

Estudio de caso sobre el diseño de Proaid E: silla de ruedas neurológica para niños

Proaid E: design case study of a neurological wheelchair for children

Recibido: 28/09/2016 - Aprobado: 08/08/2017

ICONOFACTO VOL. 13 N° 20 / PÁGINAS 128 - 143

DOI: <http://dx.doi.org/10.18566/iconofact.v13.n20.a07>

Autores:

Gustavo Adolfo Sevilla Cadavid
gustavo.sevilla@upb.edu.co

Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

Andrés Valencia-Escobar
andres.valencia@upb.edu.co

Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

Juliana Velázquez Gómez
bmjuvelas@eia.edu.co
Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín, Colombia.

Resumen: En Colombia se presenta una problemática asociada al acceso que tienen las personas de bajos recursos, en situación de discapacidad, a productos de apoyo que se ajusten a sus necesidades tanto físicas como socioeconómicas. La silla de ruedas estándar de bajo costo, Proaid M, diseñada a partir de la unión de piezas fabricadas en madera laminada y con uso de elementos comerciales, es una respuesta objetiva a esta problemática. Con base en este diseño se desarrolló el modelo Proaid E para un niño de 14 años de edad, con parálisis cerebral de tipo mixto. Para el desarrollo del proyecto se utilizó una combinación del Modelo Sistemático de Análisis PSD-Entorno Construido y el enfoque del Diseño Centrado en el Usuario. Con el resultado de este proyecto se logró impactar de manera positiva la calidad de vida de un ser humano que no contaba con las condiciones mínimas necesarias para atender sus necesidades básicas de movilidad y de bienestar.

Palabras clave: discapacidad, diseño industrial, productos de apoyo, ergonomía, silla de ruedas neurológica.

Abstract: Colombia presents a problem associated with the access of low-income people who have disabilities to support products that conform to both their physical and socio-economic needs. Standard low-cost Proaid M wheelchairs, designed from the union of parts manufactured in plywood and the use of commercial elements, are an object-based answer to this problem. The Proaid E model was developed for a 14-year-old child with mixed cerebral palsy based on this design. A combination of the PSD Systemic Analysis Model-Built Environment and the User-centered Design approach was used for the development of the project. With the outcome of this project, we could positively impact the quality of life of a human being who did not have the minimum conditions necessary to meet his basic mobility and well-being needs.

Keywords: disability, industrial design, product support, ergonomics and neurological wheelchair.

1. Introducción

El diseño de productos de apoyo (ISO 9999, 2012) surge como respuesta a aquellas necesidades que nacen de las limitaciones del hombre en su interacción con el medio, a través del desarrollo de productos que sirvan como mediadores entre las características físicas y cognitivas del hombre y las características funcionales del entorno. Estos productos pueden generar enormes ventajas en la calidad de vida, tanto en personas en situación de discapacidad como en adultos mayores, personas con altos grados de obesidad y personas de talla baja, entre muchas otras.

Para que los productos de apoyo cumplan con su objetivo de prevenir, compensar, controlar, mitigar y/o neutralizar deficiencias y limitaciones en la actividad y restricciones en la participación deben estar diseñados pensando en las características anatómicas, biomecánicas, antropométricas, cognitivas y sociales de las personas que van a ser sus usuarios directos. Enfoques como el Diseño Universal, el Diseño Inclusivo, la ergonomía o la usabilidad, contribuyen a estructurar productos con un alto nivel de adaptación funcional con base en los aspectos físicos, cognitivos y socio – económicos.

