasar a la siguiente que es la de Definir, en la cual se sintetizará la información para quedarse solo con lo más indispensable para el diseño.

2.2 Definir

El paso dos del método consiste en establecer las características del usuario o usuarios con base en la información obtenida en el paso anterior. Esto es con el objetivo de tener un perfil lo más real posible que permita realizar el diseño más adecuado y orientado hacia ellos.

2.2.1 Mapas de Empatía

Contrario a lo que puede dar a entender el nombre de esta herramienta, el mapa de empatía suele usarse en esta etapa ya que es una herramienta en la que por medio de un diagrama se distribuye la información que define al usuario y que ayuda a generar el perfil de éste.

El mapa de empatía se utiliza para estudiar a un cliente cuando se realiza un estudio de mercado para el desarrollo de un nuevo producto o servicio. “El mapa de empatía es una herramienta que nos ayuda a ‘ponernos en el lugar de nuestra clientela’.” (Caldas, Gregorio, & Hidalgo)”

Es estos estudios, usualmente, el cliente y el usuario son la misma persona; sin embargo, en el caso particular de esta tesis, se encontró en la etapa de empatizar que el usuario y el cliente no son la misma persona. En este caso se encontró que el usuario es en definitiva un infante; pero que, en realidad, los clientes principales son los padres de familia ya que son ellos quienes comprarán el aparato para el niño. Por lo tanto, se concluyó realizar el mapa de empatía de ambos, de los niños con PCI y de los padres.

En esta etapa se decidió dejar un poco de lado al terapeuta como usuario, ya que no se considera crítico o principal ni como un cliente potencial.

A continuación, se presentan los mapas de empatía, primero de los niños como usuarios y después el de los padres, enfocándose a analizarlos como posibles clientes.

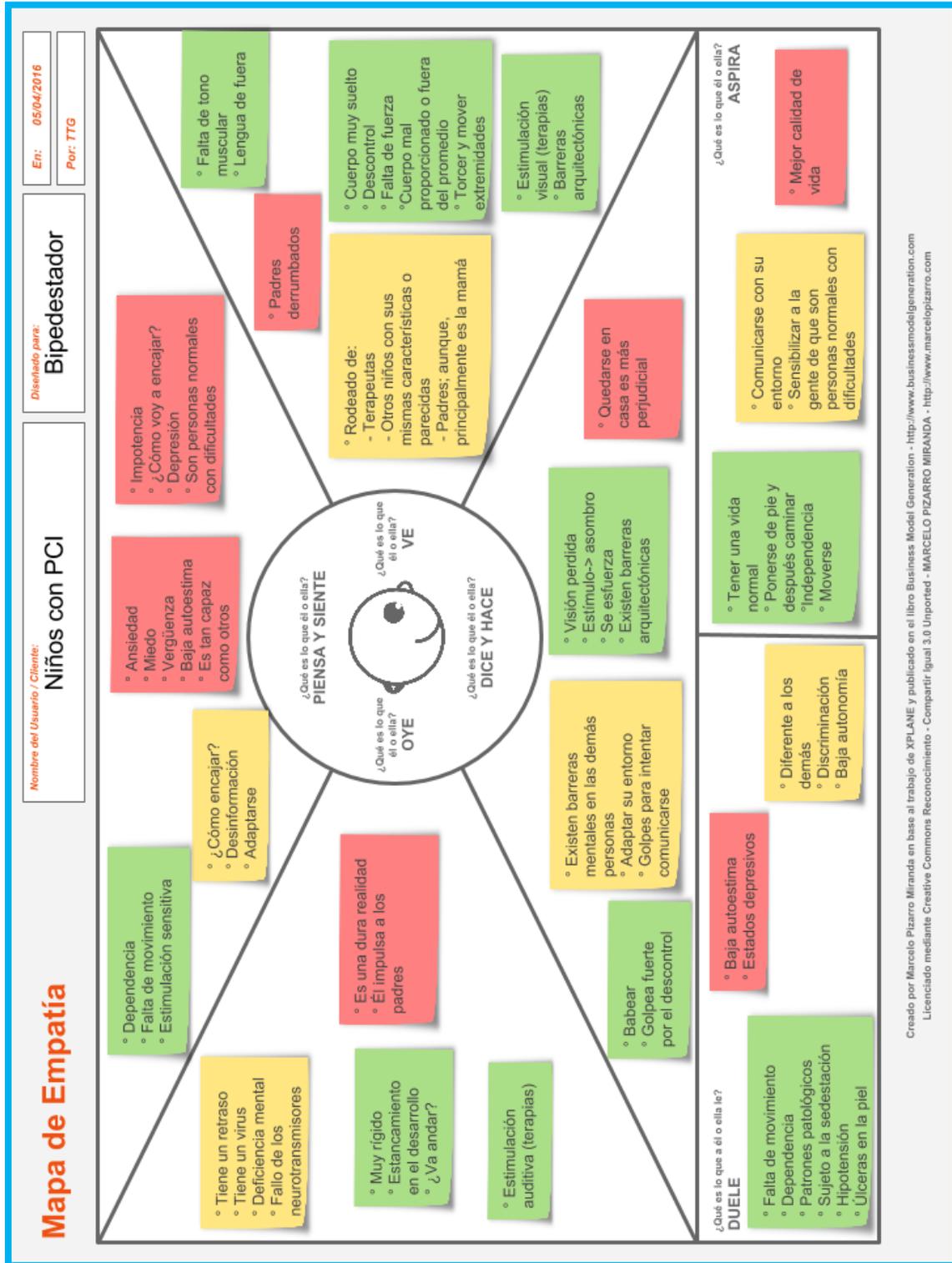


Figura 16: Mapa de empatía de los niños con PCI.

En este primer mapa se pueden apreciar notas de 3 colores diferentes:

- Verdes: Relacionado con aspectos físicos y fisiológicos.
- Amarillo: Vinculado con situaciones de la sociedad y de la vida.
- Rojo: Todo aquello que tenga que ver con lo mental y lo psicológico.

Con esta variedad de colores es más fácil y rápido identificar las notas que son más relevantes para un diseño.

Para el diseño del bipeDESTADOR, el orden de relevancia es el siguiente:



Figura 17: Orden de Relevancia de las Notas del Mapa de Empatía de los Niños con PCI.

Se concluyó poner en primer lugar las notas verdes debido a que se atacará, directamente, un aspecto físico. En segundo lugar, se hallan las notas rojas ya que, al atacar el problema físico del niño, se afecta también su aspecto psicológico. Y por último se encuentran las amarillas puesto que, al modificar su aspecto físico y psicológico, da como consecuencia un cambio en su desarrollo en la sociedad.

Siguiendo con los mapas de empatía, ahora será presentado el de los padres de los niños con PCI.

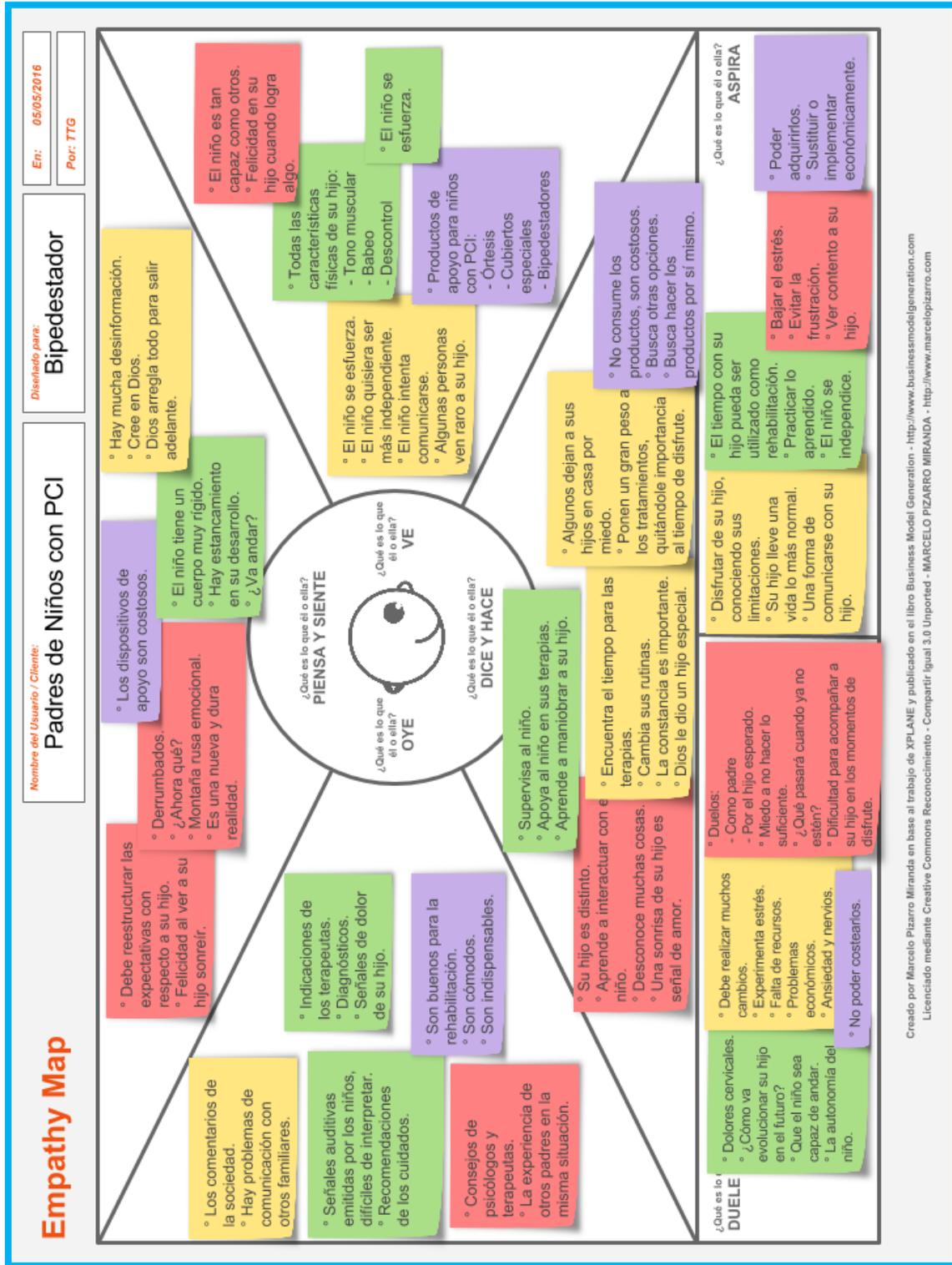


Figura 18: Mapa de Empatía de los Padres de Niños con PCI.

Como se puede observar, en este diagrama hay un cuarto color que es morado; este color está relacionado con lo que les ofrece el mercado a estos clientes, no solo de bipedestadores, sino en general de cualquier dispositivo o elemento que sirva de apoyo para la rehabilitación de su hijo.

Debido a que a los padres se les considera los clientes potenciales, la relevancia de las notas es diferente; quedando como sigue:

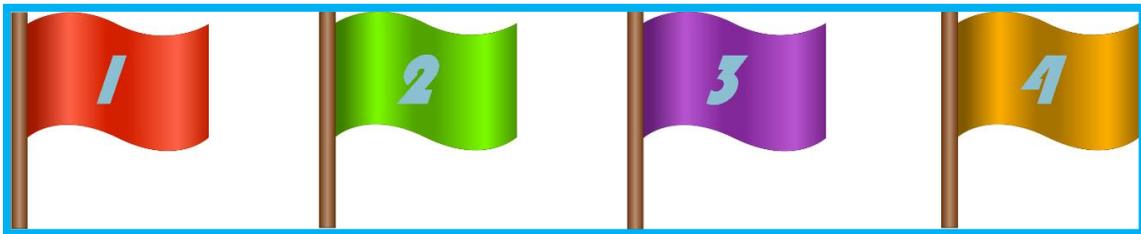


Figura 19: Orden de Relevancia de las Notas del Mapa de Empatía de Padres de Niños con PCI.

En primer lugar, se encuentra lo psicológico (rojo) debido a que, primero que nada, se debe hacer sentir a los padres que, al obtener el aparato, hacen lo suficiente para apoyar a su hijo; después, se encuentra lo social (verde) ya que se les debe mostrar y convencer de que este producto ayudará a la rehabilitación de su hijo. Posteriormente, se debe conocer la opinión que tienen acerca de lo que le ofrecen los demás fabricantes o diseñadores (morado); y, por último, pero no menos importante, se debe atacar y evitar también los problemas físicos (amarillo) que tienen los padres como lo son el estrés y el desgaste general del cuerpo que conlleva tener un hijo con PCI.

Con ayuda de estos dos mapas de empatía y de la clasificación que se les dio a las notas respectivamente, será más fácil priorizar las especificaciones técnicas que se tomarán en cuenta para el diseño; siempre enfocándose en que el usuario principal del aparato es el niño y que el cliente potencial serían los padres de familia.

2.2.2 Datos Estadísticos del Teletón

El SIT (Sistema Infantil Teletón) publica cada año un informe de actividades en el que se presentan datos estadísticos referentes a la población que atiende y a los servicios que se prestan en los CRIT (Centro de Rehabilitación Infantil Teletón). Parte de la información que se menciona es, por ejemplo, qué porcentaje de los pacientes atendidos fueron de género masculino y qué porcentaje fueron de género femenino; que para el caso del informe consultado (Fundación Teletón, 2016), se indican 58% y 42%, respectivamente (ver Figura 20).

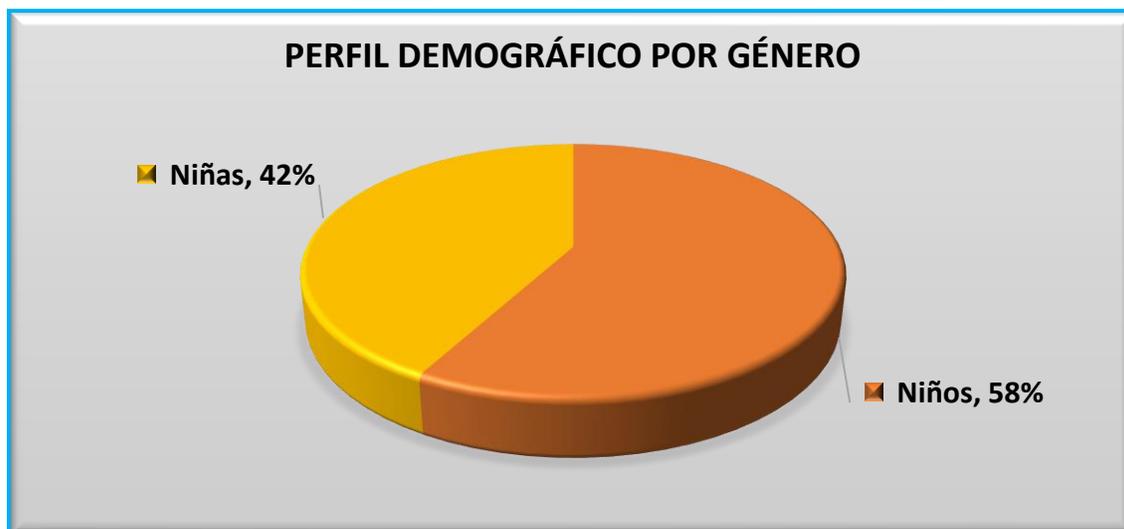


Figura 20: Perfil demográfico por género en el SIT.

En el informe se puede leer que del 100% de la población atendida, el 53% fue por lesión cerebral; de este 53%, el 22% fue por lesión cerebral severa y el otro 31% por lesión cerebral leve.

En otro apartado se hace mención, de manera más específica, cuáles son los diagnósticos más frecuentes; de entre los que se destaca la Parálisis Cerebral Espástica con el 68% de los casos, seguido por retraso en el desarrollo psicomotor con 11%, falta en el desarrollo fisiológico esperado, 10%, distrofia muscular, 6% y síndrome de Down con 5% (ver Figura 21).

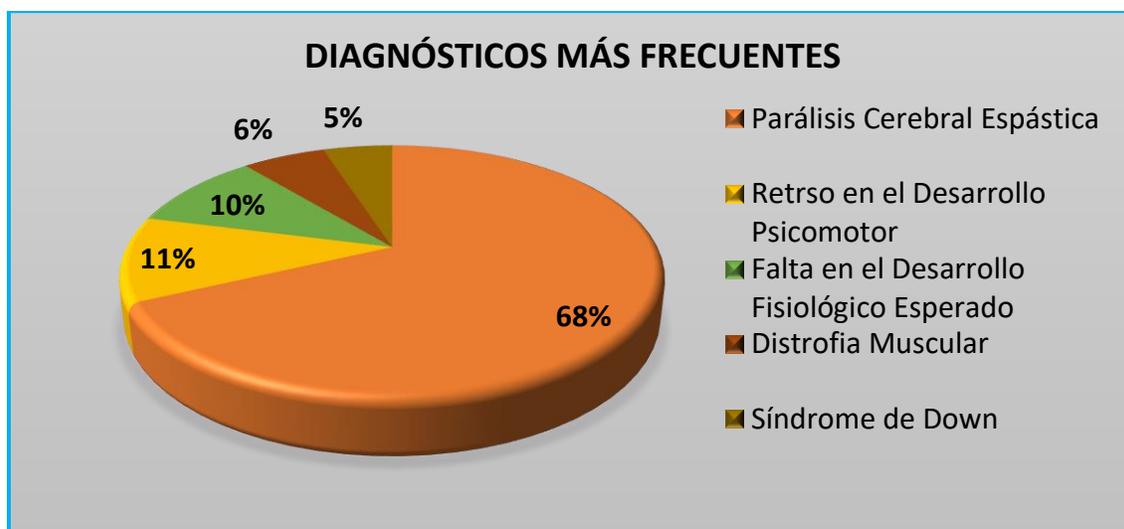


Figura 21: Diagnósticos más Frecuentes en el SIT.



Se presenta, también, una clasificación referente a las edades en la que se observa que la mayor cantidad de pacientes en los CRIT tiene de 5 a 10 años con 42%, proseguido por el 22% de la población en el cual están incluidos los niños de 3 a 4 años.

Asimismo, se informan estadísticas relacionadas con la economía de la gente atendida por el SIT; en las que se observa una tendencia de las familias de menos recursos a asistir a las clínicas de rehabilitación del Teletón, ya que la mayoría de las familias, el 63%, tienen ingresos de menos de cinco mil pesos mensuales (Fundación Teletón, 2016).

La información estadística mostrada ayuda a definir la población hacia la cual se debe orientar el diseño del bipedestador. Un gran porcentaje de los usuarios son de sexo masculino; por lo que, para la mayoría de las dimensiones antropométricas se utilizarán las de este sexo; sin dejar fuera las del sexo femenino para los casos que sean necesarios. Asimismo, se puede observar que el mayor porcentaje de la población tiene entre 5 y 10 años; sin embargo, este rango de edades es muy grande por lo que se decidió que el bipedestador se enfocaría a niños de 4 a 6 años; con esto se abarca una parte de cada uno de los dos grupos más grandes de usuarios.

Los porcentajes presentados en cuanto a la cantidad de niños que son atendidos por lesión cerebral justifican el hecho de que el bipedestador será destinado a estos; y debido a que el diagnóstico más común es la Parálisis Cerebral Espástica; se considerará esto para tratar de orientar el diseño hacia los infantes con este caso.

También, para el diseño, se tomará en cuenta la baja capacidad económica de las familias; intentando que el dispositivo sea lo más económico posible; sin embargo, no se realizará un estudio profundo sobre los costos ya que no es tema ni objetivo de la tesis.

2.2.3 Ergonomía y Antropometría

Ergonomía

Cuando se está llevando a cabo el diseño de alguna máquina es imperativo determinar las variables o criterios de diseño que permitan “dar respuesta de forma satisfactoria a una necesidad humana” (Mata Cabrera, 2004). Estas variables pueden ser de carácter físico, dimensional, de función, etc. Desde el punto de vista de la ergonomía se deben considerar la posición del usuario, la amplitud de los movimientos y otras. “Así pues, la variable ergonómica debe ser incorporada de manera sistemática a los protocolos de diseño.” (Mata Cabrera, 2004).

Existen varias definiciones propuestas acerca de lo que es la ergonomía. Todo dependerá del enfoque que cada autor le dé a su definición.

En seguida se mencionan algunas de las definiciones encontradas en diversas fuentes:

- Estudio de la adaptación de las máquinas, muebles y utensilios a la persona que los emplea habitualmente, para lograr una mayor comodidad y eficacia. (Real Academia Española, 2015)
- La ergonomía trata de alcanzar el mayor equilibrio posible entre las necesidades/posibilidades del usuario y las prestaciones/requerimientos de los productos y servicios. (Mondelo, Gregori, & Barrau, 1999)
- Ergonomía (o factores humanos), es la disciplina científica que se ocupa de la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema; es la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos al diseño para optimizar el bienestar humano y el rendimiento general del sistema. (International Ergonomics Association, s.f.)

Retomando estas definiciones, se puede decir que la ergonomía es la disciplina científica que estudia la interacción entre el ser humano y otros elementos de un sistema; y aplicando teorías, principios, datos y métodos al diseño, adapta las máquinas, muebles, utensilios, e incluso el entorno completo a las personas involucradas; tratando de lograr el mayor equilibrio posible entre necesidad y requerimiento.

De acuerdo con la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA por sus siglas en inglés) existen tres campos de especialización en la ergonomía:

- Ergonomía Física: es la que se ocupa de lo relacionado con la actividad física. Estudia características antropométricas, anatómicas y fisiológicas; además de la biomecánica del cuerpo humano.
- Ergonomía Cognitiva: Esta trata de los procesos mentales que ocurren durante la interacción del ser humano con los elementos de un sistema.
- Ergonomía Organizacional: Relacionada con la forma en que las personas se organizan entre sí bajo sistemas sociales, estructuras organizacionales y otros.

En este trabajo se utilizarán, principalmente, conocimientos sobre la ergonomía física; entre los que se encuentran la antropometría y la biomecánica de las personas involucradas.

Antropometría

Al igual que la ergonomía, la antropometría se define de distintas formas, dependiendo del autor. Una de ellas es la propuesta por Mondelo que dice que la antropometría es “la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, estudia las dimensiones tomando como referencia distintas estructuras anatómicas, y sirve de herramienta a la ergonomía con objeto de adaptar el entorno a las personas.” (Mondelo, Gregori, & Barrau, 1999).

En la antropometría suelen manejarse dos tipos de dimensiones “que es necesario considerar en el diseño de todo proyecto: las **estructurales** y las **funcionales**.” (Estrada Muñoz, 2015).

Las dimensiones antropométricas estructurales son aquellas que se obtienen al medir segmentos específicos del cuerpo humano como alturas, longitudes, anchos, diámetros, masas, etc. Es decir, son dimensiones que, independientemente de la posición o movimientos del individuo, éstas tendrán siempre la misma magnitud.

Este tipo de dimensiones se conocen también como estáticas y suelen aplicarse al diseño de objetos o productos que no demandan gran cantidad de movimiento o “a espacios de actuación que no tienen en cuenta el movimiento tridimensional.” (Estrada Muñoz, 2015).

Las dimensiones antropométricas funcionales se relacionan con las dimensiones resultantes de un movimiento; por lo que se dice que éstas sí dependerán del tipo y cantidad de movimiento, el esfuerzo realizado, etc. Algunas de estas medidas son: cambios posturales, alcances, ángulos, fuerzas, entre otras. A este tipo de dimensiones se les nombra también como dinámicas y “se aplican a diseños de puestos o estaciones de trabajo en donde hay que considerar la dimensión para determinar la función.” (Estrada Muñoz, 2015).

