

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA MECÁNICO DE APOYO EN EL
USO DEL INODORO ENFOCADO ESPECIALMENTE PARA PERSONAS
DE LA TERCERA EDAD**

**NICOLÁS FELIPE CABRERA LOSADA
JAVIER ALEJANDRO GIL ARBELÁEZ**

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2011**

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA MECÁNICO DE APOYO EN EL
USO DEL INODORO ENFOCADO ESPECIALMENTE PARA PERSONAS
DE LA TERCERA EDAD**

**NICOLÁS FELIPE CABRERA LOSADA
JAVIER ALEJANDRO GIL ARBELÁEZ**

**Proyecto de grado presentado para optar al título de
Ingeniero de Diseño de Producto**

**Asesora: Daniela Gómez Montoya
Ingeniera de Diseño de Producto**

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2011**

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Medellín, abril de 2011

AGRADECIMIENTOS

Especiales agradecimientos a las personas que colaboraron e hicieron posible el desarrollo de este proyecto:

Ing. Daniela Gómez

Ing. José Fernando Martínez

Ing. Fabio Pineda

Ing. Alejandro Velásquez

Dr. Sergio Velásquez

Dr. René Manzur

Dr. Diego Velásquez

Dr. Juan José Acosta

Universidad EAFIT, Departamento de Ingeniería de Diseño

Hogar Geriátrico Plenitud Otoñal

Hogar Casita San José

Euro casa

Familia y amigos

CONTENIDO

	Pág.
1. ANTECEDENTES.....	16
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	17
1.2 OBJETIVOS.....	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.2 Objetivos Específicos.....	18
1.3 METODOLOGÍA.....	19
1.4 RECURSOS REQUERIDOS.....	20
1.4.1 Recursos Financieros.....	20
1.4.2 Otros recursos.....	21
1.5 ALCANCES Y PRODUCTO.....	22
1.5.1 Prototipo funcional.....	22
1.5.2 Producción.....	22
1.5.3 Evaluación de prototipo.....	22
1.5.4 Datos importantes.....	22
1.6 CRONOGRAMA.....	23
2. FASE I. INVESTIGACIÓN.....	24
2.1 ESTADO DEL ARTE.....	24
2.1.1 Productos existentes en el mercado seleccionado.....	24
2.1.2 Productos sustitutos implementados en hogares geriátricos.....	25
2.1.3 Análisis, oportunidad.....	28
2.2 ANÁLISIS DEL MERCADO.....	29
2.2.1 Identificación del problema.....	29
2.2.2 Datos estadísticos.....	30
2.2.3 Reglamentación para hogares geriátricos.....	31
2.2.4 Información de especialistas y médicos.....	32
2.3 USUARIO.....	35
2.3.1 Usuario general.....	35

2.3.2	Actividades del usuario en el contexto	35
2.3.3	Mapa mental	36
2.3.4	Análisis del problema (cualitativamente).....	37
2.3.5	Análisis de ergonomía	39
2.3.6	Secuencias de actividades cotidianas en Hogar Geriátrico	41
2.4	INVESTIGACIÓN DE CAMPO	42
2.5	CONCLUSIONES.....	42
3.	FASE II. CONCEPTO	44
3.1	ESPECIFICACIONES (PDS)	45
3.2	CAJA NEGRA.....	46
3.3	ESTRUCTURA FUNCIONAL.....	47
3.4	MATRIZ MORFOLÓGICA.....	48
3.4.1	Matriz Morfológica- Posibles combinaciones	49
*	para ver las matrices morfológicas completas ir a <i>anexo no.8</i>	50
3.5	RUTAS	50
3.6	LLUVIA DE IDEAS.....	50
3.7	GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	51
3.8	MATRIZ EVALUATIVA	51
3.8.1	Evaluación de propuestas.....	51
3.8.2	Criterios de evaluación	52
3.8.3	Matriz evaluativa de las propuestas.....	56
3.8.4	Comparación con la propuesta ideal (PI).....	57
3.9	CONCEPTO FINAL.....	58
3.10	CONCLUSIONES.....	59
4.	FASE III. DISEÑO DE DETALLE	61
4.1	SÍNTESIS DE COMPONENTES	61
4.2	SISTEMAS DE ENSAMBLE	62
4.3	ANÁLISIS ERGONÓMICO	63
4.3.1	Antropometría	64