Este último aspecto es importante si se considera que gran parte de la población en situación de discapacidad en los países en vía de desarrollo afronta condiciones sociales y económicas complejas. Un aspecto ligado a esta realidad es el poco acceso a los objetos de apoyo (Gómez y González, 2010). En Colombia, la población en situación de discapacidad puede acceder a algunos productos de apoyo bajo el modelo actual de salud. Sin embargo, no todas las categorías de pro-

ductos que define la ISO 9999 se encuentran disponibles o se entregan a través del Plan Obligatorio de Salud colombiano -POS- (Mintrabajo, 2011). Lo anterior implica que estos elementos, que tienen un alto costo relativo en el mercado colombiano, no puedan ser adquiridos por una gran mayoría de los usuarios, quienes en el país, viven en condiciones de pobreza (Rincón, 2013).

Es en este punto donde conceptos como el diseño universal, ergonomía y usabilidad comienzan a jugar un papel determinante en el desarrollo de productos de apoyo que cumplan una función práctica y que se adapten a las condiciones sociales y económicas para facilitar su acceso a ellas. Pensando en el problema de la adquisición de productos de apoyo, por parte de la población de personas en situación de discapacidad de bajos recursos, organizaciones como la *American Wheelchair Mission*, la *Free Wheelchair Mission* o la *Wheelchair Foundation*, o personas como el doctor David Werner han impulsado iniciativas locales de fabricación de productos de apoyo en países en vías de desarrollo. Estas iniciativas tienen como común denominador el desarrollo de productos de apoyo de bajo costo que llegan a los usuarios finales bajo modelos de donaciones anónimas, realizadas en su mayoría por internet. A estas organizaciones se unen también la *UCP Wheels for Humanity*, *Hope Heaven International*, *Motivation: freedom through mobility*, quienes además de trabajar bajo el modelo de donaciones anónimas incursionan con el diseño y la fabricación de sillas de ruedas para usuarios con necesidades especiales, en países en vía de desarrollo.

Se hace referencia con objetos de bajo costo a sistemas físicos, fabricados con herramientas de baja tecnología y materias primas estandarizadas, que puedan ser adquiridas en almacenes no especializados, y que generan costos inferiores a los de los productos comerciales. Además, se incluye en los requerimientos de diseño, la posibilidad de auto-construir el objeto. Con base en lo anterior, el Grupo de Investigación de Estudios en Diseño (GED) de la Facultad de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana de la ciudad de Medellín, ha estado trabajando desde el año 2008 en el diseño de productos de apoyo de bajo costo, que se ajusten tanto a las necesidades físicas como económicas de esta población.

El primer proyecto desarrollado fue una silla de ruedas fabricada en tubería de PVC, denominada Proaid A (Fig. 1), que buscaba atender los requerimientos mencionados, incluyendo la posibilidad de autofabricación y/o fabricación a escala local (Valencia et al., 2007). Atendiendo varios aspectos de mejoramiento encontrados en la silla Proaid A, se trabajó en el diseño de un segundo modelo de silla de ruedas denominado Proaid M (Fig. 2). Este nuevo modelo se compone de 5 piezas básicas de madera contrachapada, las cuales se ensamblan con un sistema tipo ranura, que no requiere de adhesivos o sujetadores mecánicos, para formar la estructura base, a la cual se adhieren las ruedas traseras, las delanteras y los frenos. La silla puede utilizar ruedas de bicicleta comerciales o pueden construirse las ruedas a partir de dos láminas de madera de perímetro circular.

Las láminas que constituyen el espaldar, el asiento y el reposapiés pueden estar perforadas, con el fin de aligerar el peso de la estructura y mejorar la circulación de aire (Echeverri, 2010).



Fig. 1. Silla de ruedas Proaid A. Fuente: archivo Grupo de Investigación de Estudios en Diseño -GED- de la Facultad de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.



Fig. 2. Silla de ruedas Proaid M. Fuente: archivo Grupo de Investigación de Estudios en Diseño -GED- de la Facultad de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.

El diseño de la silla Proaid M, por su versatilidad, vista en función de sus posibilidades de fabricación con herramientas de baja tecnología y materiales estandarizados de bajo costo, ha permitido que se puedan desarrollar diferentes adaptaciones, con el fin de ajustarse a usuarios con necesidades de uso particulares. Buscando validar el nivel de adaptación de esta silla, se tomó la decisión de desarrollar un proyecto cuyo objetivo general fue diseñar un modelo de silla neurológica para un usuario infantil con parálisis cerebral. A este modelo de silla se le denominó Proaid E.