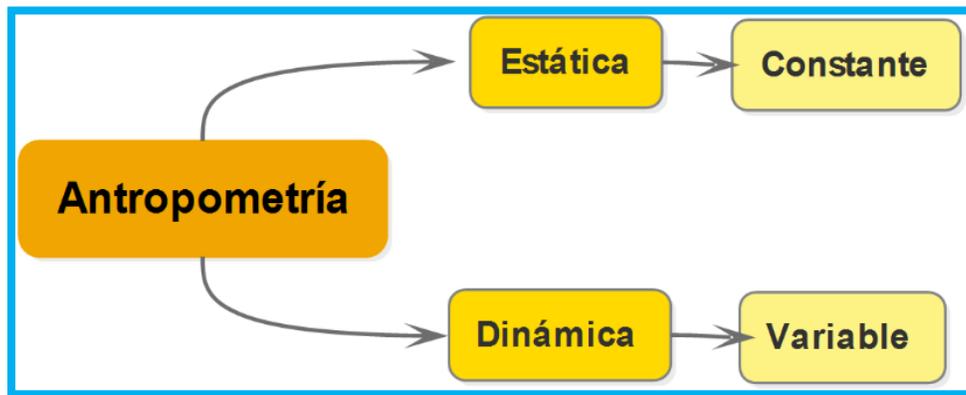


Figura 22: Tipos de Antropometría

La antropometría está basada en la recopilación de datos (medidas) y la utilización de métodos estadísticos para la interpretación de estos. Para la recopilación se toma una muestra amplia de una población específica que cumpla con ciertas características de sexo, edad, ocupación, etc.; estas dependerán del objetivo del estudio; es decir, con qué propósito se utilizarán las medidas.

Usualmente, la recopilación inicial de los datos se presenta de manera desordenada y, posteriormente, estos se disponen de forma lógica y ordenada donde se tiende a destacar las frecuencias de aparición de ciertas medidas. Estas se tabulan y “una vez que se estructuran los datos en tablas de frecuencia, se empieza a adivinar el modelo de distribución.” (Panero & Zelnik, 1996)

Para determinar el modelo de distribución, se presentan los datos mediante histogramas de frecuencia, en los cuales el ancho de las barras es similar; sin embargo, las alturas son variables y representan la frecuencia para cada intervalo. Posteriormente, las barras se sustituyen por una serie de puntos que se unen con una línea y que forman un polígono de frecuencias.

Ya que se tiene el polígono de frecuencias, se forma la llamada Campana de Gauss, que consta de una curva de frecuencias en la que el máximo porcentaje de distribución se encuentra en torno al punto medio –el más alto de la campana–; y las medidas que aparecen con menos frecuencia se encuentran en los extremos.

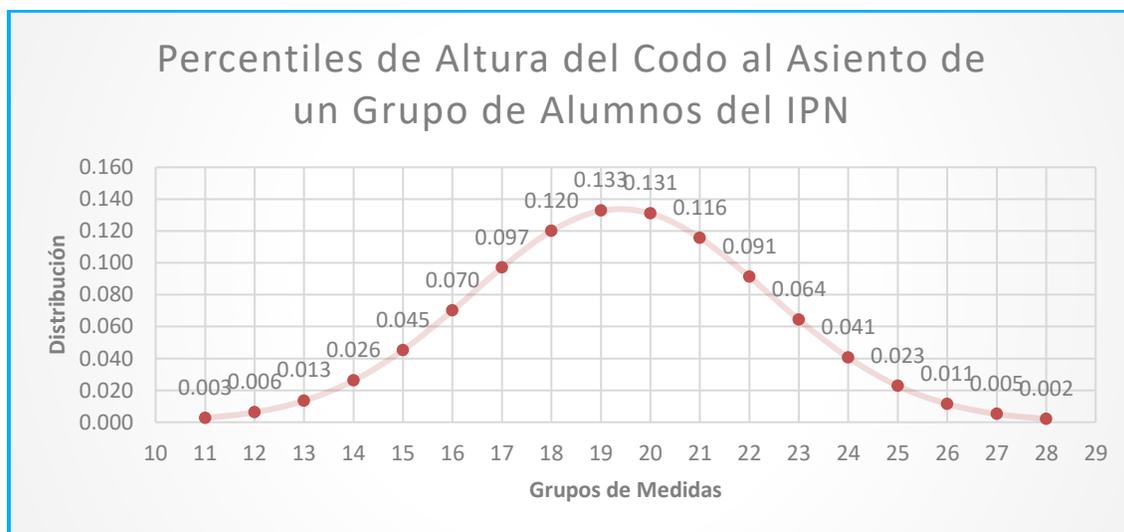


Figura 23: Ejemplo de Campana de Gauss

“Generalmente, los datos se presentan en forma gráfica como la conocida Figura Dreyfus; o tabular.” (Panero & Zelnik, 1996). La Figura Dreyfus es una figura en la que se representa el cuerpo humano y sobre el cual se plasman las medidas de manera directa. De forma tabular, se suelen mostrar los percentiles obtenidos de la Campana de Gauss.



Percentiles

“Estadísticamente, las medidas del cuerpo humano para cualquier población dada se distribuirán de modo que caigan en la mitad del espectro, ocupando las extremas el inicio y remate de la gráfica del espectro.” (Panero & Zelnik, 1996). A esto se refiere lo que se observa en una gráfica de Gauss.

Cuando se ha llevado a cabo un estudio antropométrico a cierta población, y de la cual se obtuvo la distribución de frecuencias y el diagrama de campana correspondiente; ésta suele dividirse en categorías de porcentajes, ordenadas de menor a mayor y de acuerdo con alguna medida concreta del cuerpo.

Si se posee la información completa del estudio o si éste ha sido hecho por uno mismo; es posible realizar el fraccionado de acuerdo con cierto propósito. Si el propósito fue el de utilizarlo para el diseño de algún producto, objeto o servicio; se debe tomar en cuenta que el diseño debe ser apto para el 90% de la población objetivo; en la medida de lo posible.

Debido a esta “regla del 90%”, algunos estudios antropométricos, como el realizado por la Universidad de Guadalajara, muestran tablas de percentiles en las que se observan las medidas correspondientes al P5, P50 y P95.

- Percentil 5 (P5): Muestra las medidas más chicas, la cual se encuentra con menor frecuencia y en el extremo izquierdo de la Campana de Gauss.
- Percentil 50 (P50): Éste se presenta con mayor frecuencia en la población por lo que se ubica al centro del diagrama; y, representa una medida intermedia.
- Percentil 95 (P95): Representa las medidas de mayor magnitud por lo que se ubica en el extremo derecho de la campana. Éste al igual que el P5 se encuentra con menor frecuencia en la población.

La dimensión antropométrica que da mayor referencia sobre alguien es la estatura. Es posible que una persona se encuentre dentro del P50 de esta medida; sin embargo, esto no asegura que las demás medidas de su cuerpo pertenezcan a este mismo grupo percentil.

Tablas de Percentiles

En las tablas de percentiles se muestran de manera ordenada los datos obtenidos de algún estudio antropométrico, ya divididos en grupos de percentiles.

Infantes (Usuarios)

Debido a que no existen estudios antropométricos detallados sobre la población infantil con parálisis cerebral en México, para el caso de esta tesis, se utilizaron las medidas mostradas en el libro Dimensiones Antropométricas. Población Latinoamericana. México, Cuba, Colombia, Chile y Venezuela publicado por la Universidad de Guadalajara.

Para poder hacer uso de la información de este estudio, y debido al bajo desarrollo que presentan los niños, se debió hacer una adecuación de ella hacia el proyecto. Ésta consistió en considerar las medidas únicamente del **P5** del rango de edades para el que se está enfocando el bipeDESTADOR.

Bipedestación

A continuación, se muestra una tabla con las medidas obtenidas del libro de Dimensiones Antropométricas, junto con varios diagramas que ayudarán a comprender a qué se refieren dichas medidas.



| Descripción | MACULINO | | | FEMENINO | | |
|------------------------------------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | 4 años | 5 años | 6 años | 4 años | 5 años | 6 años |
| (A) Estatura | 963 | 1029 | 1086 | 960 | 1016 | 1087 |
| (B) Altura hombro | 726 | 791 | 833 | 726 | 779 | 831 |
| (C) Profundidad máx. cuerpo | 152 | 155 | 152 | 150 | 153 | 151 |
| (D) Altura rodilla | 240 | 251 | 284 | 235 | 258 | 284 |
| (E) Altura codo flexionado | 549 | 600 | 620 | 545 | 590 | 631 |
| (F) Profundidad tórax | 126 | 130 | 127 | 126 | 125 | 118 |
| (G) Alcance brazo frontal | 337 | 366 | 442 | 342 | 353 | 381 |
| (H) Anchura máx. cuerpo | 262 | 277 | 278 | 268 | 270 | 165 |
| (I) Perímetro pantorrilla | 186 | 199 | 200 | 191 | 196 | 200 |

Tabla 7: Percentiles de infantes en bipedestación.

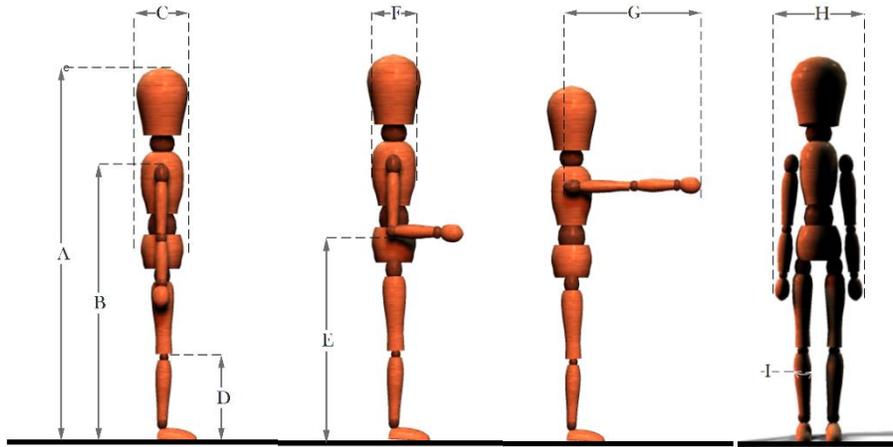


Figura 24: Percentiles de infantes en bipedestación.

Sedestación

Siendo en sedestación la posición inicial del bipedestador, es necesario tomar en cuenta estas medidas que son, probablemente, las más críticas para el diseño; ya que es en esta posición en la que se pueden presentar mayores problemas al ajustar el aparato para cada niño.



| Descripción | MASCULINO | | | FEMENINO | | |
|-----------------------------|-----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | 4 años | 5 años | 6 años | 4 años | 5 años | 6 años |
| (A) Altura normal sentado | 537 | 552 | 584 | 517 | 547 | 580 |
| (B) Altura hombro sentado | 305 | 320 | 342 | 299 | 319 | 342 |
| (C) Altura codo sentado | 117 | 119 | 123 | 115 | 117 | 128 |
| (D) Altura poplíteo | 228 | 250 | 266 | 230 | 242 | 265 |
| (E) Longitud nalga-poplíteo | 231 | 247 | 274 | 238 | 239 | 283 |
| (F) Anchura cadera sentado | 181 | 192 | 198 | 180 | 193 | 196 |
| (G) Anchura codos | 269 | 271 | 272 | 253 | 263 | 266 |

Tabla 8: Percentiles de infantes en sedestación.

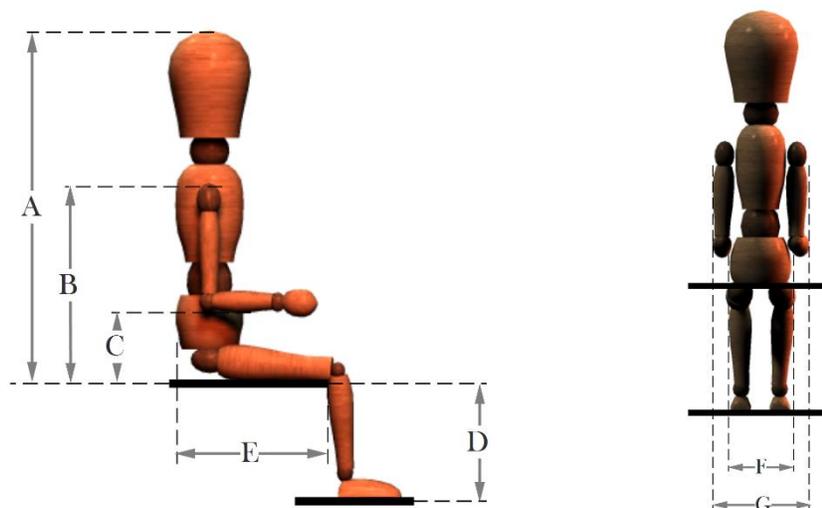


Figura 25: Percentiles de infantes en sedestación.

Cabeza, Pie y Mano



Las medidas de cabeza se utilizarán para el reposacabezas y su acojinamiento. Las de pie, se utilizarán para darle medidas al reposapiés. Y las medidas de mano, serán usadas para darle medidas a unos posibles descansabrazos incorporados al bipedestador.

| Descripción | MASCULINO | | | FEMENINO | | |
|-----------------------------|-----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | 4 años | 5 años | 6 años | 4 años | 5 años | 6 años |
| (A) Anchura de cabeza. | 131 | 132 | 135 | 130 | 131 | 131 |
| (B) Longitud de la mano. | 105 | 109 | 117 | 103 | 112 | 136 |
| (C) Anchura de la mano. | 58 | 60 | 64 | 56 | 59 | 63 |
| (D) Diámetro de empuñadura. | 21 | 23 | 23 | 23 | 21 | 22 |
| (E) Longitud del pie. | 151 | 159 | 167 | 148 | 152 | 164 |
| (F) Anchura del pie. | 59 | 62 | 66 | 57 | 61 | 64 |
| (G) Anchura del talón. | 42 | 42 | 42 | 39 | 41 | 43 |

Tabla 9: Percentiles de infantes de cabeza, pie y mano.

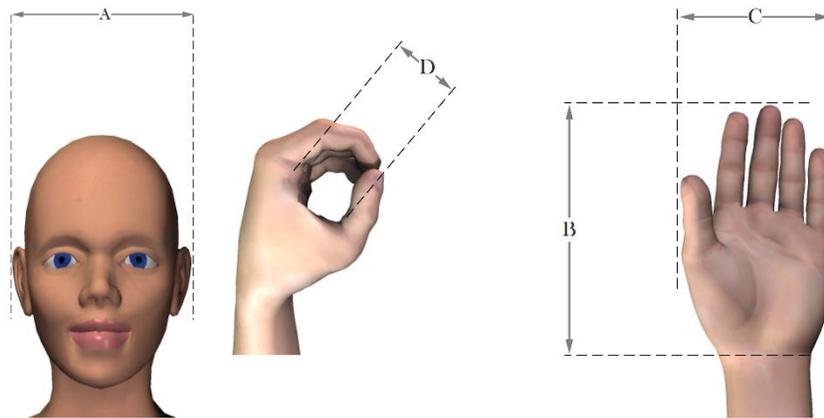
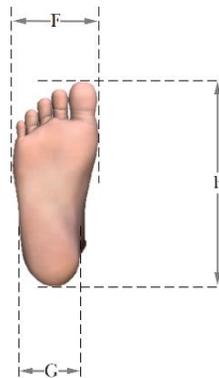


Figura 26: Percentiles de infantes de cabeza, mano y pie.



Adultos (Operadores e Instructores)

Ya que también existen adultos involucrados en el uso del aparato, es necesario que los elementos del bipedestador con los que van a interactuar sean, también, diseñados y adaptados para no generar cargas físicas, o de cualquier otro tipo, indeseables, lastimosas o incómodas en ellos.



Para el caso de los adultos, se extrajeron del libro mencionado al inicio de la sección de Percentiles, las medidas que, hasta este punto, se piensa que son las que podrían estar involucradas en el manejo de cualquier máquina y/o herramienta. Algunas de estas pueden ser, por ejemplo, las medidas de largo y ancho de las manos y de los pies. Se dice que es hasta ese punto, ya que es posible que se utilizan más medidas o menos dependiendo del diseño que se seleccione y de la forma en que el adulto va a operar la máquina. Por esta misma razón, se mostrarán a continuación tablas con los percentiles 5, 95 y 50 de los adultos, junto con sus respectivas figuras.

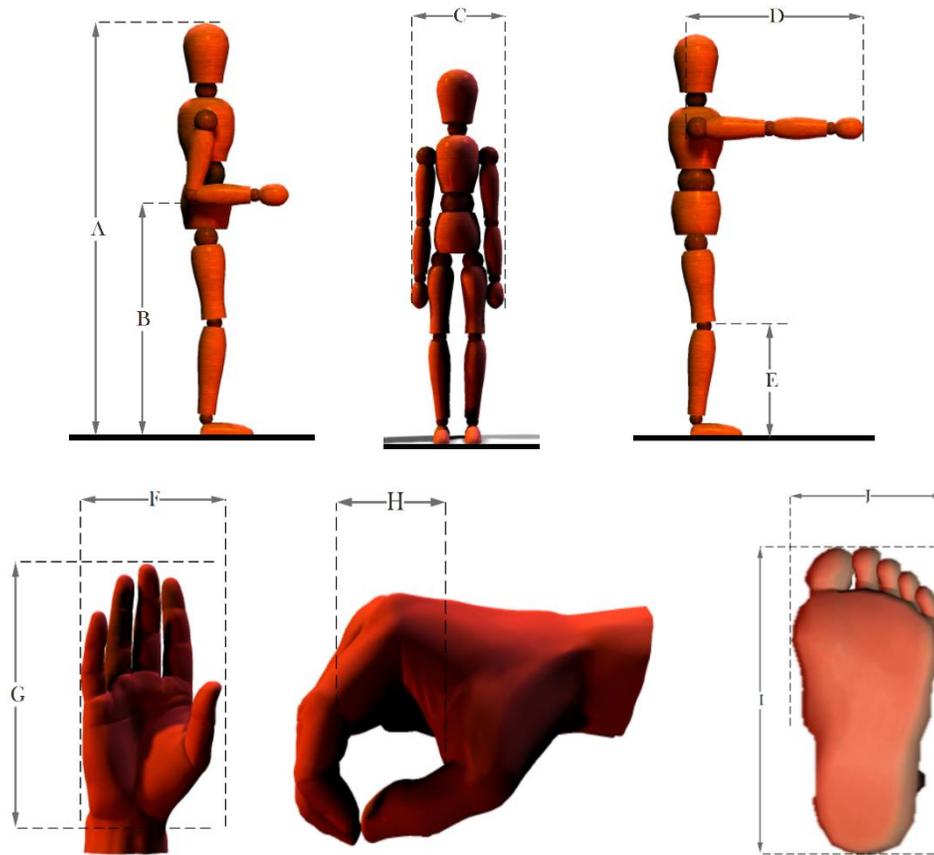


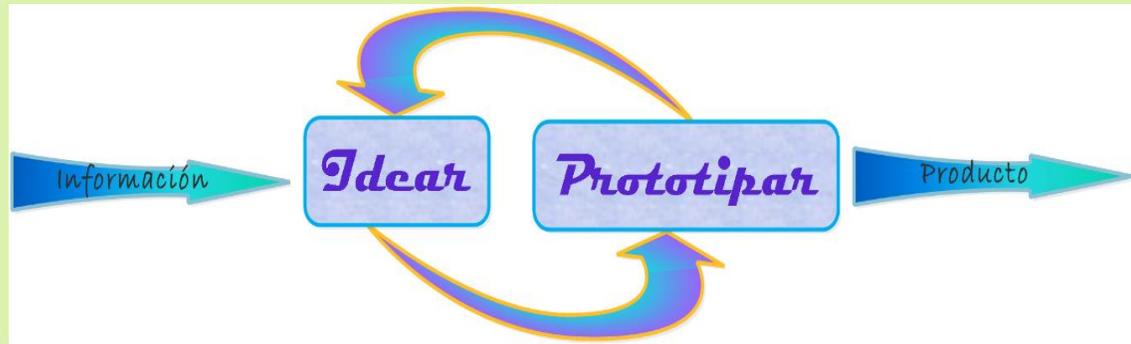
Figura 27: Percentiles de Adultos.

Los datos recopilados con los que se realizaron las tablas, y en los que se basará el diseño, son los de los adultos de 18 a 65 años.

| Descripción | MASCULINO | | | FEMENINO | | |
|------------------------------------|-----------|------|------|----------|------|------|
| | P5 | P50 | P95 | P5 | P50 | P95 |
| (A) Estatura. | 1576 | 1668 | 1780 | 1471 | 1570 | 1658 |
| (B) Altura codo flexionado. | 906 | 969 | 1046 | 906 | 969 | 1044 |
| (C) Anchura máxima cuerpo. | 455 | 520 | 596 | 434 | 479 | 578 |
| (D) Alcance brazo frontal. | 590 | 648 | 810 | 631 | 684 | 741 |
| (E) Altura rodilla | 434 | 476 | 526 | 411 | 446 | 491 |
| (F) Anchura mano | 83 | 92 | 103 | 83 | 92 | 104 |
| (G) Longitud mano | 158 | 170 | 185 | 158 | 171 | 185 |
| (H) Diámetro empuñadura | 39 | 45 | 50 | 40 | 45 | 50 |
| (I) Longitud pie | 217 | 232 | 250 | 217 | 232 | 250 |
| (J) Anchura pie | 83 | 90 | 99 | 83 | 90 | 99 |
| (K) Espesor mano | 24 | 30 | 35 | 23 | 30 | 35 |

Tabla 10: Dimensiones Antropométricas de Adultos

3. Idear y Prototipar



3.1 Idear

Idear, es la tercera etapa del método DT. Llegado este punto, es momento de utilizar toda la información investigada y las experiencias recopiladas para dar cumplimiento con el objetivo de diseñar un bipedestador para niños, de entre 4 y 6 años, con PCI.

El proceso que se llevó a cabo para desarrollar esta etapa fue el siguiente:

- I. Ingeniar: En este paso, se utilizaron herramientas de creatividad, tales como la lluvia de ideas (*brainstorming*) o el pensamiento análogo, para generar tres opciones de diseño. Este punto se enfocó principalmente al mecanismo de levantamiento que se desarrollaría.
- II. Analizar: Una vez propuestas las tres alternativas, se utilizó una tabla comparativa objetivada, mayormente, a visualizar las características de cada una de ellas.
- III. Seleccionar: Al tener mejor definidas las características de cada opción, se aplicó el Método de Relaciones y Pesos para seleccionar la propuesta más conveniente para el propósito del diseño.
- IV. Desarrollar: Una vez seleccionada la propuesta, se procedió a su desarrollo más detallado en el que se abordarán puntos como: el ajuste para diferentes dimensiones antropométricas y los mecanismos de control y operación del dispositivo.