La selección del tipo de usuario se hizo con base en el criterio de accesibilidad, entendiendo que se hizo una búsqueda de posibles usuarios a través de contactos con instituciones especializadas en el tratamiento de estas patologías, y se seleccionó aquella familia cuya necesidad del objeto de apoyo era manifiesta y mostró el interés y la posibilidad de atender el proceso completo. Con ellos se desarrolló todo el proceso de consentimiento informado.

Este proyecto constituyó un reto para el equipo de diseño, dada la complejidad del usuario en términos fisiológicos, anatómicos, cognitivos, biomecánicos, antropométricos y socioculturales. Además, y aunque existe información variada sobre las condiciones de diseño de este tipo de sistemas (Sommerfreund y Masse, 1995 y Greenwood et al., 2005), los requerimientos particulares del diseño, y el tener como punto de partida la silla Proaid M, hicieron que el proceso implicara una generación de conocimiento particular y constante.

Asimismo, se pretende señalar la importancia que tiene el desarrollo de productos de apoyo de bajo costo, para personas de bajos recursos en situación de discapacidad, y los beneficios que estas tecnologías pueden aportar a sociedades como la colombiana. También, enfatizar en la importancia de la interdisciplinariedad del equipo de desarrollo, que estuvo compuesto por diseñadores industriales, ingenieros mecánicos, ingenieros biomédicos y estudiantes de diseño industrial de la Facultad de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana. Bajo estos lineamientos, se desarrolló una silla de ruedas neurológica que responde a los requerimientos funcionales, operativos, técnico-productivos y estético-comunicativos, que requiere este tipo de productos de apoyo adaptado a la realidad del contexto local en términos económicos.

2. Metodología

El proceso de diseño del modelo Proaid E siguió una metodología adoptada por el GED, a partir de su experiencia en investigación y desarrollo de productos. Tiene como base el Diseño Centrado en el Usuario, el Modelo Sistémico de Análisis Persona en Situación de Discapacidad-Entorno Construido (Sevilla, 2011) y la metodología para el desarrollo de asientos conformados, de la Escuela de Ingeniería de Antioquia. Las etapas de la metodología aplicada fueron las siguientes:

Información: en esa etapa se observa al usuario en actividad, para recabar datos acerca de sus necesidades (requisitos, características, limitaciones, restricciones y criterios) psicofísicas, socioculturales y tecnológicas. Las propiedades que se determinan en esta etapa son las referentes a las tensiones entre las características del usuario, el objeto (la silla de ruedas neurológica) y su contexto. Es decir, problemas que se han de resolver. En esta primera etapa, la forma aparece como un conjunto de datos que entran al proceso de diseño, como resultado de la lectura e interpretación del usuario y de las dinámicas del contexto, y que ha servido para definir un problema en términos de requerimientos o especificaciones como un problema de diseño.

Formalización: en esta etapa la forma se hace tangible por medio de modelos y prototipos propuestos para cada una de las tensiones que componen las necesidades psicofísicas, socioculturales y tecnológicas del usuario y el contexto, que neutralizan el problema desde las dimensiones funcionales, comunicativas y morfológicas. El objetivo de esta fase es traducir la información de la etapa anterior a una propuesta formal, que representa, a través de la silla de ruedas, la solución que se propone al problema que se ha enunciado.

Conformación: es el último momento del proceso de diseño. La silla de ruedas resultado del proceso de formalización, es introducido al contexto, bien sea como producto o como servicio. Pasa por un proceso de materialización que genera e impregna al objeto propuesto de una serie de valores agregados que le dan sentido -bien sea comercial, institucional o cultural en general-, permitiendo al usuario reconocer en esta forma final una solución al problema de origen. Es el momento en el que la silla de ruedas entra al contexto y adquiere sentido práctico al ser implementada y validada por sus usuarios finales.