I. Ingeniar

a. Propuesta 1: Manivela-Cadena-Sinfín

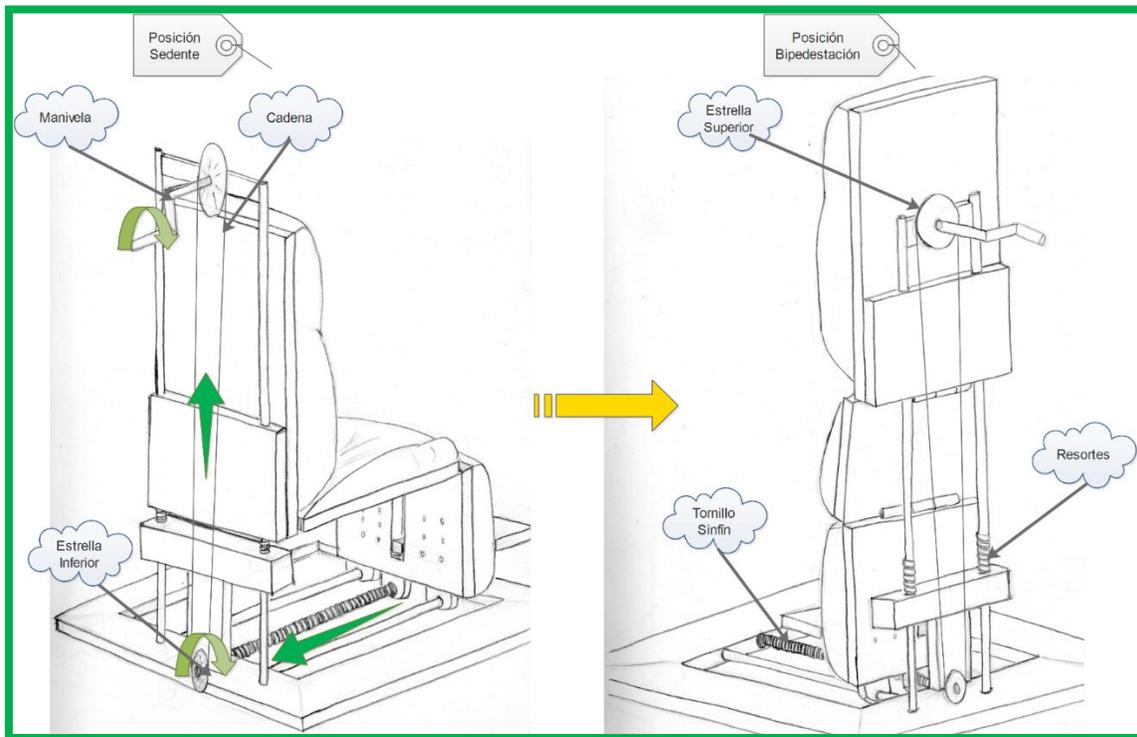


Figura 28: Opción 1: Manivela-Cadena-Sinfín

La primera opción de mecanismo que se ideó consiste en uno compuesto por dos estrellas, una cadena, una manivela y un tornillo sinfín.

El procedimiento de operación sería el siguiente:

Una vez sentado y sujetado el niño en el aparato; el operador comenzaría a dar vueltas a la manivela que está conectada a la estrella superior, transmitiendo el movimiento rotacional hacia la estrella inferior por medio de la cadena que las enlaza.

El movimiento rotacional es transformado en lineal por medio del tornillo sinfín que está conectado a la estrella inferior. Este movimiento lineal provoca que la sección del reposapiés se recorra hacia adelante o hacia atrás y como reacción a él, el respaldo se desliza por los rieles verticales, ascendiendo o descendiendo, según sea el caso, provocando el cambio de posición del niño.

b. Propuesta 2: Poleas

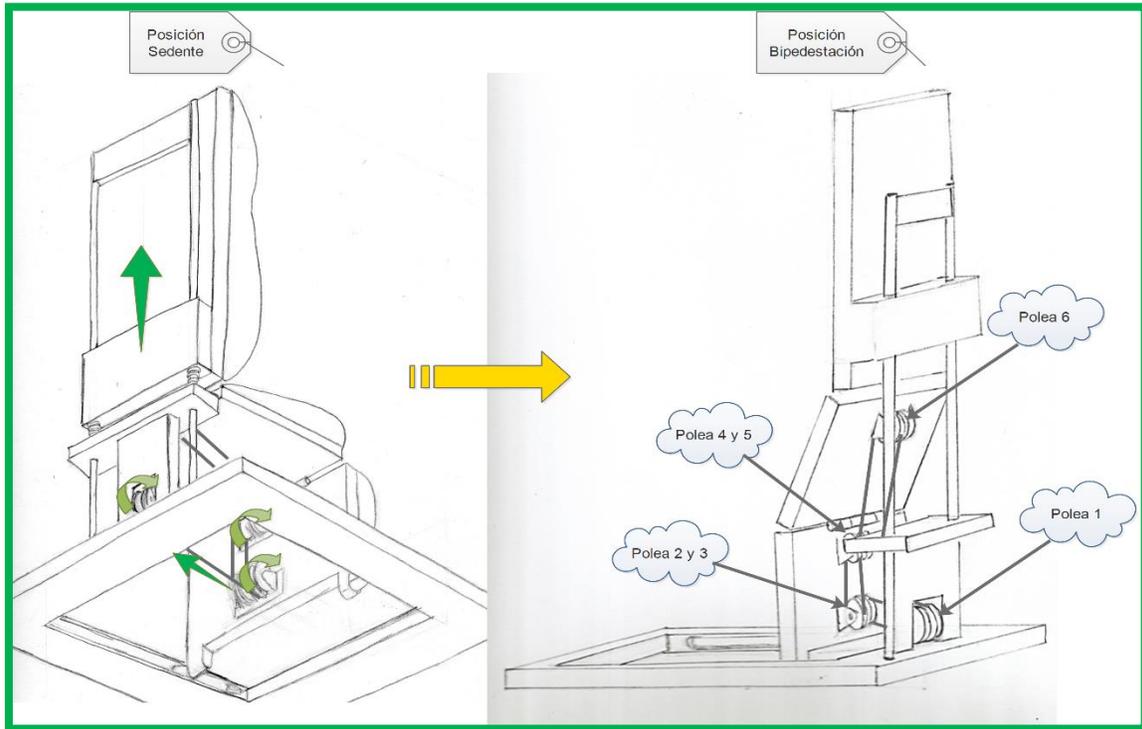


Figura 29: Opción 2: Poleas.

Esta segunda opción de mecanismo consiste en una serie de poleas colocadas a lo largo de la máquina, una fija y las demás, móviles; unos rieles verticales similares a los de la opción 1.

La secuencia de funcionamiento sería la siguiente:

La polea (1) que se encuentra en la base giraría de forma que un cable atado a ella comenzaría a enrollarse a su alrededor, jalando la polea (2) ubicada en la parte inferior de la sección de los pies; provocando que con su giro rote la tercera (3), la cual se encuentra sobre el mismo eje. Este movimiento se transmitiría por medio de una banda hacia la polea superior (4) de la misma sección, debido a que se encuentra sobre el mismo eje que la quinta (5) polea, esta también comenzaría a moverse; y bajo el mismo principio que el primer par, un cable comenzaría a enrollarse en ella tendiendo a jalar la última polea (6); pero, debido a que la distancia entre ellas es constante, se provocaría un levantamiento de la sección que se está jalando, la del asiento. Con este último movimiento se tiene como resultado un deslizamiento del respaldo sobre los rieles, ascendiendo o descendiendo según fuera el caso; ayudado por el levantamiento del asiento que provocan las poleas.

c. Propuesta 3: Polea-Cable-Brazos

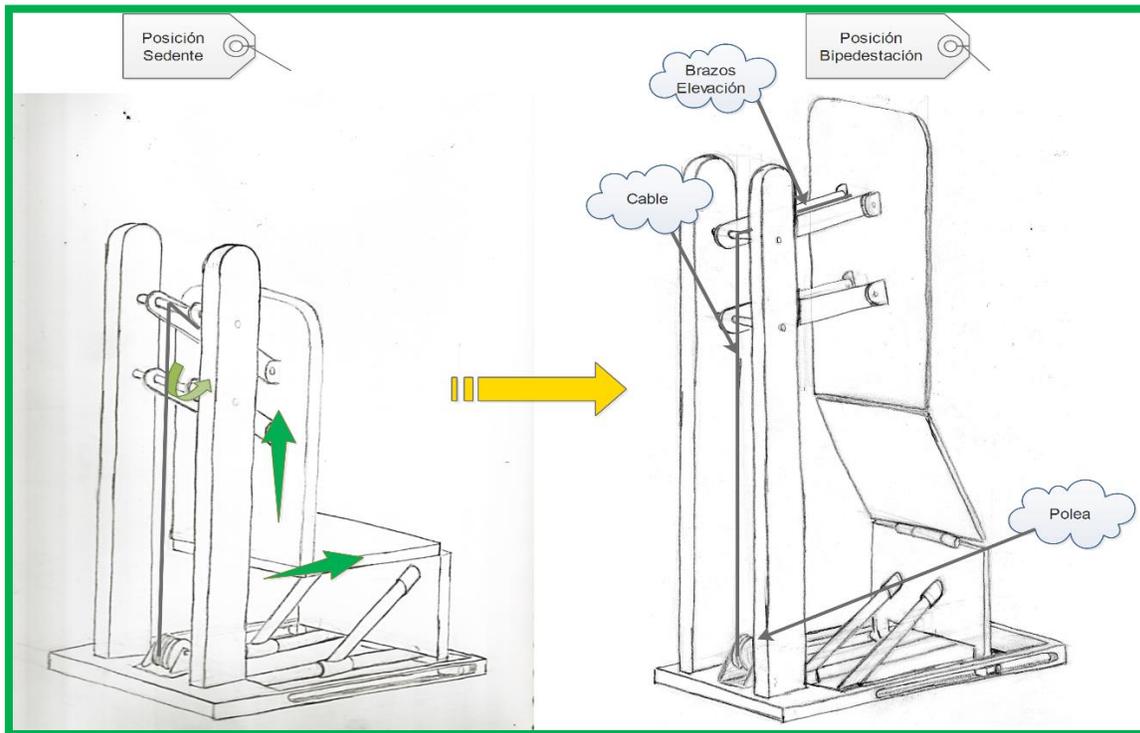


Figura 30: Opción 3: Polea-Cable-Brazos.

En este caso el mecanismo básico es más simple que los anteriores ya que solo se compone de una polea fija a la base, una polea superior, unos brazos sujetos al respaldo y a unos soportes verticales; un cable que corre de la polea fija, pasa por la superior y se sujeta al eje donde se encuentran los brazos del mecanismo en el respaldo.

El funcionamiento se pensó de la siguiente manera:

La polea fija giraría de forma que el cable se enrollaría a su alrededor, provocando que este se tense. Debido a que la longitud de los brazos es constante, la reacción que se tendría es que el cable tendería a jalar el eje al que está sujeto, provocando un movimiento rotacional de los brazos; pero, ya que se tienen dos pares de brazos, se genera un movimiento traslativo del respaldo teniendo como resultado el levantamiento de este.



II. Analizar

| PROPUESTAS | CARACTERÍSTICAS |
|---------------------------|---|
| <p>PROPUESTA 1</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La altura de la manivela tiene que ajustarse a la altura del operador lo que podría causar que la máquina quedara muy alta. • La fuerza aplicada está sujeta a la relación de transmisión. • La longitud de la cadena dependerá de la altura de la manivela. • El tornillo sinfín proporciona un buen movimiento gradual; sin embargo, puede llegar a ser muy lento, esto dependería del tipo de tornillo y del paso de este. • Es posible que se requiera mucha fuerza para romper con la inercia de la posición inicial. • Respaldo, asiento y reposapiés se mueven hacia la parte posterior, lo que puede provocar que el centro de gravedad se mueva hacia esta parte causando inestabilidad. • El respaldo puede provocar un gran esfuerzo de los rieles. • La cadena permite un movimiento controlado. |
| <p>PROPUESTA 2</p> | <ul style="list-style-type: none"> • El mecanismo consta de muchos elementos lo que se puede traducir en mayor complicación. • Al ser más elementos es posible que se requiera mayor energía para moverlos. • Ya que varios elementos se encuentran sujetos a los componentes de la silla, esto aumenta su peso. • Respaldo, asiento y reposapiés se mueven hacia la parte posterior, lo que puede provocar que el centro de gravedad se mueva hacia esta parte causando inestabilidad. • El respaldo puede provocar un gran esfuerzo de los rieles. • El movimiento de las poleas ayuda a romper con la inercia de la posición inicial. |
| <p>PROPUESTA 3</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Se tienen más puntos de apoyo en el respaldo que en las otras opciones. • Respaldo, asiento y reposapiés se mueven más hacia el centro provocando que el centro de gravedad se sitúe al centro de la máquina y causando mayor estabilidad. • Mayor simplicidad del mecanismo. • Es más fácil romper la inercia de la posición inicial. • Probablemente se requiera de mayor fuerza. • Debido a la distribución de los elementos es más fácil controlar las dimensiones de la máquina. • Es probable que sea más difícil controlar la graduación del cambio ya que la banda se puede llegar a patinar con ciertos movimientos. |

Tabla 11: Comparación de Propuestas.

III. Seleccionar

Como se mencionó al principio de la sección, para seleccionar la opción a desarrollar se utilizó el método matricial de Relaciones y Pesos. Este es un método en el que se hace una “relación y ponderación de las soluciones y criterios de evaluación para dar mayor discriminación a la matriz.” (Alcaide Marzal, 2004).

La matriz se forma colocando en la fila superior las propuestas de diseño y en la columna del extremo izquierdo los criterios de evaluación, ordenados según su importancia. Posteriormente, cada criterio recibe un valor según su importancia y de acuerdo con una cierta escala. Hecho esto, las propuestas se relacionan con los criterios mediante la asignación de valores, también escalados. Finalmente, ambos valores se multiplican para obtener un puntaje total y se suman para cada solución. La propuesta con mayor puntaje resultará ser la más adecuada a desarrollar.

A continuación, se presenta la tabla de Relaciones y Pesos que se realizó para seleccionar la mejor propuesta de diseño del bipedestador:

| CRITERIO | Valor del Criterio | PROPUESTAS | | | | | |
|--|--------------------|------------|---------|-----------|---------|------------|---------|
| | | 1 | | 2 | | 3 | |
| | | Valor | Puntaje | Valor | Puntaje | Valor | Puntaje |
| ESTABILIDAD EN BIPEDESTACIÓN | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 4 | 20 |
| CONTROLABILIDAD DEL CAMBIO DE POSICIÓN | 5 | 5 | 25 | 3 | 15 | 3 | 15 |
| NATURALIDAD DEL CAMBIO DE POSICIÓN | 5 | 2 | 10 | 2 | 10 | 4 | 20 |
| SIMPLICIDAD DEL MECANISMO | 4 | 3 | 12 | 1 | 4 | 4 | 16 |
| PESO COMPLETO (LIGEREZA) | 4 | 3 | 12 | 2 | 8 | 3 | 12 |
| ELEMENTOS DEL MECANISMO BÁSICO | 3 | 3 | 9 | 2 | 6 | 5 | 15 |
| DIMENSIONES DEL APARATO EN SEDESTACIÓN | 3 | 2 | 6 | 3 | 9 | 2 | 6 |
| LONGITUD | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 8 |
| ROBUSTEZ DEL APARATO | 2 | 2 | 4 | 3 | 6 | 3 | 6 |
| TOTAL | | 87 | | 67 | | 118 | |

Tabla 12: Ponderación de Propuestas.

Como se puede apreciar en la tabla; la propuesta que obtuvo el mayor puntaje fue la número tres, esto debido a que tiene los mejores valores en la mayoría de los criterios principales de evaluación.

Basado en los resultados de esta tabla, se procedió con la siguiente parte de esta etapa; la cual consiste en desarrollar el diseño.

IV. Desarrollar

En este apartado se abordarán varios aspectos (requerimientos) del diseño como lo son el acondicionamiento del bipedestador para las diferentes edades, el control y operación del mecanismo, entre otras.

Respaldo

El primer aspecto que se modificó fue el respaldo, pasando de una sola pieza a dos; agregando una cabecera móvil que sirve para ajustar la altura normal sentado del bipedestador a la del usuario.

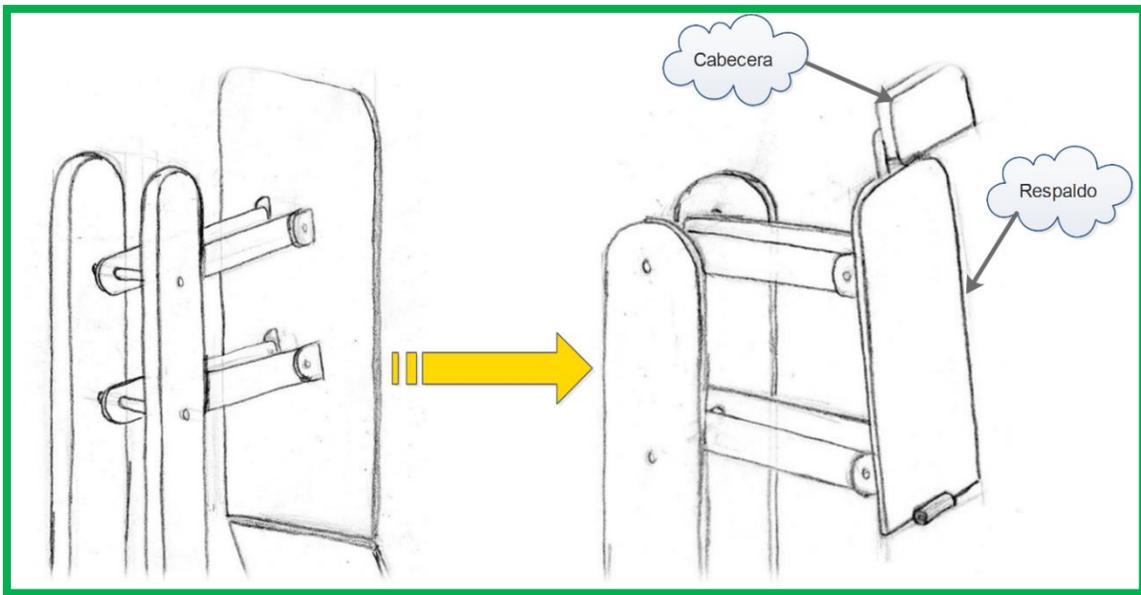


Figura 31: Desarrollo de Respaldo.

Asiento

La longitud del asiento debe ser la óptima de tal manera que los muslos del usuario abarquen la mayor longitud posible sin afectar a la circulación sanguínea ni a la distribución de presiones. Si el asiento es demasiado corto, “los muslos no se apoyan en el asiento en toda su longitud” () lo que provoca que la distribución de presiones provocadas por el peso, no se llevará a cabo de manera correcta acumulándolas mayormente en las nalgas. Por el contrario, si éste es demasiado largo, se “puede producir tensión en la zona de detrás de la rodilla” causando problemas a la circulación sanguínea de las piernas; y como efecto secundario, el usuario tendería a echar el cuerpo hacia delante para compensar tal longitud “extra”.

Para el acondicionamiento del asiento a las diferentes longitudes nalga-poplíteo; se utilizó la herramienta de solución de problemas técnicos TRIZ.

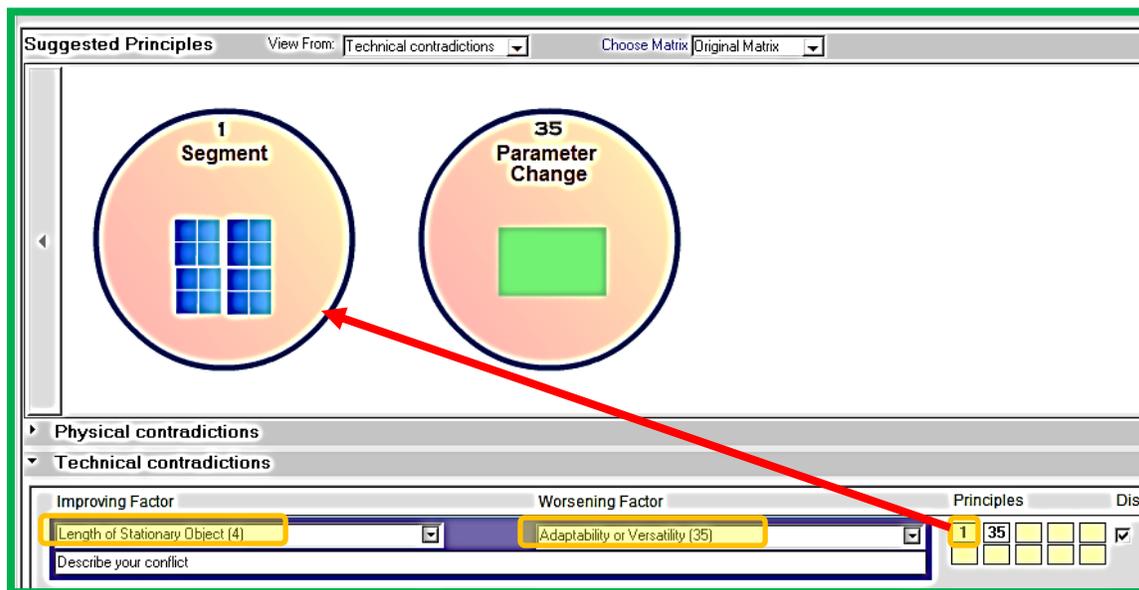


Figura 32: Principios de Triz para Asiento.

Al revisar la matriz original de contradicciones de TRIZ se observa que la contrariedad que se tiene es la adaptabilidad o versatilidad contra la longitud de un objeto estacionario. En el cruce de estos dos factores se encuentran dos tipos de solución: la segmentación (1) y el cambio de parámetros (35). Al analizar ambas soluciones, se optó por utilizar la segmentación, dando como resultado lo que se puede observar en la Figura 33.

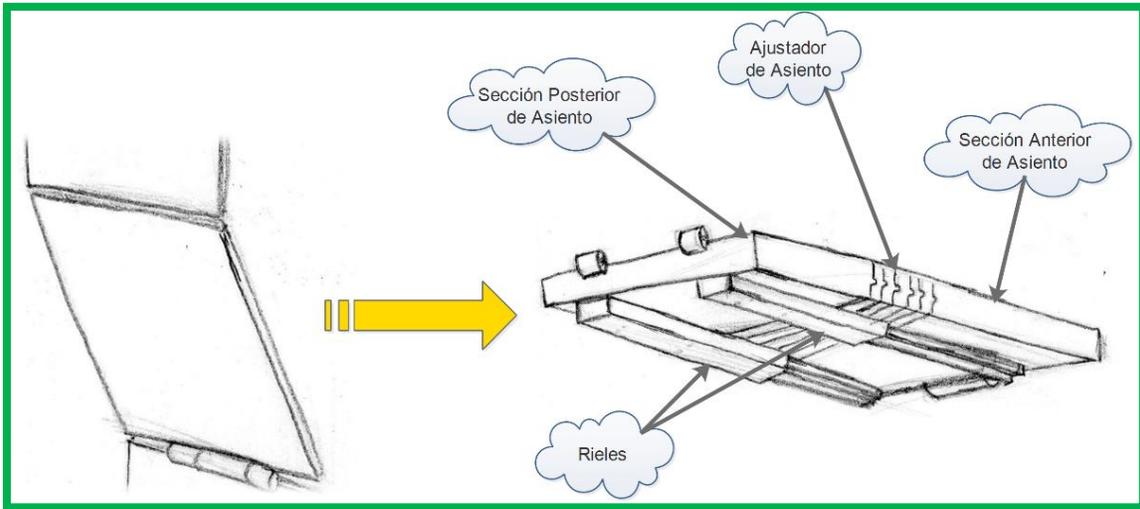


Figura 33: Desarrollo de Asiento.

Reposapiés

El tercer acondicionamiento que se desarrolló fue el del reposapiés. Este tiene que servir para ajustar a la altura poplíteica en sedestación; además de soportar el peso del usuario en bipedestación.

Para realizar este ajuste se decidió implementar una placa con varios escalones sobre los cuales descansaría un perno sujeto al reposapiés; y ayudado de uno o dos pernos más que se insertan en las ranuras de los costados, el reposapiés quedaría fijo a la altura deseada.