3. Resultados

3.1 Etapa de información

En esta etapa, y bajo la caracterización del usuario, se hizo un análisis respecto a los factores humanos. Se evidenció que el usuario al cual se le diseñó la silla neurológica es un adolescente de 14 años, con parálisis cerebral, causada en la etapa prenatal por complicaciones en gestación gemelar, de criterio topográfico tetraplégico -por su afectación en los miembros superiores e inferiores-, criterio nosológico de tipo mixto -espástico-atetoide- y criterio funcional grave.

Uno de los elementos más característicos del usuario es la alteración en las funciones neuromotoras, que se evidencian en el aumento del tono muscular, la imposibilidad de mantener un control postural y cambios bruscos en los patrones de movimiento. También se presentan variaciones en la percepción visual y en el mecanismo propioceptivo, problemas en el mantenimiento constante de la localización del cuerpo, tanto en relación con los objetos en el espacio como para relacionar estos objetos en función de su propia posición; alteraciones en la construcción de

la imagen corporal o representación que se tiene de su propio cuerpo -construcción del esquema corporal-, alteraciones en el lenguaje y la comunicación -por el daño en las áreas cerebral responsables y el aumento del tono muscular de la zona nasal, bucal y faríngea-. Además, presenta epilepsia y retraso mental, como consecuencia de la lesión neurológica.

El usuario no puede caminar por sí mismo, presenta una ausencia total de equilibrio y no exhibe capacidad de manipulación. Asimismo, presenta una anomalía en el tronco a causa de una escoliosis de tipo estructural y retracciones articulares; es una persona dependiente en todas y cada una de sus necesidades. El peso y la talla del usuario alcanzan valores por debajo de la media correspondiente a la edad y el sexo masculino, por tal motivo se hace difícil la búsqueda de tablas antropométricas para el posterior dimensionamiento de la silla. Este último aspecto fortalece la aplicación de un modelo como el empleado en el proyecto, ya que posibilita la personalización antropométrica del objeto.

En el proceso de caracterización del producto se hizo un análisis con respecto al estado del arte de las sillas de ruedas neurológicas, encontrándose que actualmente el diseño de productos de apoyo ha desarrollado múltiples sillas adaptadas para usuarios con enfermedades neurológicas. Un común denominador es que estas sillas presentan un valor comercial superior al de la silla de ruedas convencional, llegando en ocasiones a tener una diferencia de hasta cinco veces en su precio. Estas sillas presentan una serie de adaptaciones que permiten al usuario poder transportarse con seguridad y comodidad. Gran parte de estas adaptaciones cubren necesidades básicas y responden a solicitudes de confort por parte de todos los pacientes, especialmente los niños.

De la revisión de las sillas existentes, se puede concluir que la mayoría presentan tres subsistemas: 1) Soporte para el tórax y el abdomen; 2) Soporte para las extremidades superiores e inferiores; 3) Soporte Craneal. La mayoría presenta reposabrazos desmontable y regulable a la altura de codo del usuario. Cuentan con un par de reposapiés desmontables y regulables en altura, según las dimensiones antropométricas del usuario; presentan soporte craneal acolchado y desmontable. Por último, cuentan con un soporte lumbar plegable y sistema de sujeción por medio de correas.

De la caracterización del contexto, específicamente desde la accesibilidad urbana, se evidenció que los alrededores del hogar del usuario no tienen cerca de la entrada pasos de peatones adecuados para sillas de ruedas; bien porque no tienen vado o porque aun teniéndolo están mal construidos y tienen un escalón con un desnivel superior a 3 cm (Fig. 4). No se presentan rampas para el acceso en silla de ruedas en cuatro cuerdas a la redonda. Los pisos de los andenes se encuentran en mal estado y son irregulares, convirtiéndose en un obstáculo para la movilidad.