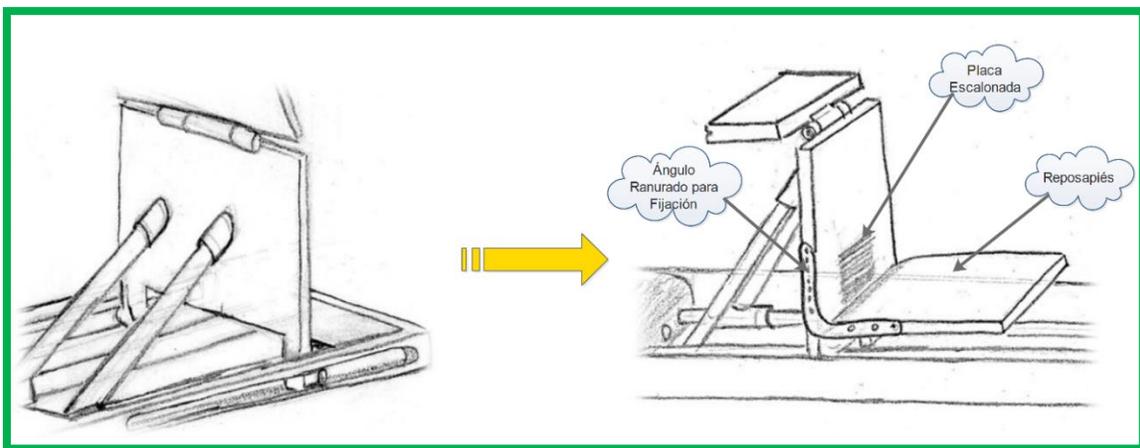


Figura 34: Desarrollo de Reposapiés.



Mecanismo

Para el desarrollo de este mecanismo, cabe destacar que se puso como objetivo que el cambio de posición lo controlara el operador o instructor de frente al niño; esto para que éste tenga mayor percepción de seguridad y confianza durante el movimiento. Además, de esta forma es más fácil para el adulto monitorear el comportamiento y las reacciones que tiene el infante con el cambio.

Atendiendo el objetivo mencionado, se diseñó un mecanismo que incluye un pedal al frente, unido a una barra que transmite la fuerza hacia la parte posterior, esta a su vez se une a otra barra vertical y un mecanismo de trinquete que convertirá, juntos, el movimiento lineal, de la barra transmisora, a rotativo. Este movimiento rotativo del engrane de uno de los trinquetes, se transmite, por medio del eje que tienen en común, hacia la polea que jalará el cable.

Sobre el eje se encuentran dos trinquetes, uno que será para el ascenso y otro para el descenso. También, sobre el mismo eje se encuentra un disco perforado que servirá para la inmovilización del mecanismo en alguna posición deseada.

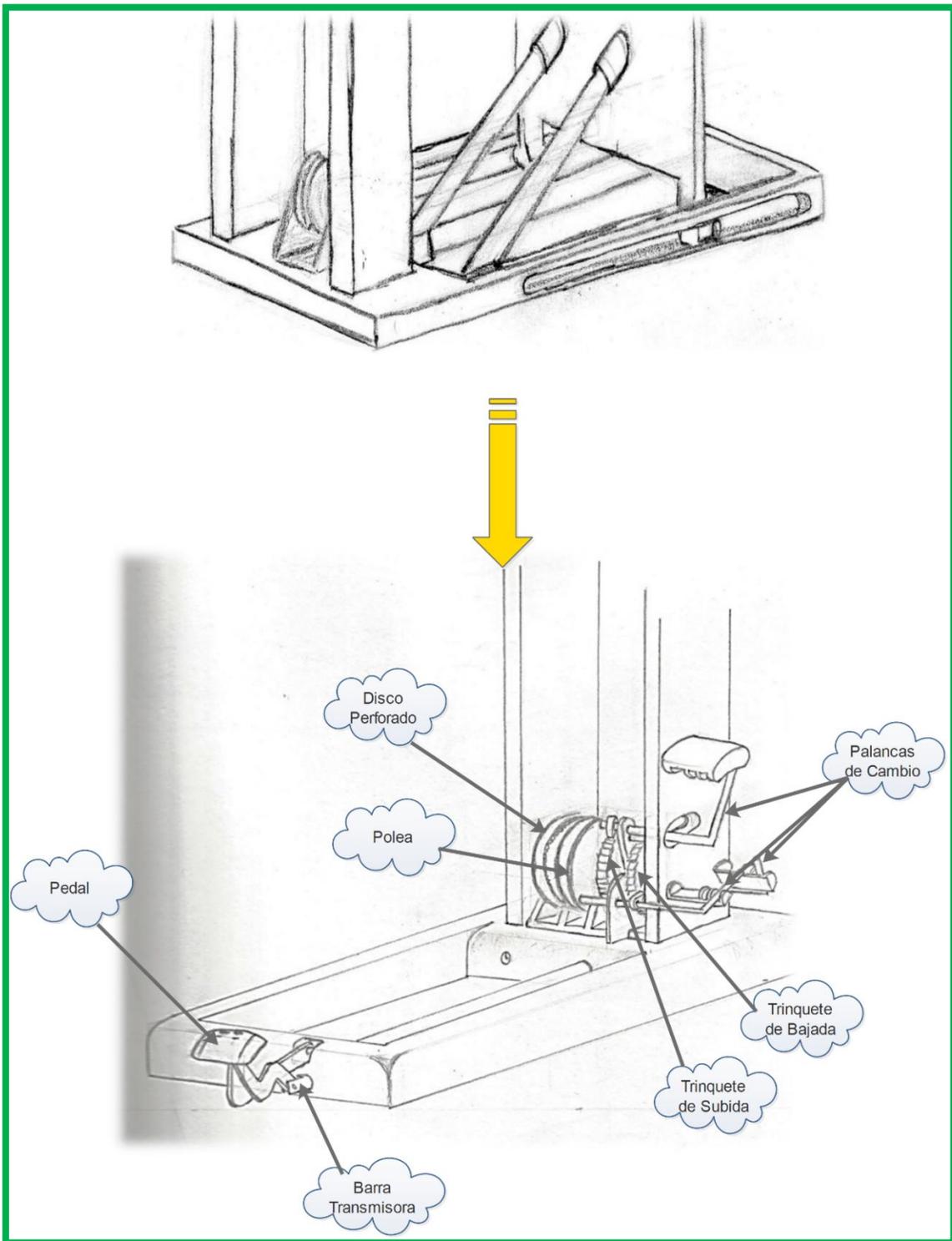


Figura 35: Desarrollo de Mecanismo.

Con esta figura se termina de exponer lo perteneciente a la etapa Idear del método DT para el diseño del bipedestador. Hay que destacar que, debido a la naturaleza flexible del método que permite alternar entre las etapas, algunos elementos presentados en esta etapa pueden variar con lo que se observará más adelante en el apartado de prototipar.

3.2 Prototipar⁸

Esta etapa “se trata de elaborar una propuesta viable tras el proceso de expansión creativa vivida en la fase anterior.” (Romero F, 2014).

De acuerdo con el portal Universia, “un prototipo es una simulación del producto final” y suele entenderse que esta simulación se lleva a cabo con un elemento físico, tangible con el cual el usuario puede interactuar de manera real. A diferencia de un modelo que se suele interpretar como algo intangible.

Sin embargo, esto dependerá del tipo de producto que se quiera simular. Por ejemplo, si lo que se está diseñando es un videojuego, el prototipo que se realice será ciertamente algo virtual que el usuario podrá utilizar y con el cual se debería ser capaz de recopilar información importante tanto de las reacciones del usuario como del comportamiento de dicho videojuego durante su uso; por otro lado, si el producto será algo tangible, es mejor optar por una maqueta que se enfoque en averiguar sobre la interacción del usuario con el producto, y en la cual “elementos como el diseño visual pueden quedarse en un segundo plano por el momento.” (¿Qué es un prototipo y para qué sirve?, 2015)

Algunas veces los proyectos se ven limitados en tiempo y presupuesto; por lo que las herramientas tecnológicas, como el modelado 3D en CAD, sirven mucho para visualizar un diseño y la manera en que probablemente se comportaría en la vida real, cumpliendo así con una parte del propósito de un prototipo que es la simulación del producto final –la parte faltante sería la interacción con el usuario la cual corresponde a la quinta etapa del método DT–. Tal es el caso de esta tesis en la que se presenta en las páginas siguientes, únicamente, un prototipo del bipedestador modelado en SolidWorks®.

⁸ Se le nombra así a esta sección para no causar conflicto con la traducción del inglés al español.



Figura 36: Representación digital (render) del bipedestador.

En primera instancia se observa una estructura de metal forrada con un vinil que presenta figuras geométricas en su diseño y diferentes colores, mayormente azul. El propósito de las figuras es darle una apariencia más dinámica a la estructura y se optó por que fueran geométricas para que estas fueran coherentes con el diseño estructural y mecánico del bipedestador que está “inspirado” en geometrías básicas. Se determinó evitar un color sólido ya que se trata de que el bipedestador sea lo más inclusivo posible –dentro de sus límites–; y el hecho de hacer eso podría traer como consecuencia la confusión de que el aparato es solo para niños o solo para niñas.

De igual manera, se observa un acojinamiento de espuma de poliuretano tipo asiento y una serie de cintas de aseguramiento, las cuales servirían para detener al niño. Dichas cintas son principalmente representativas de los puntos en los cuales debe estar asegurado el infante para que este no se resbale o caiga del aparato y para que se mueva junto con la silla. La forma de las cintas, el material y las dimensiones deben ser determinadas tras un estudio ergonómico más a fondo en el cual sea posible notar la distribución de presiones en el cuerpo del niño de tal forma que éstas no lo lastimen o le provoquen lesiones.

Los colores que se proponen en el prototipo que se modeló se seleccionaron tomando en cuenta la psicología del color que se estudia en varios artículos encontrados en la red. El verde que se aprecia en el acojinamiento es un color que se relaciona con la naturaleza, algo que es normal y común para los instintos humanos, lo que se traduce en una sensación de seguridad para –en este caso– el usuario del bipedestador. El amarillo que se observa en las cintas es un color que transmite alegría y calidez, además que se relaciona con la creatividad; sin embargo, también es un estimulante de las emociones por lo que se debe tener cuidado al hacer uso de él. Los niños con Parálisis Cerebral pueden carecer un poco de la capacidad de control sobre sus emociones y un estimulante como lo es el color amarillo puede ser contraproducente, siendo esta la razón por la cual se usa solo en pequeñas porciones en el aparato. También, se aprecia un color gris en las piezas que dan rigidez a la silla; este color se seleccionó para que hiciera contraste con los demás colores y para que fuera más fácil de limpiar. Por último, el azul presente en el vinil es un color que sugiere profesionalidad y seriedad, dando la sensación a los usuarios de que están utilizando algo bien hecho, además de que contribuye al control de las emociones.

En esta etapa, el diseño continuó sufriendo cambios conforme se fueron requiriendo para acercarse lo más posible a una propuesta de solución viable que se pudiera prototipar en un futuro para llevar a cabo el quinto paso del método que son las pruebas.

Se decidió dividir el bipedestador en secciones y subsecciones para mayor comprensión de sus elementos. Esta división se puede observar en la siguiente figura:

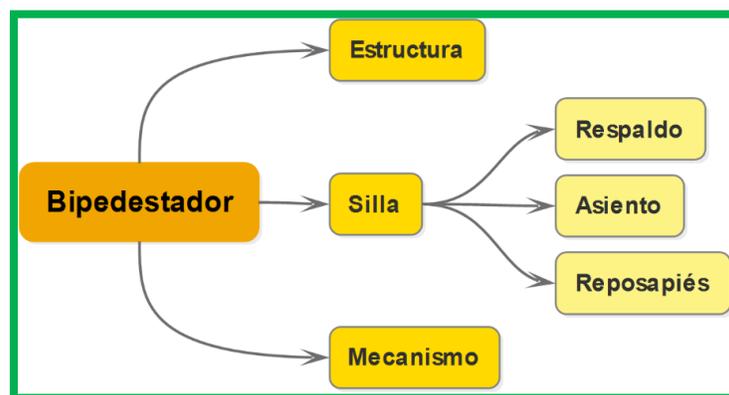


Figura 37: Secciones del Bipedestador.

Estructura

Esta sección se refiere, en este caso, a aquellos elementos que le dan forma y rigidez al bipedestador. Por comodidad, se incluyen también en este apartado los complementos como ruedas, cubiertas y los manubrios que se proponen para que el operador cambie de lugar el aparato.

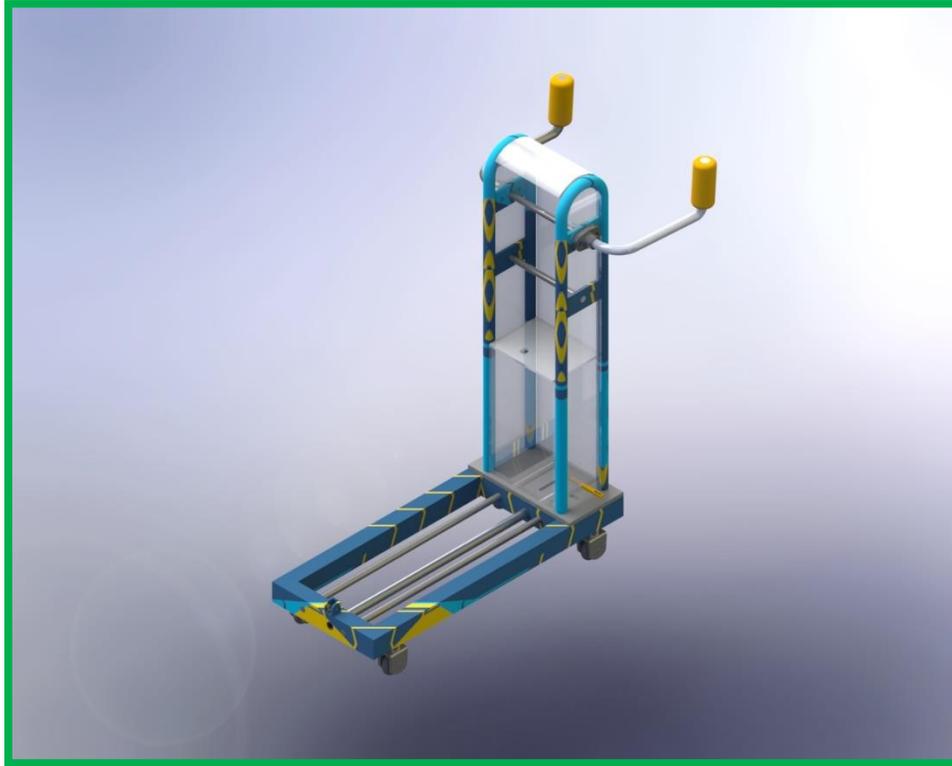


Figura 38: Representación digital de la Estructura.

Se propone una estructura de metal forrada en vinil, compuesta por un bastidor de perfil de acero y unos postes verticales soldados a él, hechos con tubo roldado. A estos postes se sueldan dos placas que soportarán cada una un travesaño que, además de darle rigidez y estabilidad a la estructura, sostienen los brazos de levantamiento y las estrellas del mecanismo.

Los percentiles utilizados para el diseño de esta sección del bipedestador fueron los de los adultos:

- A. *Altura codo flexionado*: **P50**. El cual se utilizó como referencia para determinar la altura a la cual se fijarían los manubrios con respecto al piso.
- B. *Anchura máxima cuerpo*: **P95**. Éste se usó también como referencia ya que, de haberse utilizado la medida indicada en la tabla, la distancia entre ambos

manubrios hubiera sido demasiada a comparación con el aparato y éstos podrían haber excedido demasiado el ancho del bastidor.

C. Diámetro empuñadura: P95. Se aplicó el diámetro mayor debido a que la diferencia es mínima; y para el caso de esta dimensión es más fácil acomodar un percentil menor a un diámetro mayor.

D. Anchura mano: P95. Dicha medida se utilizó para determinar la altura de la agarradera. Y como en el caso anterior es más sencillo que una anchura menor de mano se ajuste a una mayor.

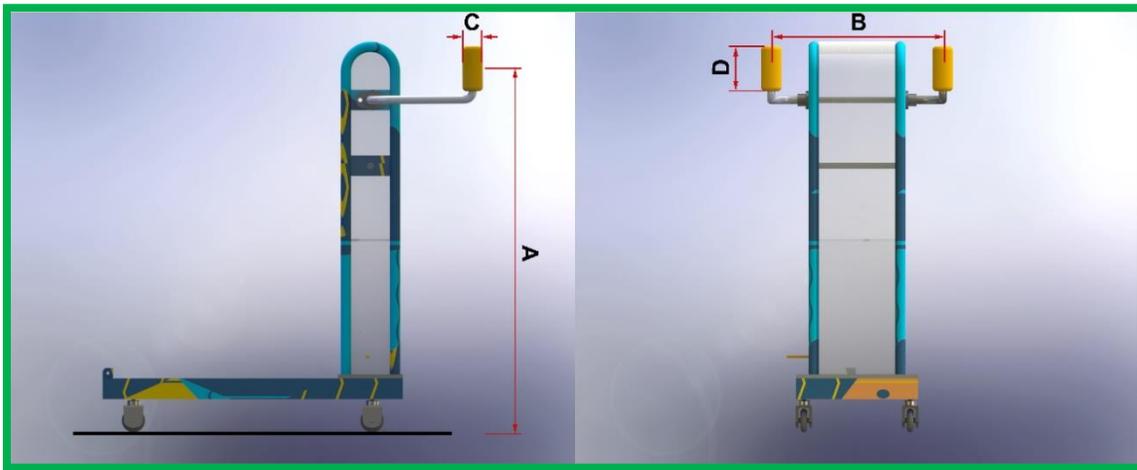


Figura 39: Percentiles en la Estructura.

Como complementos se consideraron aquellos elementos que no son indispensables para el funcionamiento de la estructura. Tomando esto en consideración, se puede ver que entre ellos se encuentran:

- *Manubrios.* Uno a cada lado del bipedestador y forrados con una agarradera acolchonada en los extremos libres para que sean más cómodas para el operador y se eviten lesiones y fatiga cuando se estén utilizando. Se propone que éstos cumplan doble función: la primera es la de funcionar como volante y palanca por medio del cual se empujará el aparato de un lugar a otro; y la segunda es la de funcionar como apoyo para el operador en el momento de manipular la máquina. Esta segunda función se explicará a detalle en la secuencia de uso que se presenta más adelante.
- *Ruedas.* Serían 4, una en cada esquina del bastidor, que servirían para trasladar el aparato de un lugar a otro en interiores. Las que se observan en la figura son únicamente representativas; pero está proyectado que, por conveniencia para el manejo, sean dos móviles (castoras) al frente y dos fijas con freno en la parte trasera.

- *Base del mecanismo.* En el lado inferior trasero del bipedestador se observa una pequeña base de metal pintada en color gris; esta base se coloca en ese lugar para tener una superficie sobre la cual colocar algunos elementos del mecanismo, ya que como se verá más adelante, en el despiece de la estructura, en este lugar se encuentra un hueco y por lo tanto no se pueden ubicar ahí dichos elementos.
- *Cubiertas.* Por seguridad de los usuarios se proponen unas cubiertas de acrílico transparente que limiten el acceso al mecanismo de cambio de posición y a algunos de los demás elementos que se encuentran en movimiento. Se piensan transparentes para que el operador pueda ver el estado del mecanismo. Asimismo, el hecho de ver cómo funciona el aparato, le inspira confianza e interés al cliente lo que se puede traducir en atracción hacia la adquisición del bipedestador.
- *Sujetador de palanca de acoplamiento.* Este es de igual manera una pieza de acrílico que se pega a la cubierta derecha, el cual fija la palanca de acoplamiento del mecanismo.

En la siguiente figura se muestra una vista explosionada de la estructura señalando cada elemento que compone esta sección. Además, una tabla con los nombres de cada uno y la cantidad de piezas presentes en el ensamble.

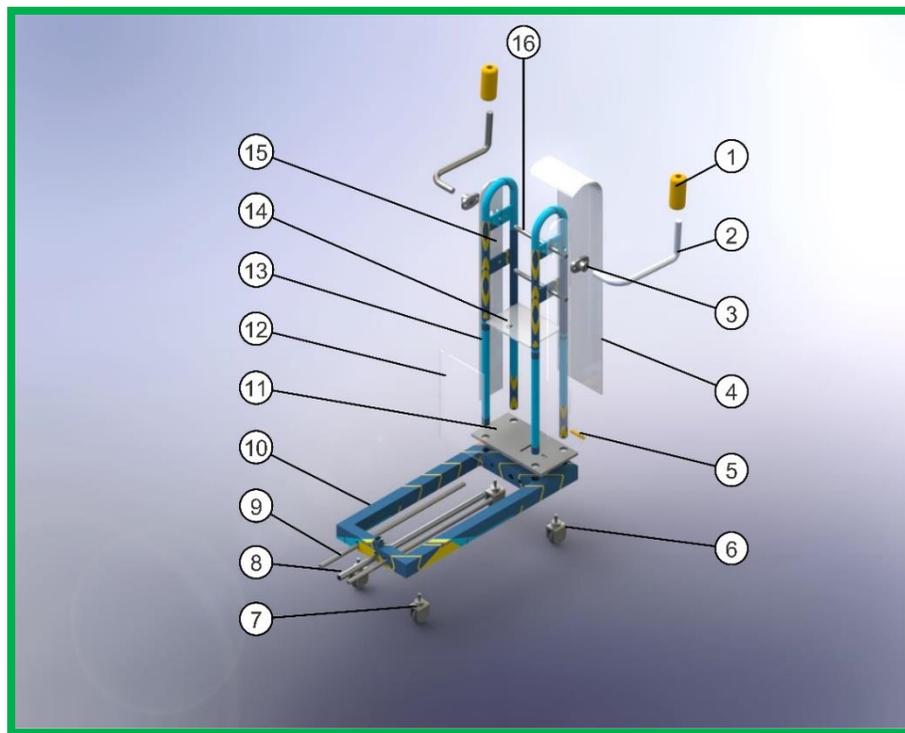


Figura 40: Despiece de Estructura.

| # Elemento | Descripción | Cantidad |
|------------|---|----------|
| 1 | Agarradera acolchonada. | 2 |
| 2 | Manubrio de tubo rolado. | 2 |
| 3 | Base de acero para manubrio. | 2 |
| 4 | Cubierta trasera de acrílico transparente. | 1 |
| 5 | Sujetador en acrílico de palanca de acoplamiento. | 1 |
| 6 | Rueda fija con sistema de freno. | 2 |
| 7 | Rueda móvil (loca). | 2 |
| 8 | Tubo de acero para barra transmisora. | 1 |
| 9 | Riel de acero para reposapiés. | 2 |
| 10 | Bastidor de perfil rectangular de acero. | 1 |
| 11 | Base de metal para mecanismo. | 1 |
| 12 | Cubierta delantera de acrílico transparente. | 1 |
| 13 | Poste de tubo de acero, rolado | 2 |
| 14 | Cubierta superior de acrílico transparente. | 1 |
| 15 | Cubierta lateral de acrílico transparente | 2 |
| 16 | Travesaño de acero. | 2 |

Tabla 13: Componentes de la Estructura.

La estructura fue uno de los apartados que sufrieron cambios más significativos durante el modelado del prototipo (ver Figura 41). Estos cambios se detallan en la siguiente tabla:

| Pieza | Antes | Después |
|------------------------|--|--|
| Bastidor | Completamente en madera, barnizada. | Perfil rectangular de acero forrado con vinil. |
| Base del mecanismo | El mecanismo descansaba sobre el mismo bastidor. | Se añadió una base de metal que le daría más resistencia. |
| Distancia entre postes | Era menor. | Es mayor lo que le da un aspecto más equilibrado. |
| Postes | De madera, barnizada. | De tubo rolado |
| Manubrios | De tubo cortado y soldado con ángulos rectos. | De tubo rolado con redondeos en las aristas. |
| Cubiertas | De plástico verde que impedían ver el mecanismo. | De acrílico transparente que permite visualizar el estado del mecanismo. |

Tabla 14: Modificaciones en la estructura.

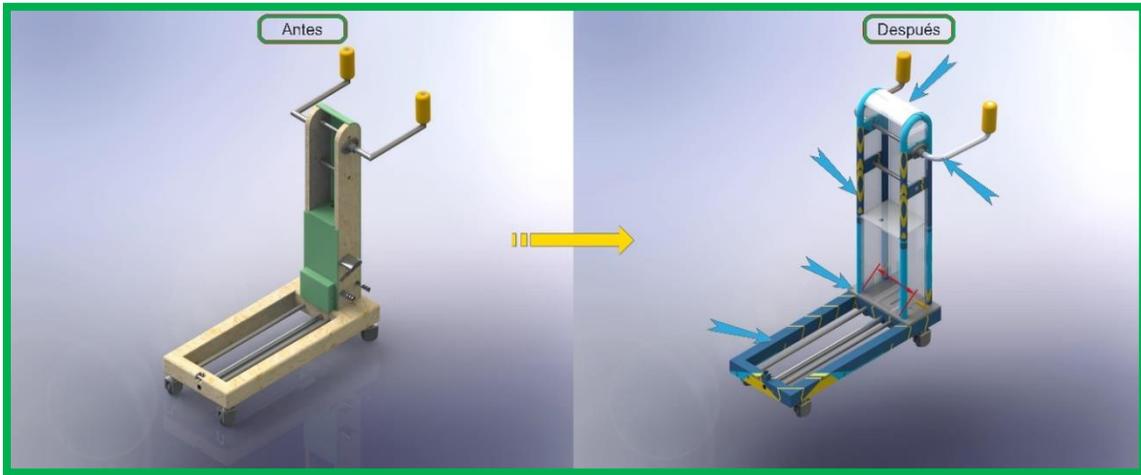


Figura 41: Modificaciones en la estructura.

Análisis de Momentos

En un inicio había sido propuesta una estructura completamente en madera; pero al estar analizando cualitativamente la sección, se observó que probablemente este material no soportaría las cargas y momentos a las que se le sometería (ver Figura 42). Cabe destacar que a pesar de que el análisis mencionado se hizo para la estructura de madera, estos son los mismos en la de metal.

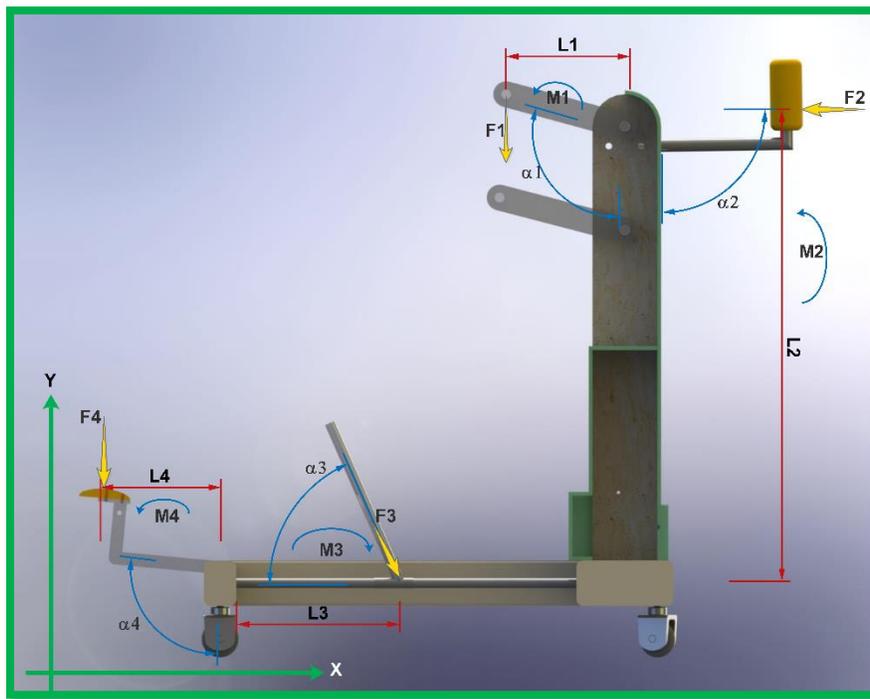


Figura 42: Análisis de momentos en la estructura.

Es posible observar que se tienen, principalmente, cuatro momentos generados por diferentes fuerzas cada uno de ellos. En seguida se analiza cada uno y al final se explica el efecto que se cree podrían tener en la estructura.

Momento 1 (M1)

Para el primer momento se tiene que $M_1 = F_1 * L_1$, siendo $F_1 = W_B + W_N$

Donde:

$W_B =$ *Peso de la silla*

$W_N =$ *Peso del niño*

Y $L_1 =$ *Distancia sobre X*; la cual es medida horizontalmente de centro a centro del brazo de levantamiento

El mecanismo se encuentra en movimiento por lo que la magnitud del momento variará de acuerdo con el ángulo α_1 ; ya que, al modificarse dicho ángulo, la distancia L_1 cambiará. Tomando esto en cuenta, se tiene que el mayor momento existirá cuando dicho ángulo sea igual a 90° puesto que, en este instante, L_1 tendrá la mayor magnitud y por lo tanto el mayor brazo de palanca.

El valor de F_1 variará únicamente dependiendo del peso del niño que esté utilizando el aparato ya que el peso de la silla se mantiene constante y ya que ambos son pesos, la dirección de la fuerza siempre se mantendrá vertical hacia abajo.

Momento 2 (M2)

Para el segundo momento se tiene que $M_2 = F_2 * L_2$. En este caso, $F_2 =$ *Fuerza del operador*; la cual dependerá de la fuerza que aplique la persona que desee cambiar de lugar el aparato. Ésta puede que esté sujeta a un ángulo que no se aprecia en la figura por cuestiones de practicidad para el análisis. Dicho ángulo será aquel en el que se encuentren los brazos del operador con respecto a la vertical en el instante en que se esté moviendo el bipedestador, siendo su componente horizontal la que participaría en la generación del momento.

$L_2 =$ *Distancia sobre Y*, medida verticalmente desde la unión de los postes con el bastidor hasta el punto de aplicación de la fuerza. Como se verá en la secuencia de uso, los manubrios tienen un grado de libertad que les permite tener movimiento de rotación por lo que el valor de L_2 variará dependiendo de α_2 , modificándose de igual manera la magnitud de M_2 .

Momento 3 (M3)

El momento M_3 está representado por $M_3 = F_3 * L_3$; donde F_3 representa la fuerza con la que la sección del reposapiés es jalada por el mecanismo sobre los rieles. Es probable que aquí también estén presentes una parte del peso del asiento y del niño; sin embargo, para este pequeño análisis se consideró que dichos pesos solo están presentes en F_1 .

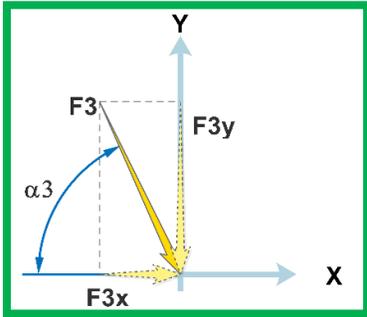


Figura 43: Descomposición de F_3 .

Debido a que el elemento por el cual se transmite la fuerza está con una cierta inclinación, la fuerza se descompone en sus componentes tomando en cuenta el ángulo α_3 (ver Figura 43). Y ya que para que exista un momento, la fuerza generadora debe ser vertical a la distancia, se puede observar que la que participa en este caso es solamente la componente sobre Y; modificándose la expresión original y quedando de la siguiente manera:

$$M_3 = F_{3y} * L_3$$

Para este tercer momento, el valor de la distancia L_3 también es una variable debido a que esta cambiará de acuerdo con la posición del reposapiés sobre los rieles. Sabiendo esto, se puede decir que la magnitud del momento M_3 se encuentra sujeta a la distancia que exista entre el punto de aplicación de la fuerza, que es el centro del tubo inclinado, en su parte inferior, y el punto de unión de los rieles con el bastidor; siendo la de mayor valor aquella en la que se tenga la mayor distancia entre estos dos puntos; es decir, cuando el reposapiés se encuentre lo más lejos posible de la parte posterior interior del bastidor.

Momento 4 (M4)

En el cuarto caso tenemos un momento 4 representado por: $M_4 = F_4 * L_4$. Para este caso es sabido que F_4 es la fuerza que aplicará el operador al pedal en el momento de la operación del bipedestador. Dicha fuerza puede estar sujeta a un ángulo como sucede con F_2 ; en cuyo caso se tomaría en cuenta la componente vertical para los cálculos correspondientes.

Posteriormente se tiene L_4 la cual es la distancia horizontal medida desde el centro del perno al cual está sujeta la barra del pedal que se observa en la figura hasta el punto de aplicación de la fuerza. Esta longitud puede variar ligeramente de acuerdo con el ángulo de α_4

Efectos de los Momentos

Todos los momentos que se analizaron están sujetos a valores que son desconocidos hasta no hacer mayores pruebas y estudios, es por esta razón que no se observan valores numéricos en ningún caso. Sin embargo, se pueden deducir un poco los efectos que tendrían, los cuales se nombran a continuación.

En primera instancia se tiene un efecto en la parte en la que se unen los postes con el bastidor a consecuencia de dos momentos, M_1 y M_2 . El primero de ellos, provoca que los postes tiendan a rotar hacia delante (ver Figura 44) lo que causa un esfuerzo de los mismos para evitar que eso suceda; pero si además a esto se le agrega el empuje del segundo, el cual se encuentra en la misma dirección, lo que se generaría es un gran esfuerzo tanto de los postes como de la sujeción de ellos con el bastidor que se traduciría en un desgaste en la madera, el cual podría terminar afectando el ajuste que se tuviera en dicha fijación.

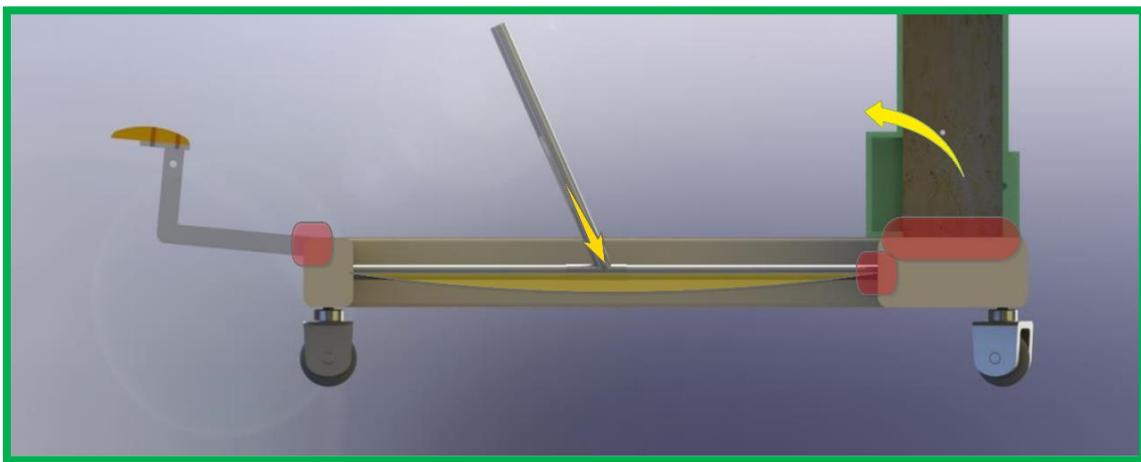


Figura 44: Efectos de los momentos en la estructura.

El tercer momento tiende a flexionar los rieles del reposapiés por lo que, de igual manera, la madera podría sufrir un desgaste en la unión, que perjudicaría en el ajuste que exista entre las piezas.

Finalmente; el momento cuatro, presente en el pedal, provocaría un ligero esfuerzo en su sujeción es decir en el perno, el cual se transmitiría también en la madera; y al igual que en los demás casos, éste tendería a afectar un poco en su ajuste lo que iría aflojando la unión.

Como se puede observar, todos los efectos que causarían los momentos se ven reflejados en los ajustes entre las piezas; lo que se soluciona implementando la

estructura de metal propuesta, ya que todos los elementos irían soldados entre sí generándose una sola pieza, más resistente.

Respaldo

El respaldo corresponde a la sección de la silla, la cual tiene la tarea de soportar la espalda del niño cuando este se encuentre sentado y de sostener su tronco cuando se encuentre en bipedestación con ayuda de las cintas de sujeción. Además, tiene que soportar el esfuerzo del levantamiento ya que a él se anclan los brazos de levantamiento del mecanismo.

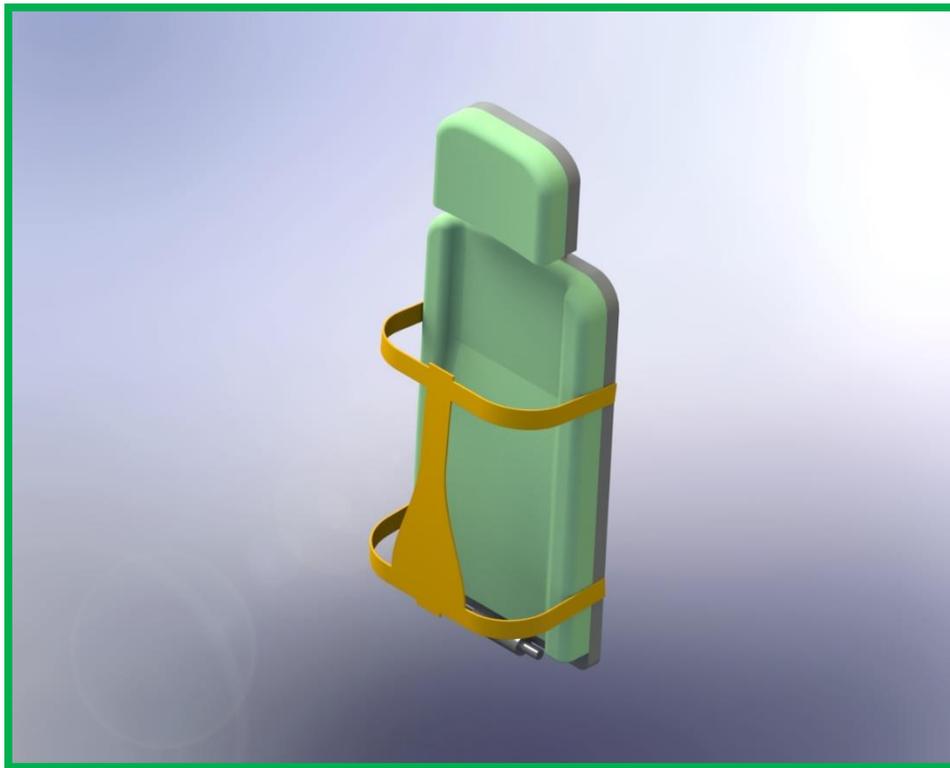


Figura 45: Representación digital del respaldo.

Como se observa en la Figura 45, esta subsección del bipedestador está compuesta por dos piezas, la pieza principal que sería el respaldo en sí y la cabecera –que se encuentra como complemento de esta parte para facilitar la descripción de las secciones del aparato–.

En la figura se puede observar que la pieza en color gris, la cual se propone en madera, serviría para darle rigidez y forma a la sección, además de que en ella se encuentran los barrenos (en la parte posterior) a los cuales se fijan los anclajes de las barras de levantamiento. Se propone que la estructura del respaldo sea externa ya que sobre de ella se colocaría el acojinamiento que sería desprendible para su

limpieza. El acojinamiento sugerido cuenta con soportes laterales (ver Figura 46) los cuales funcionarían para que el niño que esté utilizando el aparato no se deslice hacia los lados cuando se haga el cambio de posición; además de un soporte lumbar para la espalda que lo haría sentir más cómodo y ayudaría a corregir problemas de alineación de la columna.

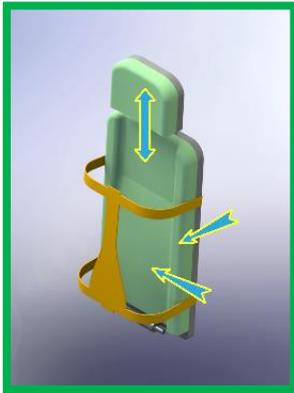


Figura 46: Descripción del respaldo.

En la parte superior de la figura se aprecia la cabecera, la cual, de igual manera, es propuesta con una estructura de madera y un acojinamiento sobre de ella. Ésta se encuentra unida al respaldo por medio de dos pequeñas barras de metal y que van sujetas a la parte posterior de la cabecera y deslizantes en la superior del respaldo. Este movimiento permitirá variar la altura de la cabecera para ajustarse a las diferentes medidas antropométricas de los niños (ver Figura 46).

Para el caso del respaldo se utilizaron como referencia las dimensiones antropométricas de los infantes. Cabe recordar que solo se utilizaron los percentiles mínimos, es decir los P5; por lo que se representa con una nomenclatura que medidas de la tabla 8 se usaron. Dicha nomenclatura se conforma por una letra y un número; la letra puede ser F o M, es decir sexo femenino o masculino; y el número puede ser 4, 5 o 6, lo que representa la edad. Por ejemplo, si se tiene M5, quiere decir que la medida que se indica en el concepto al que hace referencia, se tomó del percentil masculino de 5 años. En algunos casos se presentan dos medidas, un mínimo y un máximo, lo que quiere decir que la medida del concepto referenciado es variable y ajustable; en cuyo caso se entenderá que la primera corresponde al mínimo y la segunda al máximo.

- A. Altura Normal Sentado: F4–M6.** Esta altura determina la posición de la cabeza con respecto al asiento y se piensa crítica; ya que, si no se recarga de manera correcta la cabeza, puede que el cuello del usuario tenga que hacer mucho esfuerzo por mantener la cabeza en su lugar lo cual puede causar dolores musculares y otras molestias.
- B. Altura Hombro Sentado: F5.** Corresponde a la distancia medida desde el asiento hasta el hombro. Ésta se mantiene fija en el usuario considerado medio, es decir el de cinco años, debido a que la variación en los percentiles entre las diferentes edades no es significativa.
- C. Anchura Codos: F5.** En este caso tampoco existe una variación importante por lo que de igual manera se mantiene fija y con la dimensión del usuario medio.

D. *Anchura de Cabeza: F5.* No se presenta gran variación en las medidas de los diferentes usuarios por lo que se utiliza la de infantes de cinco años.

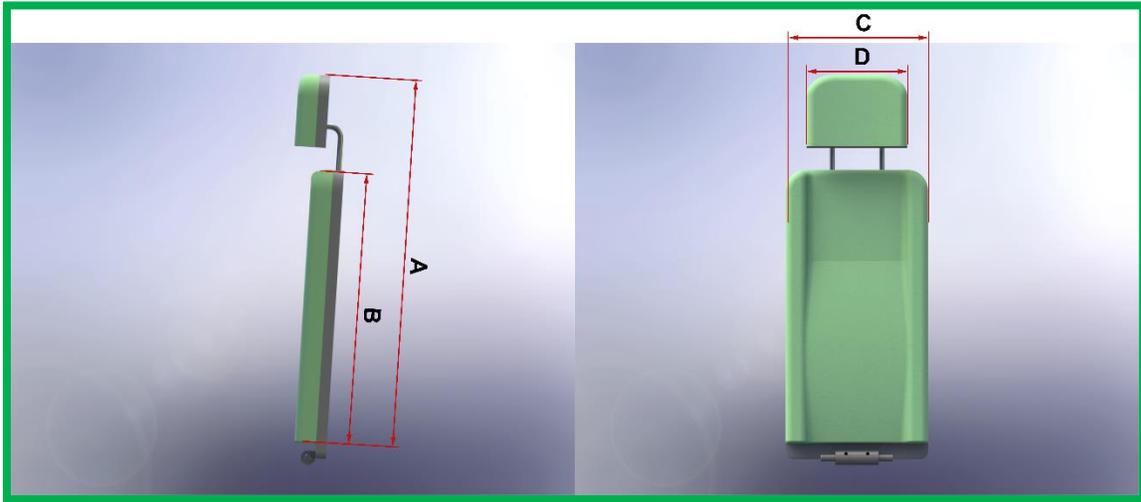


Figura 47: Percentiles en el respaldo.

A continuación, se puede apreciar una imagen con el despiece de esta sección y una tabla indicando el nombre de la pieza señalada y la cantidad de piezas:

| # Elemento | Descripción | Cantidad |
|------------|---|----------|
| 1 | Barra soporte, deslizante de cabecera. | 2 |
| 2 | Soporte de respaldo en madera recubierta. | 1 |
| 3 | Perno de bisagra. | 1 |
| 4 | Pieza macho de bisagra. | 1 |
| 5 | Cintas de sujeción. | 1 |
| 6 | Acojinamiento de respaldo con soporte lateral y lumbar. | 1 |
| 7 | Acojinamiento de cabecera. | 1 |
| 8 | Soporte de cabecera en madera recubierta. | 1 |

Tabla 15: Componentes del Respaldo.

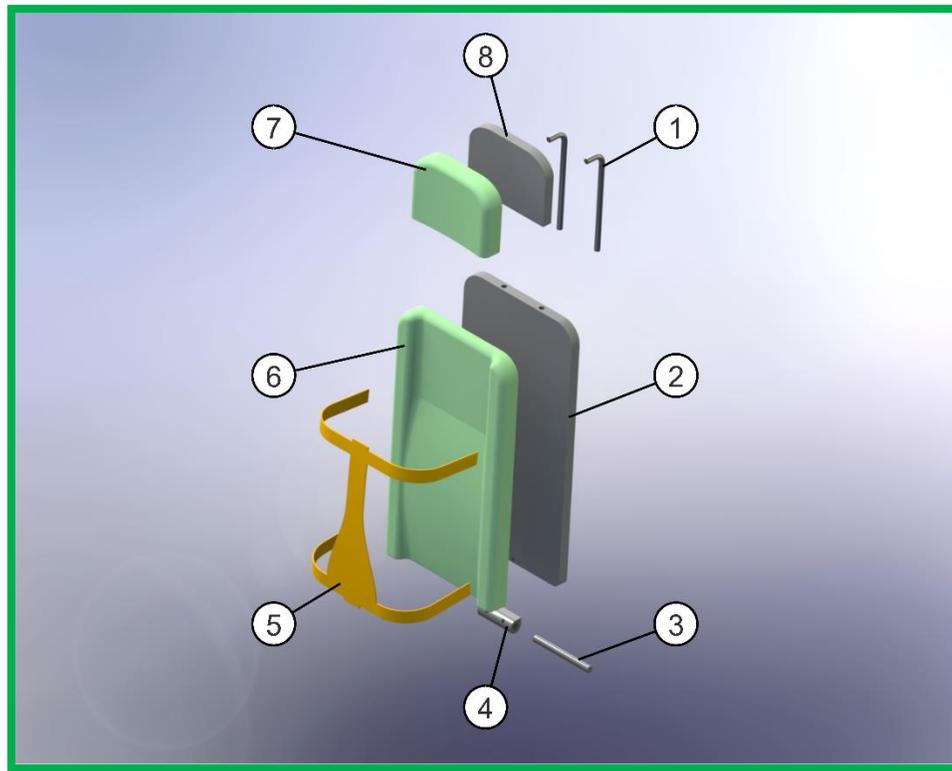


Figura 48: Despiece del respaldo.