Fig. 3. Andenes como barreras urbanísticas del contorno del hogar. Fuente: archivo Grupo de Investigación de Estudios en Diseño -GED- de la Facultad de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Con base a la accesibilidad arquitectónica, se observó que el principal problema al que se enfrenta el usuario y sus acompañantes son las escaleras. La habitación del usuario está ubicada en un segundo nivel, dificultando el acceso constante a este espacio. Se requiere la ayuda de dos personas, en suma, los espacios son reducidos limitando la movilidad del usuario y su acompañante (Fig. 5). Las puertas son otro de los obstáculos principales, especialmente para las personas en silla de ruedas. Son difíciles de superar porque consideran las dimensiones mínimas que proponen las normas arquitectónicas y/o porque la dirección en la que abren no es la indicada. Los cuartos de baño son insuficientes para brindar un acceso seguro y óptimo al usuario, en ellos los lavamanos e inodoros se convierten en un obstáculo por su excesiva altura y por la falta de espacio para acceder a ellos desde una silla de ruedas.

3.2. Etapa de formalización

El concepto clave fue la adaptación, y se expuso en términos de «movilidad adaptativa», concepto base de los anteriores modelos de Proaid. Bajo este concepto el proyecto se ajusta de manera adecuada a las necesidades y problemáticas de movilidad de las PSD de bajos recursos. Además, la autoconstrucción fue otro factor conceptual que se tuvo en cuenta, con ella, se consideró que se podían romper los paradigmas actuales que definen que en las sillas de ruedas el usuario no puede intervenir ni en su fabricación, ni en los acabados. El proyecto también buscaba ajustarse a los lineamientos de la OMS (Greenwood, 2005), que indica que todos los proyectos de esta naturaleza tengan en cuenta todo el ciclo de uso de este tipo de productos y se incluyan etapas que van desde el

análisis particular de cada usuario hasta el entrenamiento de este al momento de recibir la silla de ruedas, pasando por la producción y el mantenimiento.

Una vez se tenía la conceptualización del producto, se inició con la etapa de diseño de alternativas. Esta actividad del proceso de diseño da como resultado un conjunto de soluciones al problema planteado, con un grado de definición descriptivo. Se utilizó el método de búsqueda experimental de la forma basado en el Análisis Morfológico de Ritchey (Ritchey, 2003). Luego se desarrollaron las modelaciones computarizadas (Fig. 6), usando el software Solid Edge, y se hicieron los análisis estructurales de resistencia, rigidez y estabilidad correspondientes, según el modelo planteado por la línea de investigación en Morfología Experimental del GED (Valencia, 2003). Paralelamente, se definieron las condiciones ergonómicas mínimas para garantizar el confort y la seguridad. Con este proceso se evolucionó la forma desde las ideas iniciales hasta el modelo final.

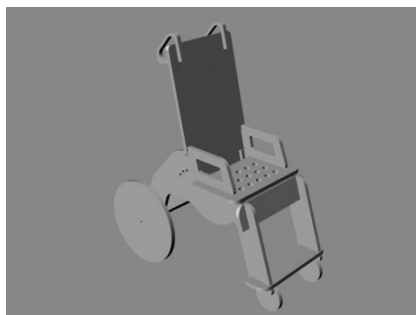


Fig. 4. Modelo 3D prototipo Proaid E 1. Fuente: archivo Grupo de Investigación de Estudios en Diseño -GED- de la Facultad de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.

3.3. Etapa de conformación

Se determinaron los requerimientos finales de diseño, desde los aspectos ergonómicos (biomecánica, anatómicos antropometría, aspectos socio-económicos), los factores objetuales (forma, función, materiales, estructurales, cromáticos, etc.), y luego se procedió a definir con cuál de ellos existía mayor viabilidad formal, funcional y productiva. Como el usuario presenta una deformidad en la columna vertebral por causa de la escoliosis y su postura es asimétrica, la silla debe tener una configuración que compense el espacio que se genera cuando la espalda del usuario entra en contacto con el área de apoyo. Para solucionar este requerimiento, el Laboratorio de Biomecánica de la Escuela de Ingeniería de Antioquia - Universidad CES, se encargó del desarrollo de un asiento conformado (Velásquez et al., 2011).