El respaldo, al igual que la estructura, sufrió algunos cambios. Estos fueron mínimos pero importantes y se listan a continuación.

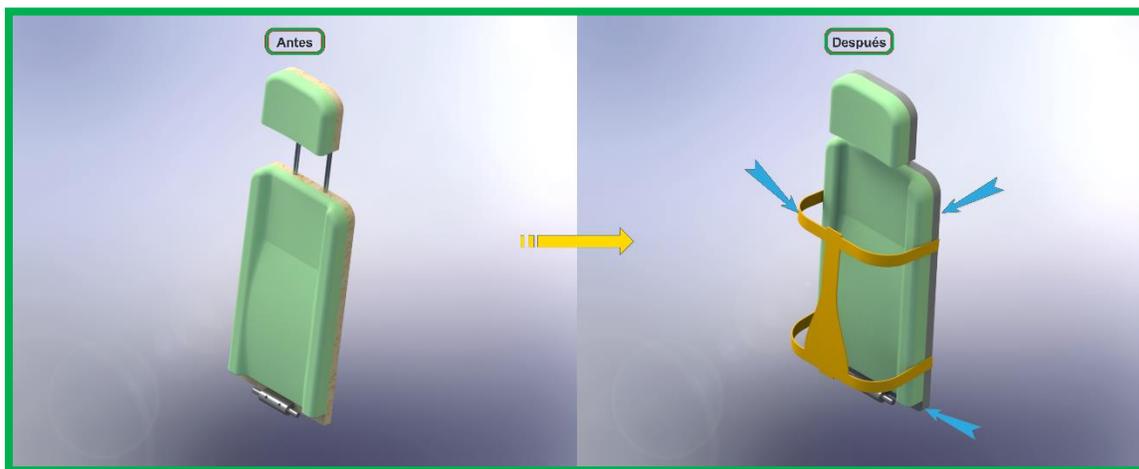


Figura 49: Modificaciones en el respaldo.

| <i>Pieza</i> | <i>Antes</i> | <i>Después</i> |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Soporte de respaldo y cabecera</i> | En madera barnizada al natural. | En madera recubierta y en color gris. |
| <i>Aristas</i> | Vivas. | Redondeadas. |
| <i>Cintas de fijación</i> | Ausentes | Disponibles en color amarillo. |

Tabla 16: Modificaciones en el respaldo.

Asiento

Esta es la parte de la silla en la cual el infante se sentará y la que “procura alivio de la presión al distribuir de manera uniforme el peso del usuario en la mayor superficie posible.” (Imagina biomecánica)

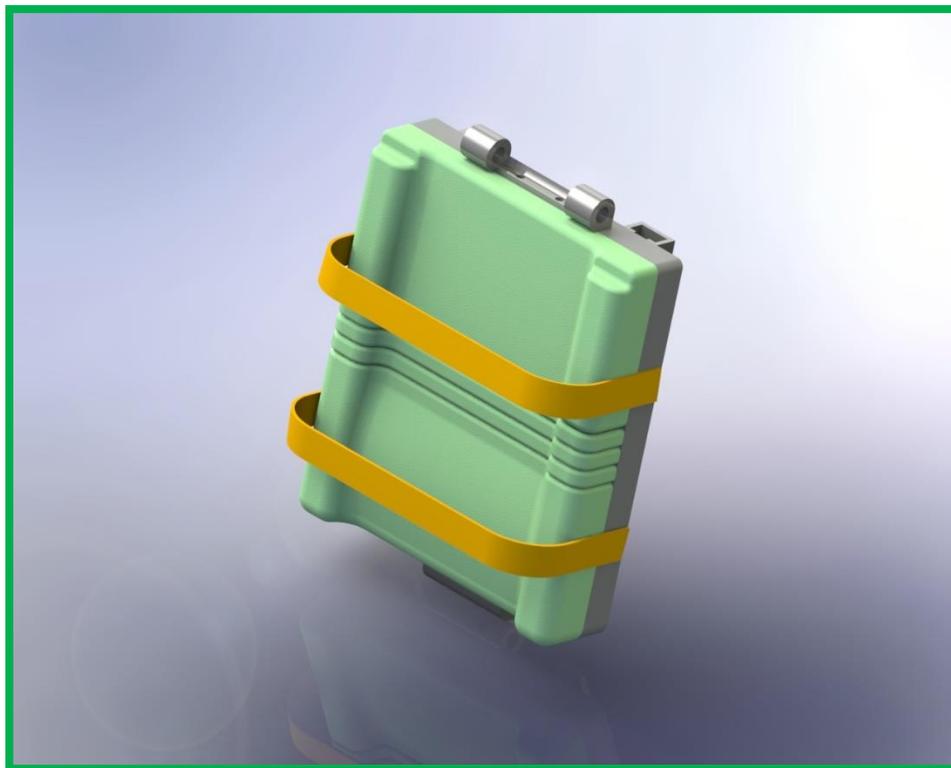


Figura 50: Representación digital del asiento.

El asiento está compuesto por tres secciones principales:

- Anterior: La cual se sujeta con la bisagra al respaldo.
- Central: Compuesta por varios ajustadores en medio del asiento.
- Posterior: Unida al reposapiés.

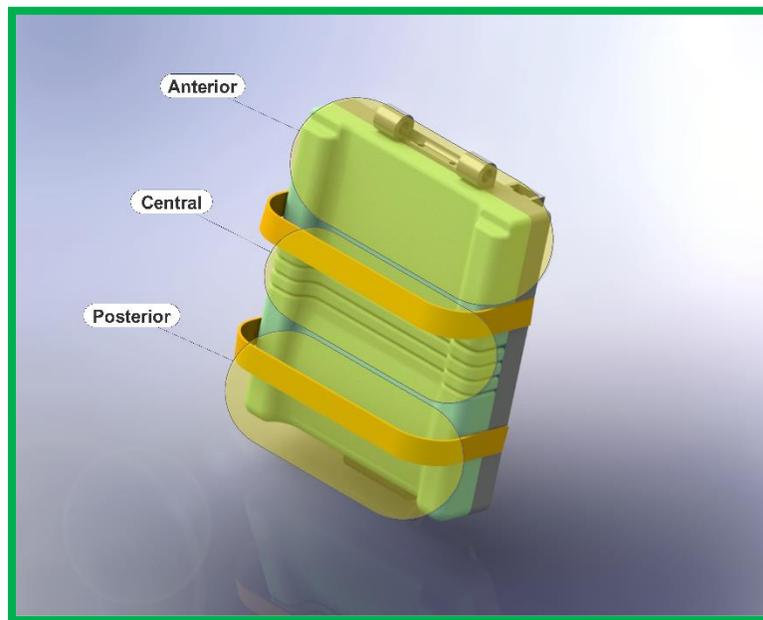


Figura 51: Descripción del asiento.

Cada sección se propone con una estructura de madera recubierta sobre la que se coloca un acojinamiento con soportes laterales, desprendible. Éstos servirían para estabilizar al usuario cuando se encuentre en bipedestación de tal manera que su cadera no tenga libertad de moverse hacia los lados. Como se puede notar en la Figura 51, los soportes laterales del acojinamiento de la parte anterior del asiento presentan unas muescas, ellas son para que no choque con el del respaldo y encajen bien cuando el bipedestador se encuentre en su posición inicial –en sedestación. Es posible ver, de igual manera, un tipo de soporte transversal en el acojinamiento de la sección posterior; éste se propone para apoyar a que el infante no se deslice hacia el frente cuando se encuentre sentado o hacia abajo si está de pie.

Se observan en la figura dos cintas de sujeción, las cuales, al igual que con las del respaldo, son solo de carácter representativo hasta hacerse un estudio ergonómico mayor. Pero, cabe destacar que éstas se encuentran sujetas, una a la sección anterior y la otra a la sección posterior; es necesario hacerlo de esta manera para que, independientemente del usuario, estas no cambien de lugar y del punto del cuerpo sobre el cual trabajan.

En la imagen presentada se aprecian tres ajustadores en la parte central; sin embargo, el número de ellos dependerá de la longitud que se le requiera dar al asiento. Lo que sí es importante recalcar es que mínimo debe de estar presente uno

de ellos que es el que servirá para mantener siempre unidas las secciones anterior y posterior.

En la parte trasera del asiento se encuentran dos rieles que ayudarán a la estructura del asiento y al momento de colocar o remover algún ajustador. Estos se apreciarán mejor en el despiece de esta sección del bipedestador.

A continuación, se detallan los percentiles usados para el diseño de esta sección, siguiendo con la misma nomenclatura que en el caso del respaldo.

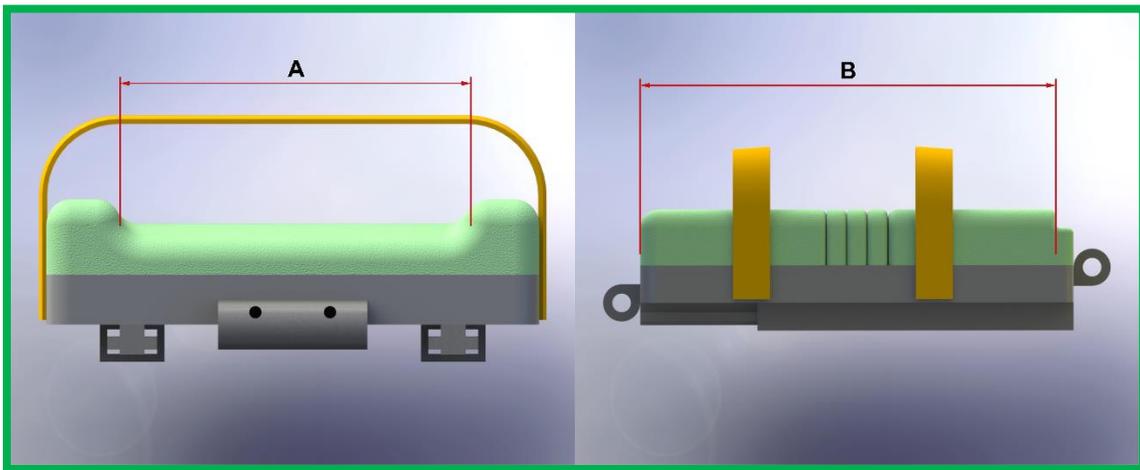


Figura 52: Percentiles del asiento.

- A. Anchura Cadera Sentado: F5.** Como se observa en la Tabla 8, la variación entre las medidas de las diferentes edades es muy poca, por lo que es preferible mantenerla fija.
- B. Longitud Nalga-Poplíteo: M4–F6.** La razón por la cual esta medida es variable es porque en este caso se observa mayor diferenciación entre las distintas edades y sexos lo que se traduce en más necesidad de ajuste.

En seguida se observa una vista explosionada del asiento y sus componentes. Además, una tabla con los nombres de cada uno y la cantidad de piezas presentes en el ensamble.

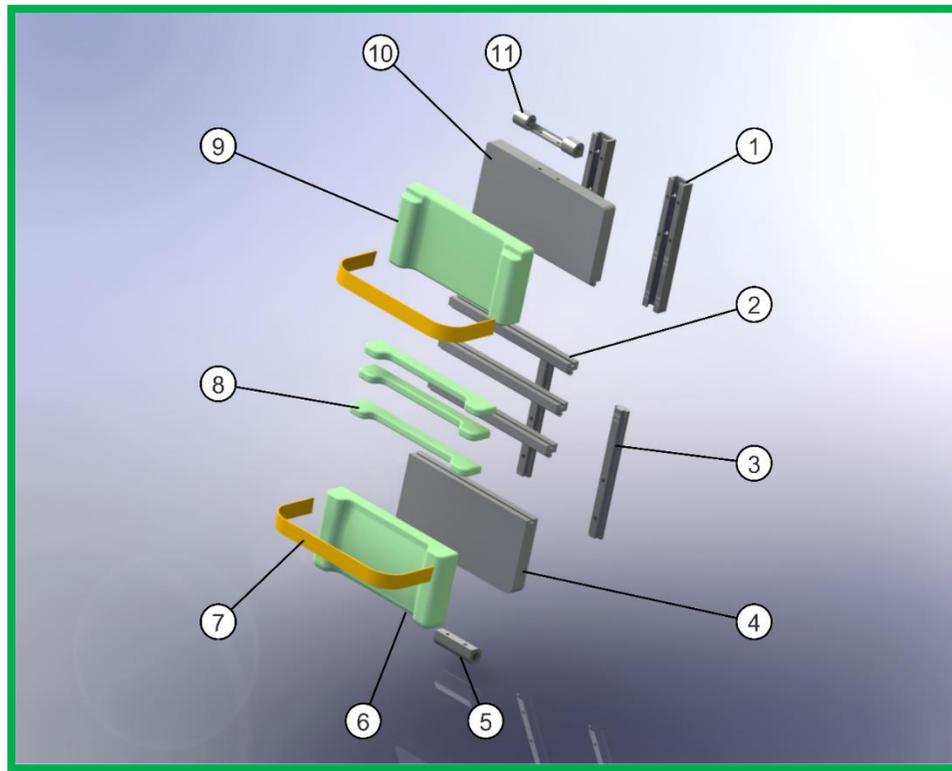


Figura 53: Despiece del asiento.

| # Elemento | Descripción | Cantidad |
|------------|---|----------------|
| 1 | Pieza hembra del riel. | 2 |
| 2 | Pieza de madera para ajustador. | V ⁹ |
| 3 | Pieza macho del riel. | 2 |
| 4 | Pieza de madera para sección posterior. | 1 |
| 5 | Pieza macho de bisagra. | 1 |
| 6 | Acojinamiento de sección posterior. | 1 |
| 7 | Cinta de sujeción para asiento. | 2 |
| 8 | Acojinamiento para ajustador. | V |
| 9 | Acojinamiento de sección anterior. | 1 |
| 10 | Pieza de madera de sección anterior. | 1 |
| 11 | Pieza hembra de bisagra. | 1 |

Tabla 17: Componentes del asiento.

El asiento, al igual que las secciones ya explicadas sufrió algunos cambios, éstos muy parecidos a los del respaldo, pero no menos importantes por lo que también se muestran a continuación.

⁹ V= El número de piezas es variable de acuerdo con la necesidad del usuario.

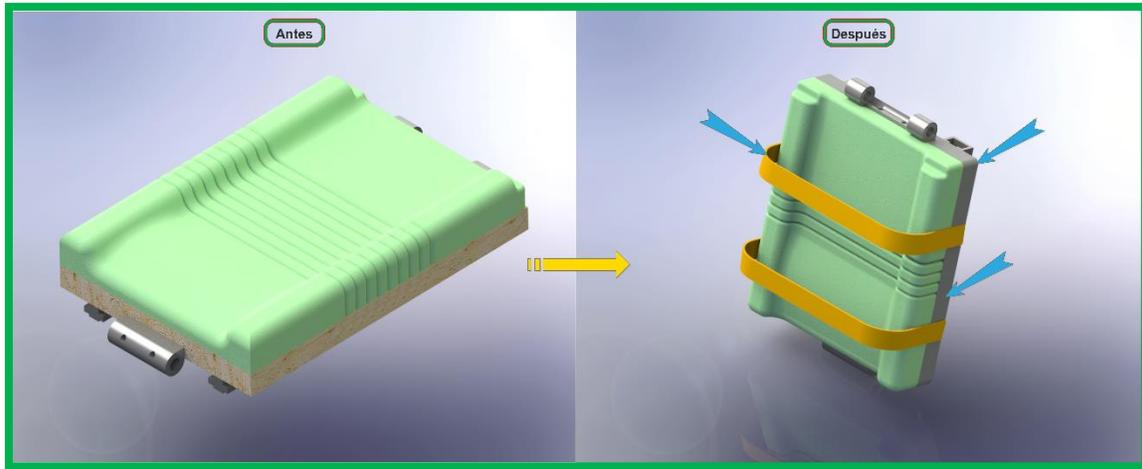


Figura 54: Modificaciones al asiento.

| Pieza | Antes | Después |
|--|---------------------------------|---------------------------------------|
| Soportes anterior, central y posterior | En madera barnizada al natural. | En madera recubierta y en color gris. |
| Aristas | Vivas. | Redondeadas. |
| Cintas de fijación | Ausentes | Disponibles en color amarillo. |

Tabla 18: Modificaciones al asiento.

Reposapiés

Ésta es la última subsección de lo correspondiente a la silla cuya función es servir de piso tanto en sedestación como en bipedestación.

La sección está compuesta por dos partes:

- *Base Deslizante*: Se mantiene siempre en posición vertical y se encuentra unida tanto al asiento como a los rieles.
- *Piso Falso*: Éste elemento es móvil y es el que cumplirá la función del reposapiés principalmente.

La base deslizante se propone con una estructura de madera. Dicha pieza cuenta con varios barrenos (ver Figura 56); unos en la parte trasera superior que sirven para sujetar a ella las barras deslizantes del mecanismo; una serie de ellos en la parte lateral en los cuales entrará un perno que asegura el piso falso en alguna posición deseada; otros en la parte delantera a los cuales se fija la placa escalonada que apoya para posicionar el piso falso del reposapiés; y por último, dos en la parte inferior, uno en cada pestaña, los cuales permitirán que la base se deslice de manera correcta al momento de la operación.

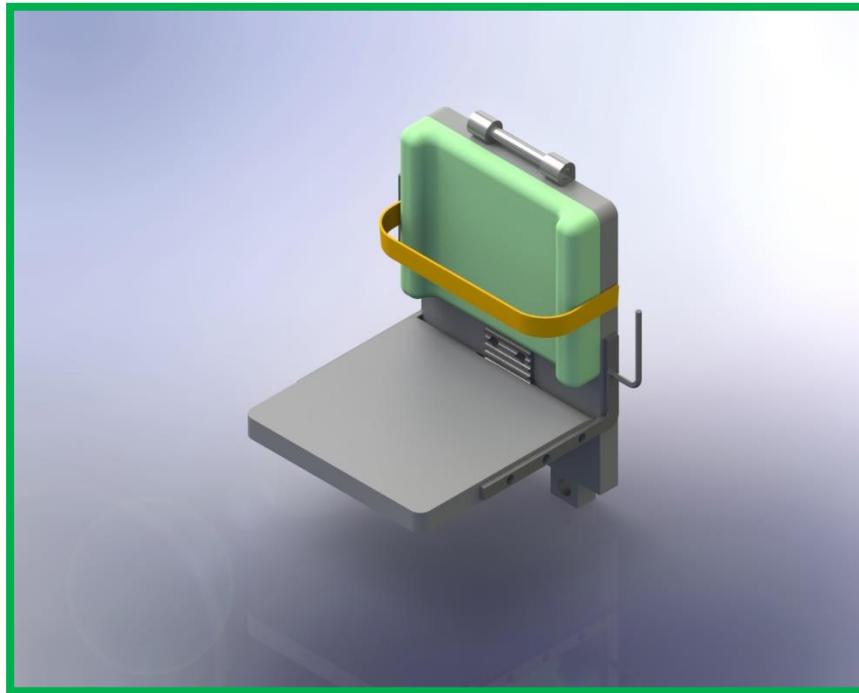


Figura 55: Representación digital del reposapiés.

En la base deslizante, de igual manera se coloca un acojinamiento con soportes laterales y una cinta de aseguramiento que mantendrá las pantorrillas del infante seguras cuando se cambie de posición.

El piso falso es propuesto con una pieza de madera barrenada a ambos lados, dichos barrenos servirán para unir a ella dos piezas de metal, en ángulo, las cuales enlazan ambas secciones del reposapiés por medio del perno antes mencionado. En la parte trasera de esta sección se encuentra otro perno, el cual descansa en la placa escalonada cuando se posiciona el piso. En el despiece se apreciarán mejor lo elementos aquí nombrados.

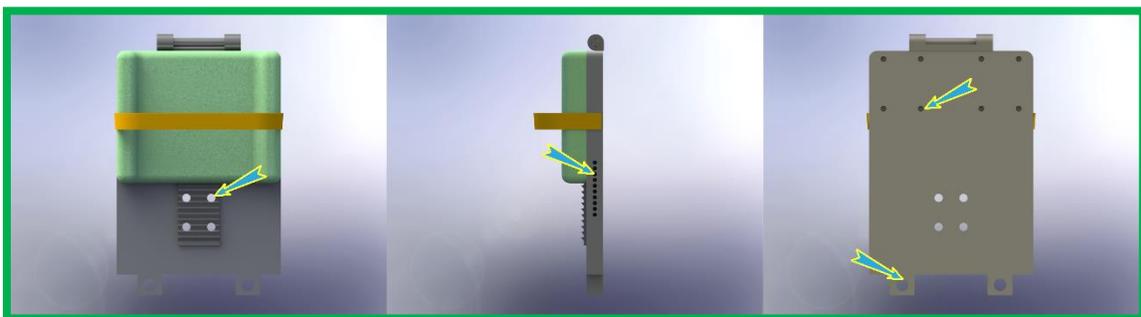


Figura 56: Descripción del reposapiés.

Continuando con la nomenclatura mencionada anteriormente, se presentan a continuación los percentiles utilizados para el diseño conceptual de la sección del reposapiés.

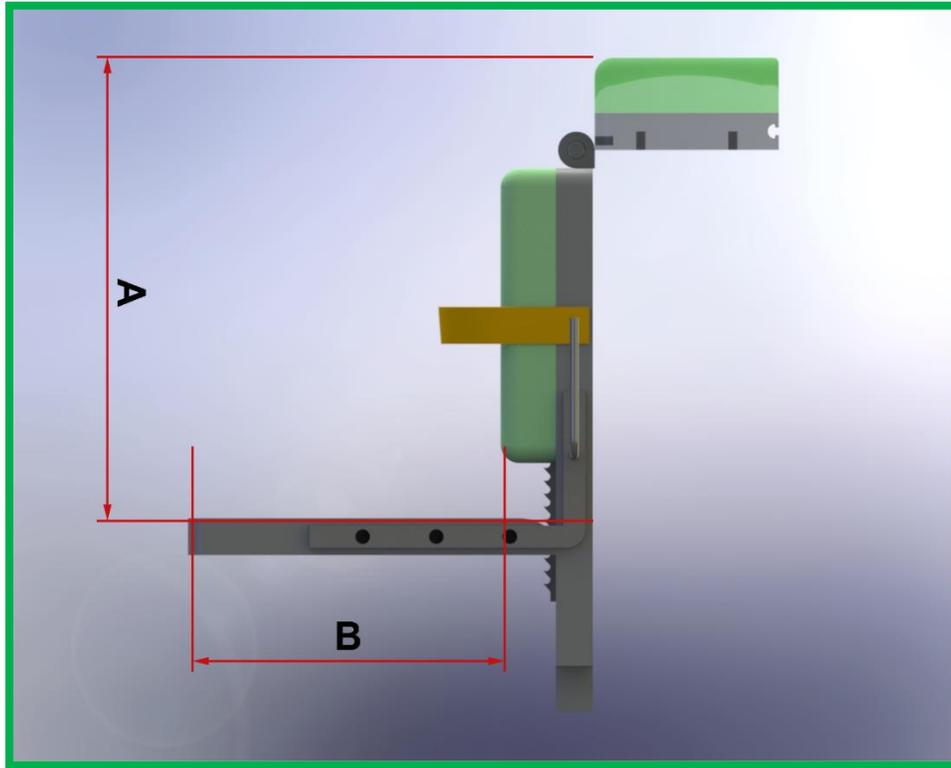


Figura 57: Percentiles del reposapiés.