El asiento conformado es una superficie de apoyo en espuma de poliuretano, con una densidad 26 y 50 mm de espesor, que copia la forma anatómica del usuario permitiendo así un encaje íntimo entre el usuario y su asiento. Estos asientos previenen la formación de úlceras de presión en adultos y ayudan a los niños a mantener una postura correcta ofreciendo al mismo tiempo comodidad y soporte (Fig. 5a, 5b y 5c).



Fig. 5a. Toma de molde de la columna, espalda y pelvis del usuario. Fig. 5b. Fabricación del contramolde de la columna y pelvis del usuario. Fig. 5c. Asiento conformado. Fuente: archivo Grupo de Investigación de Estudios en Diseño -GED- de la Facultad de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Se determinó que la postura más adecuada para el usuario era con respecto a un ángulo de inclinación hacia atrás, elevando la parte delantera del asiento de 5° y una inclinación hacia atrás, de tal forma que se forme un ángulo de 145° entre el espaldar y el asiento. Se debe añadir un cinturón pélvico para evitar el deslizamiento y una postura óptima. Además, se debe añadir un soporte en el costado derecho del abdomen, porque en momentos donde el usuario se siente incómodo o molesto se tensiona de tal manera que pronuncia mucho más la curvatura de la columna asociada a la escoliosis en esa dirección. El usuario no mantiene un control postural de cuello y cabeza, por tal motivo la silla debe presentar apoyacabezas laterales para compensar esta situación.

En cuanto al sistema de rodadura, se definió que las ruedas traseras deben ser más grandes que las ruedas direccionales para permitir una propulsión eficiente. Se propone ruedas estándar de bicicleta de 16" de diámetro por 1.5" de ancho, con rin de aluminio para bajar el peso, neumático para absorción de impactos y manzanas de acero de amarre lateral. Las ruedas direccionales, ubicadas en la parte delantera son comerciales de 5" de diámetro y recubrimiento de poliuretano, óptimas para interiores y suelo duro y liso. Para el sistema de

impulsión se definió que el uso de un manubrio estándar de bicicleta de montaña cumpliría la función, ya que proporcionaba el agarre y la ventaja mecánica suficiente para que el usuario acompañante interactuara con la silla. Para ello fue necesario el diseño de una pieza especial que permitió unir la estructura de madera con la espiga y el manubrio. El sistema de frenos seleccionado es estándar de zapata con accionamiento hacia adelante y se une a la estructura por medio de sistemas de sujeción mecánica.

La estructura central de la silla conserva el sistema de ensamble por ranuras que utiliza el modelo Proaid M, que fue eficiente, seguro y se compone de piezas laminares de madera contrachapada de 18mm de espesor (Fig. 6). Sin embargo, los perímetros de las piezas fueron ajustados para adaptar las variables ergonómicas de los usuarios de la silla.



Fig. 6. Ensamble tipo ranura. Fuente: archivo Grupo de Investigación de Estudios en Diseño -GED- de la Facultad de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Para la modelación física de lo formal y lo funcional, se construyeron varios prototipos con láminas de madera contrachapada de 18mm de espesor (Fig. 7a). Cada prototipo se sometió a pruebas secuenciales sistemáticas de tipo físico, mecánico y de producción (Fig. 7b). Las pruebas arrojaban información para la formalización que se iba retroalimentando en el proceso. Todos los prototipos fueron fabricados con la tecnología que se espera que emplee un usuario en su autofabricación. Las pruebas estructurales de cada uno de los prototipos se llevaron a cabo siguiendo los protocolos de ensayo que propone la norma ISO 7176-1 (2014), a través del modelo propuesto por Whirlwind International, el cual se ajusta a los lineamientos de la norma ISO pero se ejecuta con ayuda de materiales y herramientas sencillas (ver Fig. 8). Estas pruebas consisten en el desarrollo de una serie de ensayos mecánicos en los cuales la silla debe ser sometida a condiciones particulares de carga estática y dinámica.



a



b

Fig. 7a. Piezas de láminas de madera contrachapada para un prototipo. Fig. 7b. Prototipo listo para las pruebas. Fuente: archivo Grupo de Investigación de Estudios en Diseño -GED- de la Facultad de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.



Fig. 8. Prueba de resistencia lateral estática en la estructura. Fuente: archivo Grupo de Investigación de Estudios en Diseño -GED- de la Facultad de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Las pruebas de usabilidad se hicieron desde la propuesta de valoración de productos de la Línea de Investigación en Ergonomía del GED (Sáenz, 2008). Se hicieron pruebas de ajuste antropométrico y anatómico. Se evaluó el nivel de confort desde lo perceptivo con los profesionales de apoyo (fisioterapeutas, bioingenieros, fisiatras) y los cuidadores del usuario. Con los cuidadores se identificaron varios aspectos del producto que deberían ser mejorados y a partir de sugerencias directas de ellos se ejecutaron las modificaciones respectivas, buscando un mayor ajuste a las necesidades particulares de las PSD, siguiendo los lineamientos del diseño centrado en el usuario y del diseño participativo.

Uno de los aspectos más relevantes, relacionados con el ajuste del producto final a las condiciones del entorno encontradas en la fase de información, fue el hecho de que el sistema planteado para el transporte de la silla, cuando esta no puede rodar, fue validado con éxito. El modelo final cuenta con cuatro elementos ubicados en los laterales de la silla que facilitan el alzado y posterior desplazamiento del sistema en espacios como escaleras (Ver Fig. 9a, 9b y 9c).



Fig. 9a. Inicio del proceso de levantamiento del sistema. Fig. 9b. Zonas de agarre lateral del sistema. Fig. 9c. Sistema levantado. Fuente: archivo Grupo de Investigación de Estudios en Diseño -GED- de la Facultad de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.

En el proceso de diseño de detalle y producción final se desarrolló un prototipo que se entregó a la familia del usuario (Fig. 10a y 10b). Dentro del desarrollo del proyecto se identificó que la silla de ruedas podría ser fabricada de manera masiva con ayuda de maquinaria de control numérico. Esto último permitiría disminuir los costos de producción, si lo que se busca es masificar

el proyecto. Durante la validación del producto por parte de los usuarios pudo verificarse el mejoramiento en el bienestar de toda la familia. Desde el primer día de uso, el niño demostró agrado, que con el tiempo se mantuvo. La madre afirmó la facilidad en el manejo y el ajuste del producto a facilitar muchas de las tareas diarias de movilidad del niño. En cuanto al costo final del producto, se estimó que no sobrepasó los \$400000 colombianos, lo que representa aproximadamente entre U\$130 y U\$140.



a



b

Fig. 10a. Usuario en el prototipo final. Fig. 10b. Acompañante impulsando la silla neurológica Proaid E. Fuente: archivo Grupo de Investigación de Estudios en Diseño -GED- de la Facultad de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.

4. Conclusiones

La conclusión más relevante de este proyecto es que, a través de un proceso de diseño concurrente y centrado en el usuario, es posible atender las necesidades particulares de las personas en situación de discapacidad con soluciones objetuales, que no solo se adaptan desde lo técnico y lo médico, sino también desde lo estético y económico a las realidades de esta población. Desde esta perspectiva, el diseño de productos de apoyo como la silla de ruedas neurológica Proaid E es un reto apasionante, lleno de incertidumbres y de dificultades técnicas, financieras y empresariales, pero en el que la voz del diseñador se ha de hacer sentir con fuerza para beneficio de las personas en situación de discapacidad.