- A. Altura Poplítea: M4–M6.** Esta altura es crítica y debe poder ajustarse a la mayoría de los percentiles posibles debido a que de lo contrario podrían generarse efectos indeseables en el cuerpo del usuario en sedestación. Por ejemplo; si se tiene una altura poplítea muy baja, “las rodillas estarán más altas que las caderas aumentando la presión sobre las nalgas” (Imagina); por el contrario, si se tiene una distancia muy alta, “el usuario tenderá a deslizarse en el asiento” (imagina), provocando rozamiento en los muslos y las nalgas.
- B. Longitud del Pie: M6.** En este caso no es necesario variar la dimensión ya que dicha longitud se hace presente en el piso falso y la diferencia de medidas en los pies de los usuarios es mínima.

A continuación, se presenta una figura con el despiece de la sección para mayor comprensión de la sección.

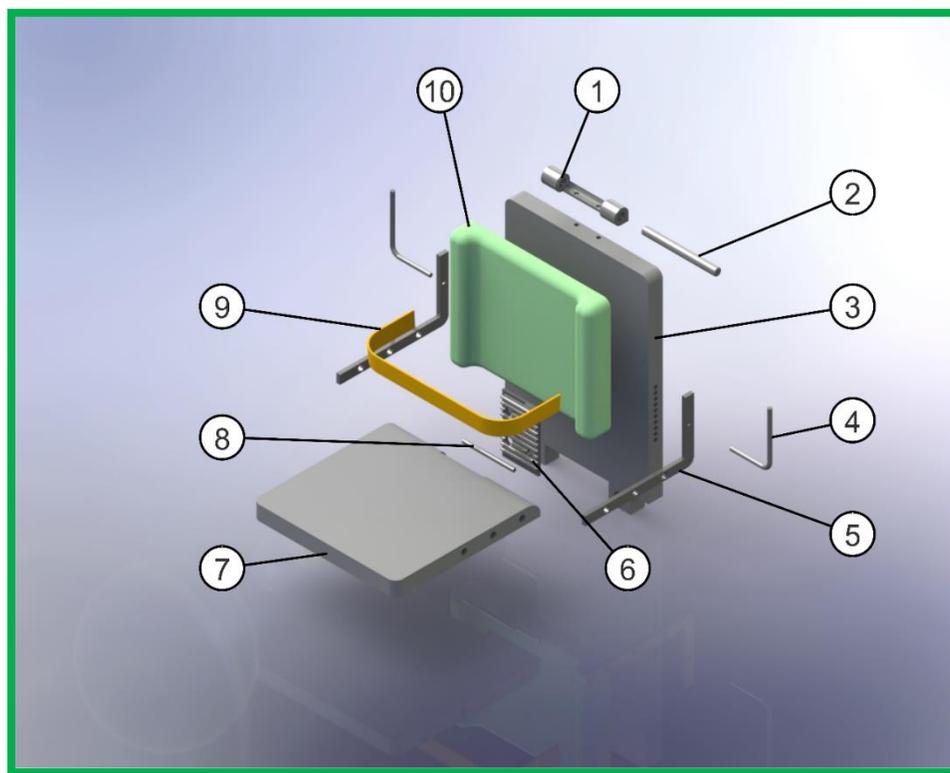


Figura 58: Despiece del reposapiés.

| # Elemento | Descripción | Cantidad |
|------------|---|----------|
| 1 | Pieza hembra de bisagra. | 1 |
| 2 | Perno de bisagra. | 1 |
| 3 | Base deslizante de madera. | 1 |
| 4 | Perno de sujeción de Piso Falso. | 2 |
| 5 | Ángulo de metal para unión de piso y base deslizante. | 2 |
| 6 | Placa escalonada. | 1 |
| 7 | Piso falso. | 1 |
| 8 | Perno de piso para placa escalonada. | 1 |
| 9 | Cinta de sujeción para reposapiés. | 1 |
| 10 | Acojinamiento de reposapiés. | 1 |

Tabla 19: Componentes del reposapiés.

El reposapiés sufrió los mismos cambios que el respaldo y el reposapiés. A continuación, se muestra la figura donde se indican dichos cambios y en qué parte de la sección se pueden observar.

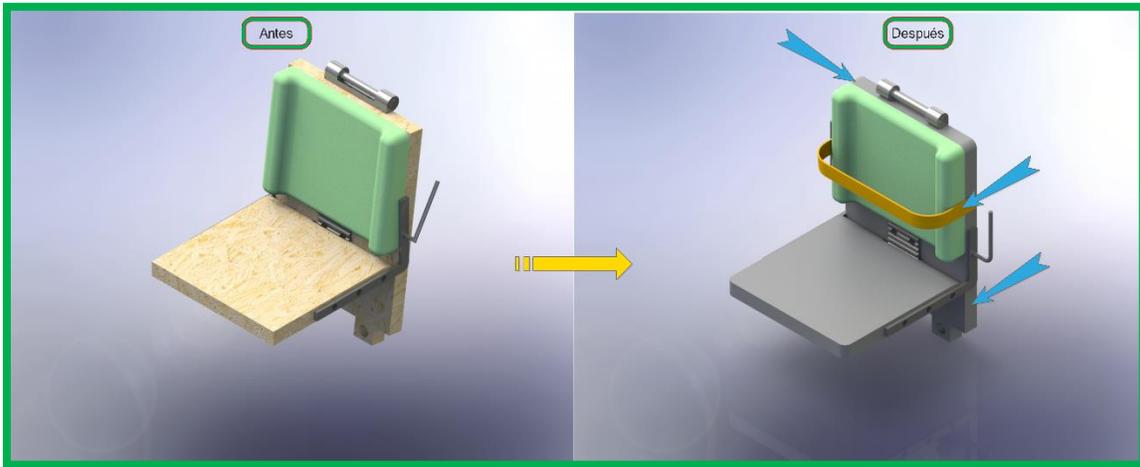


Figura 59: Modificaciones del reposapiés.

| Pieza | Antes | Después |
|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Base deslizante y piso falso | En madera barnizada al natural. | En madera recubierta y en color gris. |
| Aristas | Vivas. | Redondeadas. |
| Cinta de fijación | Ausente | Disponible en color amarillo. |

Tabla 20: Modificaciones del reposapiés.

Mecanismo

El mecanismo de cambio de posición es el encargado de realizar y controlar, mediante la manipulación del operador, el cambio de sedestación a bipedestación del niño.

“Los mecanismos son los elementos de una máquina destinados a transmitir y transformar las fuerzas y movimientos desde un elemento motriz, llamado motor a un elemento receptor.” (Landín). Un elemento motriz puede ser cualquier elemento que genere movimiento, desde un motor eléctrico hasta los músculos de una persona. El elemento receptor es aquel en el que se ve reflejado el trabajo realizado por la máquina.



Figura 60: Representación digital del mecanismo.

Para el caso del bipedestador, se tiene que el elemento motriz serán los músculos del adulto involucrados en la acción de pisar un pedal. Y, el elemento receptor será la silla en la cual se reflejará el trabajo realizado por el mecanismo, cambiando de posición de sedestación a bipedestación.



Figura 61: Elemento motriz, mecanismo, elemento receptor.

El mecanismo propuesto está compuesto por elementos como palancas, trinquetes, y ruedas dentadas que transmiten y/o transforman el movimiento a través de ellos. Más adelante se observarán varias figuras con el despiece del mecanismo donde se podrá visualizar mejor cada elemento.

Para el caso del mecanismo solo se aplicó un percentil:

- A. *Anchura pie: P95*. Se usó para determinar el ancho del pedal de tal manera que éste fuera lo más cómodo posible para la mayoría de los operadores o instructores.

- B. *Anchura mano: P95.* Éste se aplica para determinar la longitud de la agarradera de la palanca de cambio de sentido. Se aplica el percentil más alto para que la mayoría de los adultos puedan operarla con mayor comodidad

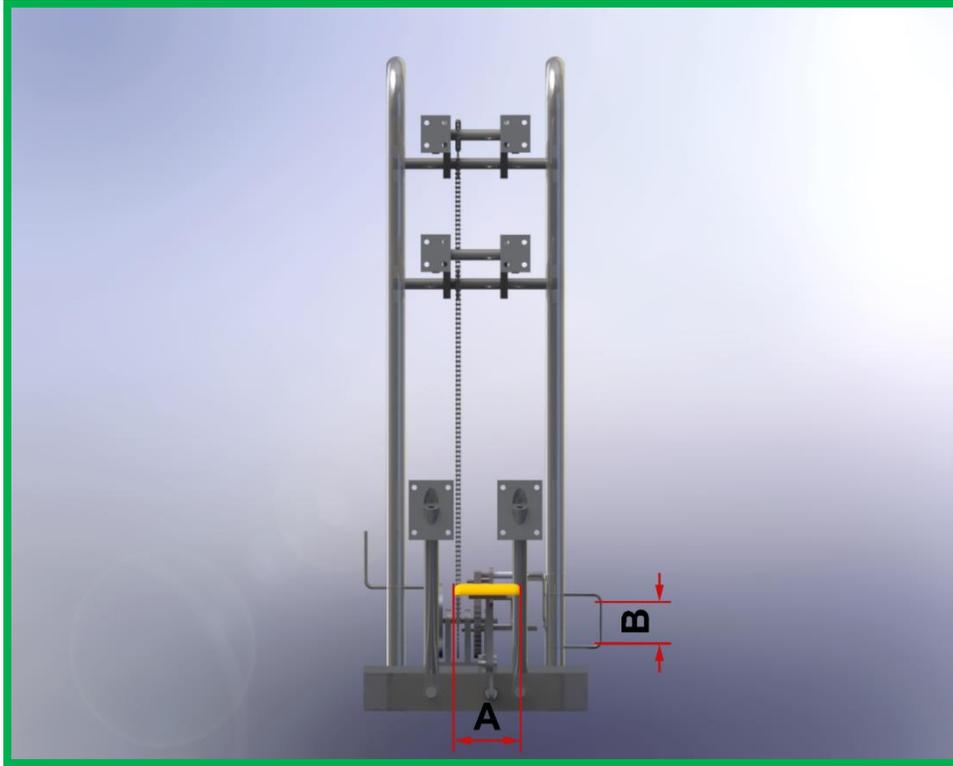


Figura 62: Percentiles del mecanismo.

A continuación, se muestran las figuras de despiece del mecanismo con su tabla correspondiente donde se indica el nombre y la cantidad de cada pieza existentes en el ensamble.

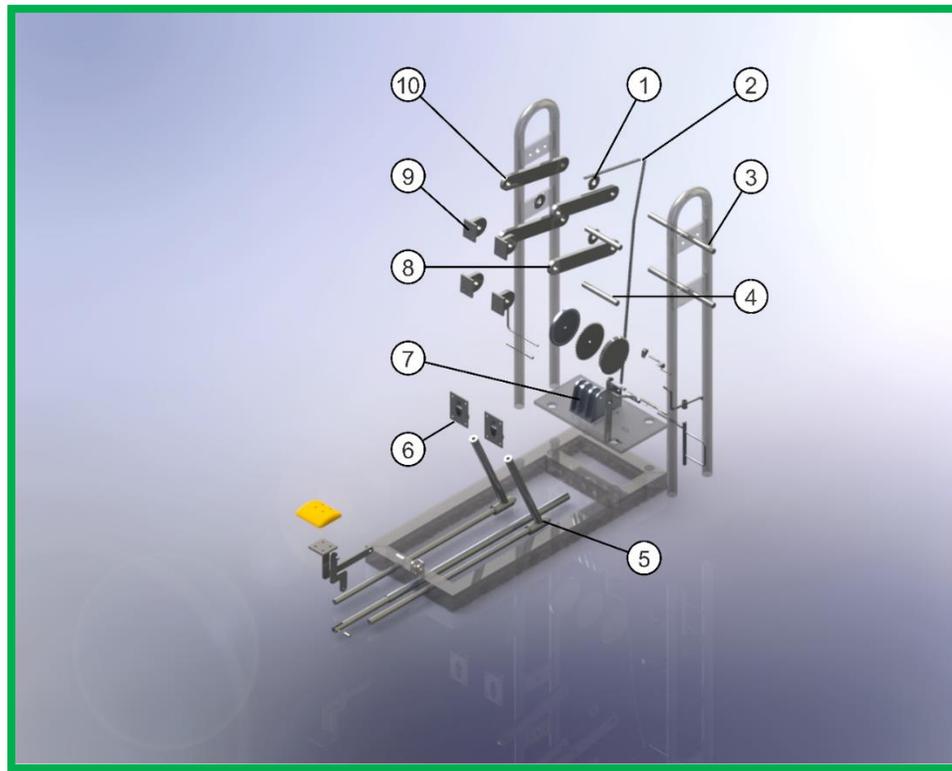


Figura 63: Despiece 1 del mecanismo.

| # Elemento | Descripción | Cantidad |
|------------|--|----------|
| 1 | Rueda dentada para cadena, chica. | 3 |
| 2 | Cadena. | 1 |
| 3 | Travesaño metálico de estructura. | 2 |
| 4 | Travesaño metálico de respaldo. | 2 |
| 5 | Soporte inclinado, metálico para reposapiés. | 2 |
| 6 | Base para soporte inclinado. | 2 |
| 7 | Base para eje de rueda de trinquete. | 1 |
| 8 | Brazo de levantamiento inferior. | 2 |
| 9 | Base para travesaño de respaldo. | 4 |
| 10 | Brazo de levantamiento superior. | 2 |

Tabla 21: Componentes 1 del mecanismo.

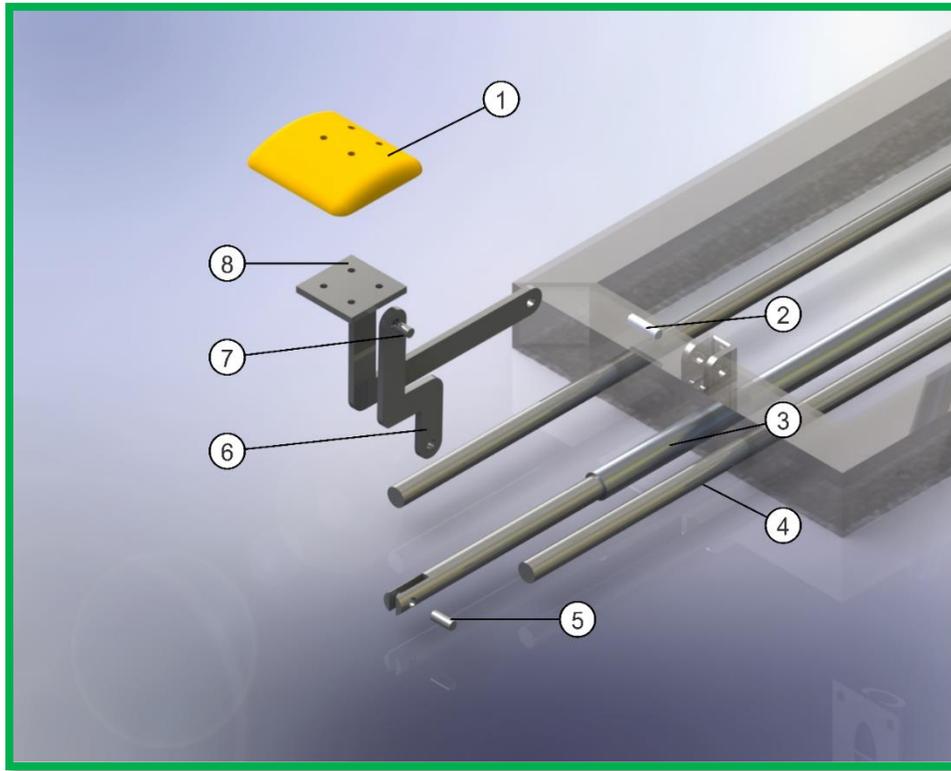


Figura 64: Despiece 2 del mecanismo.

| # Elemento | Descripción | Cantidad |
|------------|--|----------|
| 1 | Pedal de goma. | 1 |
| 2 | Perno de fijación, barra pedal. | 1 |
| 3 | Tubo fijo para barra transmisora. | 1 |
| 4 | Riel de reposapiés. | 2 |
| 5 | Perno de unión de barra transmisora-barra esclava. | 1 |
| 6 | Barra esclava. | 1 |
| 7 | Perno de unión barra esclava-barra pedal. | 1 |
| 8 | Barra pedal. | 1 |

Tabla 22: Componentes 2 del mecanismo.

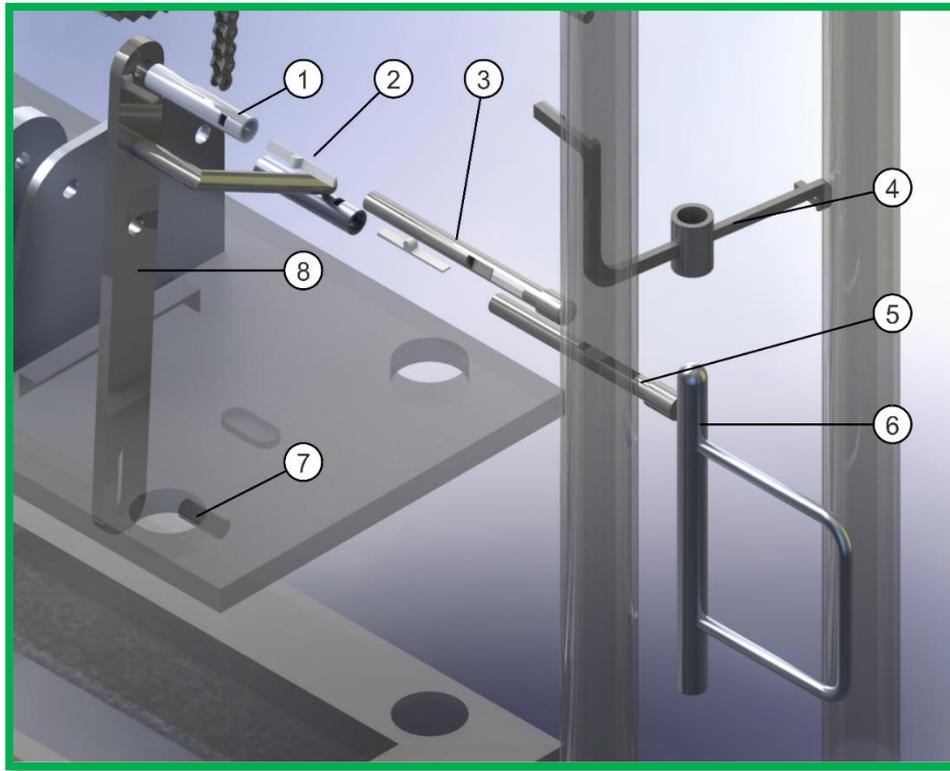


Figura 65: Despiece 3 del mecanismo.

| # Elemento | Descripción | Cantidad |
|------------|--|----------|
| 1 | Cilindro para eje de cuña. | 2 |
| 2 | Muelle de liberación de cuña. | 2 |
| 3 | Eje de cuña frontal. | 1 |
| 4 | Liberador de cuña trasera. | 1 |
| 5 | Eje de cuña trasera. | 1 |
| 6 | Palanca seleccionadora. | 1 |
| 7 | Perno de unión barra transmisora-barra rotacional. | 1 |
| 8 | Barra rotacional. | 1 |

Tabla 23: Componentes 3 del mecanismo.

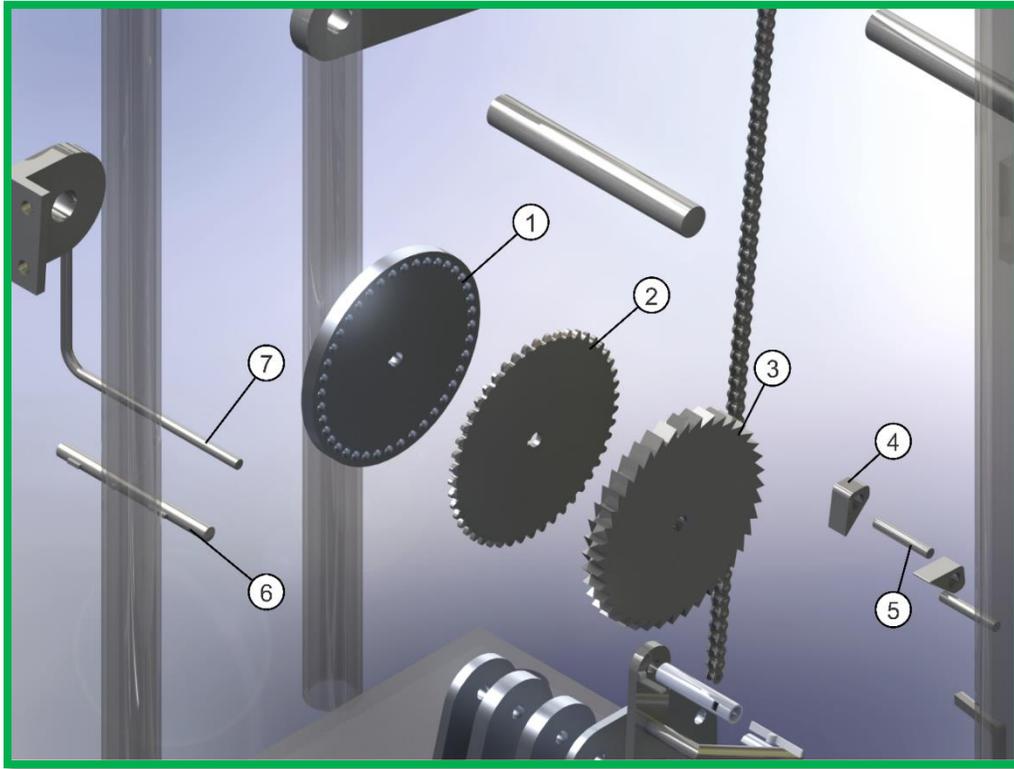


Figura 66: Despiece 4 del mecanismo.

| # Elemento | Descripción | Cantidad |
|------------|--------------------------------------|----------|
| 1 | Rueda barrenada de aseguramiento. | 1 |
| 2 | Rueda dentada para cadena, grande. | 1 |
| 3 | Rueda dentada de trinquete. | 1 |
| 4 | Cuña de trinquete. | 2 |
| 5 | Soporte para deslizamiento de cuña. | 2 |
| 6 | Eje general de ruedas del mecanismo. | 1 |
| 7 | Barra redonda de aseguramiento. | 1 |

Tabla 24: Componentes 4 del mecanismo.

El mecanismo fue la siguiente sección del bipedestador que sufrió grandes cambios. Todos los cuales se indican a continuación se dieron a consecuencia de un pequeño análisis del funcionamiento de la propuesta que se visualiza en el apartado de Idear. En este análisis se observó que tal mecanismo probablemente no funcionaría como se esperaba o necesitaría de otros componentes que lo ayudaran a trabajar de acuerdo con lo planeado; por lo que, para evitar estas situaciones, se optó por hacerle algunos cambios; siempre manteniendo la idea de que éste trabajaría por medio de trinquete y que la manipulación sería desde el frente del aparato.