Como trabajo futuro se espera optimizar el modelo pensando en que pudiera, bajo ciertas condiciones, ser estandarizado para un número plural de usuarios. Además, se está trabajando en la posibilidad de conectar el sistema a una bicicleta, con el fin de que el desplazamiento urbano del paciente pudiera facilitarse, en principio, para fines recreativos y, en el futuro, para fines de transporte funcional.

Referencias

- Echeverri, M. (2010). De tal palo tal silla: la madera laminada como potencial para el diseño de sillas de ruedas. *Universitas Científica*, 13(1), 16-19.
- Gómez, J.; González de B C. (2010). *Discapacidad en Colombia: reto para la inclusión en capital humano*. Fundación Saldarriaga Concha.
- Greenwood, R. J.; McMillan, T. M.; Barnes, M. P. & Ward, C. D. (Eds.) (2005). *Handbook of neurological rehabilitation*. Psychology Press.
- ISO 7176-1. Wheelchairs. Part 1: determination of static stability. 2014
- Ministerio del Trabajo (2011). *Resolución 00005721. Por la cual se asignan ayudas técnicas de movilidad personal en modalidad de subsidio económico indirecto al Centro Integral de Rehabilitación de Colombia CIREC a través de la subcuenta de subsistencia del Fondo de Solidaridad Personal*. Colombia.
- Rincón, D. (2013). *Las personas con discapacidad requieren poder hacer uso de sus ayudas técnicas y servicios de asistencia sin ninguna restricción*. Pandi, Agencia de Comunicación. Recuperado de <http://www.agenciapandi.org/las-personas-con-discapacidad-requieren-poder-hacer-uso-de-sus-ayudas-tecnicas-y-servicios-de-asistencia-sin-ninguna-restriccion/>
- Ritchey, T. (2003). *General Morphological Analysis. A general method for non-Quantified modelling*. Recuperado de <http://www.swemorph.com/pdf/gma.pdf>
- Sáenz, L. (2008). En el proceso de diseño: alternativa metodológica para la concepción de productos. *Iconofacto*, 170-182.
- Sevilla, G. (2011). *La naturaleza relacional entre la discapacidad y el diseño: modelo sistémico de análisis persona en situación de discapacidad - entorno construido*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/4272/1/GustavoAdolfoSevillaCada-vid.2011.pdf>
- Sommerfreund, J. y Masse, M. (1995). Combining tilt and recline. *TeamRehab Report*, 18-19.
- UNE-EN ISO 9999. (2012). Productos de apoyo para personas con discapacidad. Clasificación y terminología. Recuperado de [http://www.aenor.es/DOCUMENTOS/NORMALIZACION/NORMAS NACIONALES/EXTRACTOS/\(EX\)UNE-EN_ISO_9999=2012_V2.pdf](http://www.aenor.es/DOCUMENTOS/NORMALIZACION/NORMAS NACIONALES/EXTRACTOS/(EX)UNE-EN_ISO_9999=2012_V2.pdf)
- Valencia-Escobar, A.; Sanín-Santamaría, J.; Sevilla-Cadavid, G. (2007). Proaid: una silla al alcance de todos. *Universitas Científica*, 61-65.
- Valencia-Escobar, A. (2007). *La estructura: un elemento técnico para el diseño*. UPB.

- Velázquez, J.; Campos, D.; Giraldo, M. y Velásquez, A. (Agosto, 2011). Diseño y construcción de asientos conformados estándar para niños con deficiencias motoras. En: Vélez López N. Jornadas de investigación EIA. Medellín Colombia. Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- Whirlwind-International (2011). Simplified Strength Testing Of Manual Wheelchairs. Recuperado de <http://www.whirlwindwheelchair.org/blog/simplified-strength-testing-of-manual-wheelchairs.html>