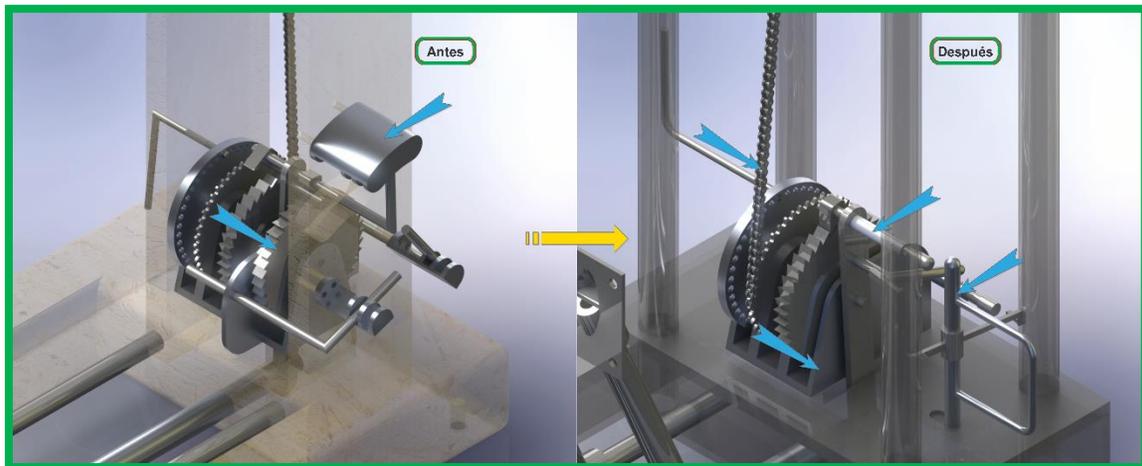


Figura 67: Modificaciones al mecanismo.

| Pieza | Antes | Después |
|------------------------------------|------------------------------------|---|
| Trinquete | Existían dos. | Se elimina uno. |
| Sujeción de palanca seleccionadora | Existían tres de metal. | Solo se utiliza una de acrílico. |
| Cadena | Posición trasera. | Posición delantera. |
| Base para eje | Se hallaban dos. | Se mantiene una. |
| Mecanismo de descenso | Por medio de trinquete secundario. | Por medio de trinquete primario y liberación de cuña. |
| Palanca seleccionadora | Tres, dos fijas y una móvil. | Una fija. |

Tabla 25: Modificaciones al mecanismo.

Funcionamiento

En el funcionamiento básico del mecanismo, se tienen presentes dos de las fuerzas mencionadas anteriormente: la fuerza del operador (F_4) y el peso conjunto de la silla con el usuario (F_1).

Elevación

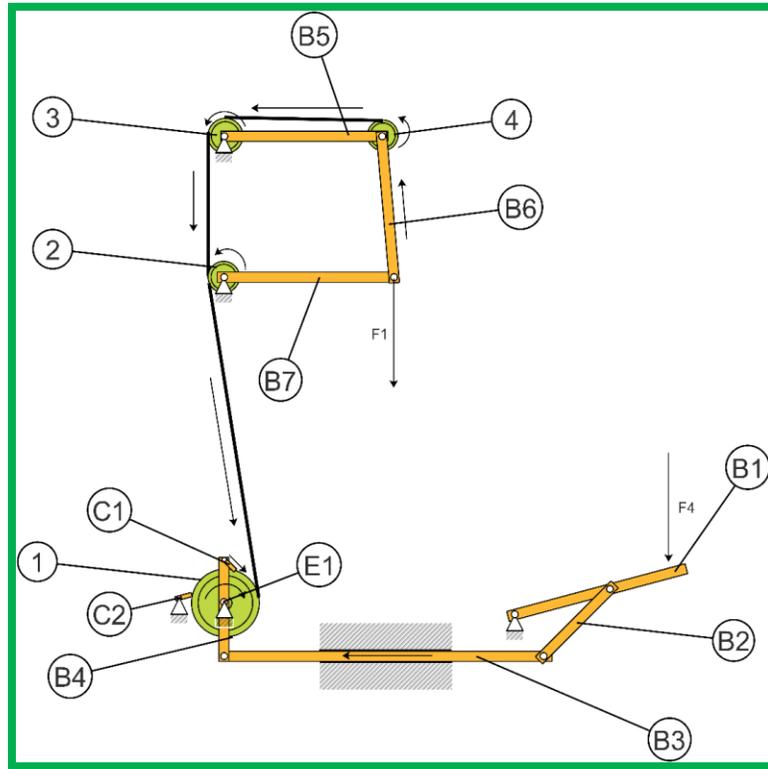


Figura 68: Funcionamiento del mecanismo (elevación).

El modo de trabajar en el proceso de elevación sería el siguiente: el operador aplica una fuerza F_4 , como se observa en la Figura 68, sobre el extremo frontal de la barra **B1**; al aplicarse esta fuerza, la barra **B2** que se encuentra anclada a ella, se moverá hacia abajo de tal forma que empuja hacia tras la barra **B3**. Al momento que ésta se mueve, provoca que la barra **B4** unida a ella gire sobre el eje al que está fija. Ésta última tiene anclada en su extremo superior la cuña **C1** del trinquete; dicha cuña se encuentra, en este momento, acoplada a uno de los dientes de la rueda dentada **1**. El giro hacia delante de **B4** causará que **C1** empuje la rueda **1** provocándole de igual manera un giro. Sobre el eje **E1** se encuentra otra rueda dentada –a un costado de la **1**– a la que se engrana una cadena y que giraría al mismo tiempo que la primera. Dicha cadena pasará por las ruedas dentadas **2** y **3** hasta llegar a la **4**, en la cual se vuelve a anclar en uno o varios dientes. Debido a la rotación de **1**, se causaría una tendencia de la cadena a jalar la rueda **4** provocando movimiento giratorio de las barras **B5** y **B7**, unidas por **B6** –la cual representa al respaldo–, llevándolas hacia arriba y venciendo a F_1 .

Este movimiento debería hacerse repetidamente para lograr la posición de bipedestación, por lo que se piensa que el mecanismo lleve resortes en puntos estratégicos –los cuales se deben determinar tras un análisis mayor– que se

encuentren regresando el mecanismo a la posición inicial. Cabe mencionar que la silla debe mantenerse en la postura que se dejó de aplicar la fuerza mientras el pedal se esté moviendo de nuevo a una posición lista para trabajar, para realizar tal acción se propone una segunda cuña **C2** que no permitirá el retroceso de la rueda dentada manteniéndose dicha postura.

Descenso

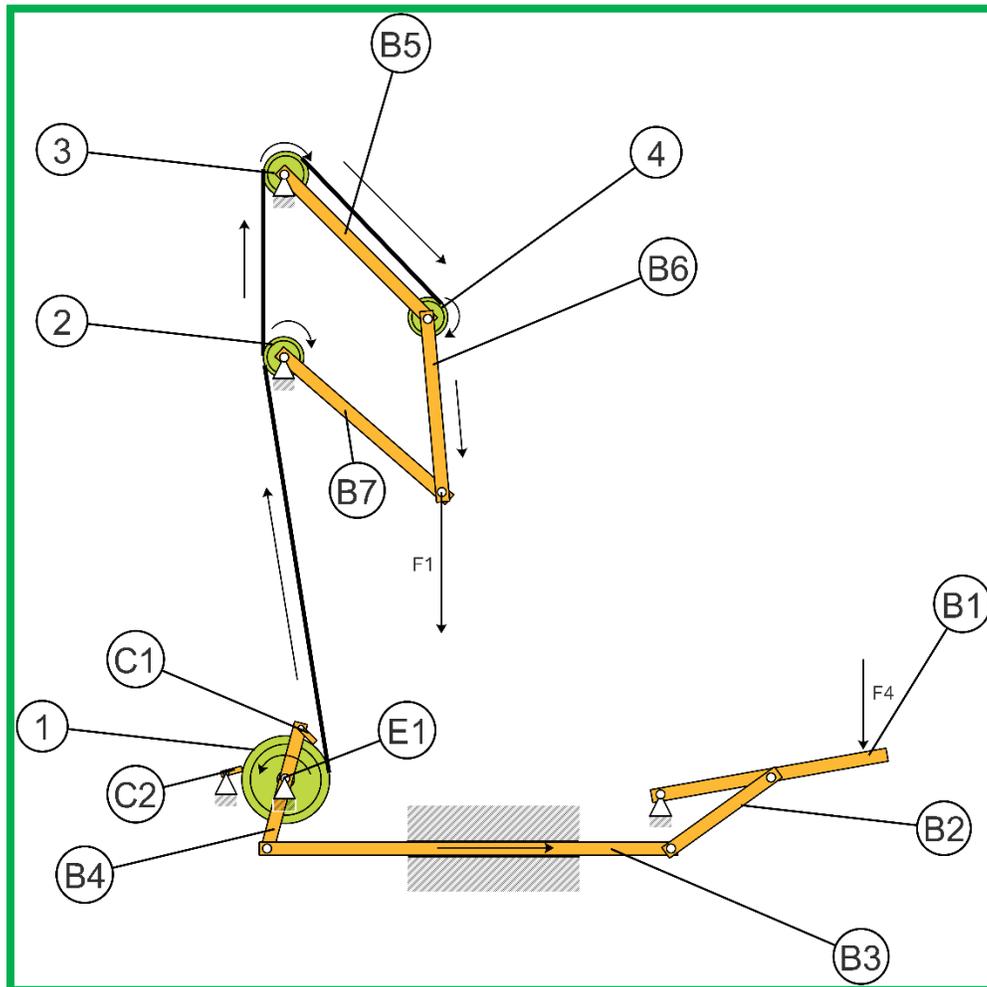


Figura 69: Funcionamiento del mecanismo (descenso).

Cabe destacar que en el caso del descenso la silla tenderá a regresar a la posición de sedestación por acción de la gravedad; por lo que el mayor problema es controlar el movimiento de bajada y probablemente no sea necesario un mecanismo que obligue al aparato a regresar a su posición inicial. Basado en este enunciado, se determinó la manera de descender al usuario.



Para realizar el descenso se aplicó un dispositivo análogo al que utilizan algunas plumas para retraer el cartucho de tinta; sin embargo, en este caso lo que se replegaría sería la cuña del trinquete. Cada cuña cuenta con su propio mecanismo de retracción.

Para comenzar el descenso, la cuña **C1** se libera mientras la **C2** se mantiene en su lugar asegurando el dispositivo. Ya que ésta se encuentra liberada, el operador aplicará fuerza en el pedal provocando que la barra **B4** rote hacia el frente en sentido horario, y en el instante que dicha barra llegué a su punto máximo, la cuña **C1** se retraerá hacia la rueda dentada **1**, acoplándose con ella. Una vez que la primera cuña está en su lugar, la cuña **C2** se libera permitiendo que la rueda dentada **1** gire en sentido anti horario con un movimiento gobernado por la barra **B4**. En el instante que ésta barra llega hasta atrás, a su punto inicial, la cuña **C2** se retrae hacia su lugar y una vez que ésta se encuentra acoplada, la cuña **C1** se vuelve a liberar repitiendo la secuencia El operador controlará el descenso por medio del pedal (**B1**) aplicando una fuerza (**F4**) en él lo suficientemente menor como para que el descenso del usuario sea controlado.

Secuencia de Uso

Ésta hace referencia paso por paso a todas las acciones que el operador debe realizar en el momento de manipular la máquina.

Para comenzar a operar el bipedestador, es necesario acondicionarlo para el usuario que estará en él; para lo cual se encuentra una tabla en el Anexo 3. En ella se pueden observar algunos parámetros aconsejados a los cuales se recomienda ajustar la máquina para un primer uso; ya que una vez que el niño se siente se podrá notar si es necesario realizar mayores ajustes o si los ya hechos son suficientes.

Una vez que la máquina ha sido acondicionada para el usuario, será necesario colocar al infante en ella y asegurarlo con los cinchos correspondientes como se observa en las siguientes figuras:



1. Colocar al niño en el bipedestador y verificar que los ajustes previos que se le hicieron al aparato sean los adecuados.

2. Asegurar tronco al respaldo mediante las cintas de sujeción, cuidando que estas no aprieten demasiado el pecho del niño.



3. Asegurar pantorrillas a la base deslizante de reposapiés mediante las cintas de sujeción.



4. Asegurar muslos y cadera al asiento; apretando solo hasta el punto en que se asegure que la cadera del infante no tendrá mucha holgura al momento de estar en bipedestación



Bipedestación

Ya que se tiene al niño asegurado a la silla, se puede comenzar la operación de la máquina de la siguiente manera:



1. Revisar que la palanca seleccionadora se encuentre desacoplada esto es hacia la parte externa del aparato.

2. Posicionar uno de los manubrios hacia el frente del aparato para que éstos sirvan de apoyo para la operación y le ayuden al equilibrio al adulto.



3. Presionar el pedal hacia abajo hasta el punto más bajo.

4. Llegado al punto más bajo del pedal, soltar para que éste regrese a su posición inicial.



5. Repetir los pasos 3 y 4 hasta lograr la bipedestación.





Sedestación

En el momento que se desee regresar al infante a sedestación, se deberá realizar lo siguiente:



1. Asegurar el mecanismo por medio de la palanca de fijación que se encuentra del lado izquierdo.

2. Acoplar palanca seleccionadora moviéndola hacia dentro del bipedestador.



3. Quitar el seguro del mecanismo extrayendo la palanca de fijación.

4. Presionar el pedal hacia abajo, con precaución, hasta el punto más bajo.





5. Levantar el pie poco a poco de tal manera que el pedal suba y la silla comience a regresar a su posición inicial. Este paso se debe realizar con precaución ya que la velocidad de bajada del niño depende de la velocidad con que el pedal regrese a su posición más alta.

6. Repetir los pasos 4 y 5 hasta lograr la sedestación.



Una vez que el biperformador termine de regresar a su posición inicial, será posible liberar los cinchos de aseguramiento del niño para poderlo bajar del aparato.



Conclusiones

Design Thinking se considera un método relativamente nuevo por lo que existía poca información sobre él al momento de realizar la investigación. Sin embargo, con ayuda de varios documentos –principalmente electrónicos–, me fue posible comprender las características de sus etapas para posteriormente aplicarlas al diseño del bipedestador.

A pesar de que los pasos se explicaron de forma ordenada, durante el desarrollo del proyecto no se aplicaron de esta manera; sino que, se hizo de forma alternada conforme se fue notando la necesidad de regresar o adelantar un paso; esto gracias a la flexibilidad del método.

Considero que DT fue la mejor opción gracias a su versatilidad y a su enfoque humanista; ya que pienso que, en el diseño de aparatos para gente con discapacidades, este enfoque es todavía más necesario. Además, el hecho de que la esencia sea la etapa de empatizar obliga de cierta manera a conocer a los involucrados y darse cuenta de algunas situaciones que estas personas no pueden o no desean expresar por sí mismos pero que de alguna manera pueden llegar a afectar al diseño.

Obtener la información que permitiera generar un perfil de los usuarios tanto físico como psicológico fue una etapa que dio sus frutos al momento de definir los requerimientos del diseño ya que de esta manera fue más fácil determinar las características del bipedestador.

La falta de información en antropometría sobre los niños con Parálisis Cerebral le dio un cierto grado de dificultad a la definición; pero, favorablemente, las encuestas y orientación docente me ayudaron a cumplir este objetivo. Era crítico este establecimiento antropométrico, ya que con base en ello debía determinar algunas dimensiones básicas para el modelado en el software CAD.

El hecho de haber planteado un mecanismo que utilizara para su accionamiento únicamente elementos mecánicos me da la ventaja de que el bipedestador puede ser operado en casi cualquier lugar; independientemente de si se tiene disponibles instalaciones eléctricas o de otra naturaleza.

El haber utilizado herramientas de solución de problemas técnicos como TRIZ, me facilitaron la tarea de plantear una manera de ajustar el aparato; gracias a que me fue más sencillo observar la manera en que otras situaciones parecidas habían sido ya resueltas y aplicar soluciones análogas.



El primer acercamiento que tuve con la propuesta realizando bocetos fue muy nutritivo ya que en este punto fue cuando pude echar a andar la capacidad de inventiva y crítica; primeramente, proponiendo varias opciones de diseño y posteriormente comparándolas tanto cuantitativamente como cualitativamente. Uno de los problemas encontrados en esta sección fue en el momento de la evaluación por puntos ya que debía ser muy cuidadoso con el peso que le daría a cada característica de tal manera que dicha evaluación me orientara hacia la mejor propuesta. Finalmente, tomando en cuenta la información obtenida de las etapas de Empatizar y Definir y analizándola, considero que los valores de ponderación que propongo para la evaluación fueron apropiados para llegar al objetivo de seleccionar la mejor propuesta.

Realizar la construcción virtual de la propuesta seleccionada fue posible gracias a la herramienta SolidWorks®. Dicha construcción (o modelado) trajo consigo varias ventajas entre las que se encuentra el hecho de que pude observar a tiempo algunas fallas en el diseño; e incluso también algunas oportunidades de mejora.

El haber hecho la secuencia de uso me sirvió para visualizar la manera en que probablemente se vería el bipedestador en contacto con los usuarios en el momento de las pruebas; además de que puede servir de referencia para mejoras en el futuro, tanto en el diseño como en el funcionamiento.

Considero que el objetivo de diseñar a nivel conceptual un dispositivo que ayudara a los niños con PCI de tipo Atáxica y con edades de entre cuatro y seis años, a lograr y mantener la posición de bipedestación; utilizando los primeros cuatro pasos de Design Thinking, se cumplió satisfactoriamente gracias a la investigación que hice acerca del método y su aplicación al diseño de productos.

En mi opinión, este método es uno de los mejores para el diseño de productos gracias a su característica especial de ser “caótico”; es decir, que la modificación de alguna variable dentro del proceso puede desencadenar una serie de acciones inesperadas, pero, nutritivas en su mayoría; las cuales nos acercarán poco a poco a un producto satisfactorio que ofrecer a los clientes.



Trabajo a Futuro

A continuación, se listan algunos puntos que se recomienda desarrollar en un futuro para dar por finalizado el proyecto y que el producto sea viable para su producción y comercialización.

- Como primer punto se recomienda realizar un diseño a detalle de la propuesta en el que se determinen más específicamente los materiales a utilizar para terminar la etapa de Prototipar.
- En seguida se tendría que realizar la construcción física de un prototipo en el que puedan realizarse pruebas confiables.
- Una vez construido el prototipo se debería pasar a la quinta etapa del método en la que se pueda verificar el funcionamiento del mecanismo, la ergonomía del aparato entre otros.
- Posterior a la verificación, es recomendable volver a aplicar el método en una segunda, tercera o cuantas iteraciones sean necesarias para obtener el mejor producto.
- Se debe proponer y determinar los procesos de producción
- Finalmente, es necesario realizar un análisis de costos del proyecto.



Bibliografía

¿Qué es un prototipo y para qué sirve? (29 de septiembre de 2015). Obtenido de Universia España:
<http://noticias.universia.es/consejos-profesionales/noticia/2015/09/29/1131645/prototipo-sirve.html>

Alcaide Marzal, J. (2004). *Diseño de producto: métodos y técnicas*. México: Alfaomega.

Alonso B, A. (2007). *Biomecánica*. La Habana.

Ángeles P, M. (s.f.). Higiene Postural. *edusport*.

Ávila Ch, R., Prado L, L. R., & González M, E. L. (2001). *Dimensiones Antropométricas. Población Latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile, Venezuela*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño.

Brown, T. (2008). Design Thinking. *Harvard Business Review*.

Caldas, M. E., Gregorio, A., & Hidalgo, M. L. (s.f.). *Iniciación a la Actividad Emprendedora y Empresarial 4º ESO*. Madrid: Editex, S.A.

Carmen, M. (23 de Junio de 2017). *El poder de la cromoterapia en nuestra salud*. Obtenido de Psicología del Color: <http://www.psicologiadelcolor.es/articulos/poder-la-cromoterapia-nuestra-salud/>

Estrada Muñoz, J. (2015). *Ergonomía Básica*. Ediciones de la U.

Fundación Teletón. (1 de Julio de 2014). Guía sobre Parálisis Cerebral Infantil. México.

Fundación Teletón. (2016). Informe Anual DOSMIL15. México.

Gómora O, I., Ramírez V, V., Domínguez U, S., Ferrer M, J., & Espinosa C, V. (s.f.). Glosario de Discapacidad Motriz. México.

Institute of Design at Stanford. (2012). *Mini guía: una introducción al Design Thinking*. Stanford.

International Ergonomics Association. (s.f.). *Definition and Domains of Ergonomics*. Obtenido de <http://www.iea.cc/whats/index.html>

Kuvi Consultores. (2013). *Guías Temáticas para Emprendedores*. CEEI Ciudad Real.

Laurig, W., & Vedder, J. (s.f.). Ergonomía. En *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo* (págs. 29.1-29.110).

Luengas A, L., Gutiérrez A, M., & Camargo, E. (julio-diciembre de 2014). Estudio de Fuerzas en la Bipedestación Estática. *Visión Electrónica, algo más que un estado sólido*, 8(2), 75-79.



Mata Cabrera, F. (2004). Ergonomía y Diseño. *Ensayos: Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 259-266.

Mondelo, P., Gregori, E., & Barrau, P. (1999). *Ergonomía I Fundamentos*. Barcelona: Ediciones UPC.

Panero, J., & Zelnik, M. (1996). *Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores*. España: Gustavo Gili.

Póo A, P. (s.f.). Parálisis Cerebral Infantil. *Protocolos Diagnóstico Terapeúticos de la AEP: Neurología Pediátrica*, 271-277.

Real Academia Española. (1 de Octubre de 2015). *Diccionario de la Lengua Española: Real Academia Española*. Obtenido de <http://lema.rae.es/drae/?val=idear>

Romero F, E. (15 de Diciembre de 2014). *Blog Emprende GrinUGR*. Obtenido de Emprende GrinUGR: <http://emprende.grinugr.org/emprende/actividad-design-thinking-fase-4-y-5-desarrollo-del-prototipo-y-evaluacion/>

Ruiz B, A., & Arteaga M, R. (s.f.). Parálisis Cerebral y Discapacidad Intelectual.

Vilaseca, G. (14 de Mayo de 2014). *Psicología del Color*. Obtenido de weweb: <http://www.weweb.cat/es/psicologia-del-color/>

Vite V, A. (2011). *Pupitre para Niños con Parálisis Cerebral*. México.



Anexos

Anexo 1: Encuesta para Familiar

Encuesta para diseño de “Bipedestador”

FAMILIAR

Edad

Sexo

- 1) De acuerdo con la rehabilitación que recibe su niño(a), ¿le han recomendado algún cambio de postura?
- 2) ¿Existe algún aparato que le ayude para el cambio de posición?
- 3) ¿En qué posición le es más fácil manejar a su niño(a)?
- 4) Si tuviera a disposición un equipo que sirviera para controlar la postura del niño(a), ¿cuánto invertiría en él?
- 5) ¿Dispone usted de espacio para la rehabilitación del niño(a) en casa?
- 6) Fuera del CRIT, ¿quién lo cuida normalmente?
- 7) ¿Sabe leer y escribir?



Anexo 2: Encuesta para Terapeuta

Encuesta para diseño de “Bipedestador”

TERAPEUTA

Edad

Sexo

- 1) ¿Qué tipo de lesión atiende normalmente?
- 2) ¿Cuántos son aproximadamente?
- 3) ¿En qué consiste la terapia/rehabilitación recomendada para esa lesión?
- 4) ¿Se requiere o se recomienda un cambio en la postura del infante?
- 5) ¿En qué casos se recomienda este cambio?
- 6) ¿Cuál es el rango de edades en el que se recomienda el cambio?
- 7) ¿Qué tan sensibles son los niños(as) al movimiento?
- 8) ¿Se recomienda que el cambio de posición sea lento o rápido?
- 9) ¿En este CRIT cuentan con algún equipo que sirva para ello?
- 10) ¿A un niño con este problema puede o es recomendable mantenerlo en una sola postura durante periodos de tiempo largos?