4.3.2 Biomecánica	67
4.4 CÁLCULOS DE INGENIERÍA.....	69
4.4.1 Cálculo esfuerzo cortante	71
4.4.2. Selección del actuador.....	72
4.5 DESARROLLO FORMAL	72
4.5.1 Boards	72
4.5.2 Desarrollo formal.....	77
4.6 ANÁLISIS DE MATERIALES Y PROCESOS.....	79
4.7 MODELACIÓN Y ENSAMBLE	81
4.7.1 Funcionamiento del sistema	82
4.8 PLANOS	83
5. FASE IV. FABRICACIÓN MODELO.	84
6. FASE V. PRUEBAS DE PRODUCTO Y USUARIO	86
7. FASE VI. CORRECCIONES Y MEJORAS	89
8. CONCLUSIONES FINALES.....	92
BIBLIOGRAFÍA	93

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Porcentaje en criterios de evaluación	53
Tabla 2. Valores VDI.....	54
Tabla 3. Evaluación de criterios	55
Tabla 4. Matriz evaluativa	56
Tabla 5. Comparación propuesta ideal Vs. Propuesta 3.....	57
Tabla 6. Medidas antropométricas colombianas.....	66
Tabla 7. Lista de materiales	80

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Zonas de dolor	15
Figura 2: Metodología	20
Figura 3. Productos sustitutos.....	24
Figura 4: Productos sustitutos plenitud otoñal	25
Figura 5: Sistemas de Apoyo en Hogar Hábitat, Salud y Vida	27
Figura 6. Productos existentes.....	28
Figura 7. Pirámide poblacional.....	31
Figura 8. Normativa, inodoro sobre base en concreto de 15 cms. de ancho.	32
Figura 9. El usuario.....	35
Figura 10. Mapa mental	37
Figura 11. Análisis del problema.....	37
Figura 12. Análisis ergonómico.....	39
Figura 13. Secuencia en el hogar geriátrico.....	41
Figura 14. Caja negra	47
Figura 15. Estructura Funcional	47
Figura 16. Fragmento matriz morfológica	48
Figura 17. Fragmento matriz morfológica con rutas.....	49
Figura 18. Lluvia de ideas.....	50
Figura 19. Alternativas	51
Figura 20. Concepto final.....	58
Figura 21. Imágenes biomecánica	67
Figura 22. Ángulos.....	68
Figura 23. Análisis Elementos Finitos.....	70
Figura 24. Diagrama para un sistema de barras.....	71
Figura 25. Board estilo de vida	73
Figura 26. Board emoción.....	74
Figura 27. Board contexto.....	75
Figura 28. Board usabilidad	76

Figura 29. Board referente formal	77
Figura 30. Desarrollo apoya brazos	78
Figura 31. Desarrollo espaldar	78
Figura 32. Desarrollo mango.....	78
Figura 33. Desarrollo pulsadores	79
Figura 34. Modelación final	82
Figura 35. Planos	83
Figura 36. Fabricación modelo.....	84
Figura 37. Pruebas producto y usuario	87

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Metodologías
- Anexo 2. Cronograma
- Anexo 3. Enfermedades
- Anexo 4. Datos DANE
- Anexo 5. Entrevista médicos especialistas
- Anexo 6. Visita de campo
- Anexo 7. PDS
- Anexo 8. Concepto
- Anexo 9. Propuestas
- Anexo 10. Calculos de ingeniería
- Anexo 11. Colores
- Anexo 12. Modelación 3D
- Anexo 13. Video prototipo 3D
- Anexo 14. Planos
- Anexo 15. Fabricación de modelo
- Anexo 16. Plan de pruebas

GLOSARIO

ANTROPOMETRÍA: es la sub rama de la antropología biológica o física que estudia las medidas del hombre.

ARTEOSCLEROSIS: Envejecimiento de las arterias

ARTICULACIONES: Es la unión entre dos o más huesos próximos.

ARTRITIS: Inflamación de las articulaciones.

ARTROSIS: Degeneración de las articulaciones.

BIOMECÁNICA: Se define como el estudio de la acción que ejerce la física y en especial la mecánica sobre el cuerpo humano. La principal aplicación ergonómica de esta disciplina es la de examinar las fuerzas que se producen en los distintos segmentos del cuerpo y en los puntos de unión, así como también el vínculo del hombre con su medio ambiente.

CAD: (Computer assisted design) diseño asistido por computador.

ERGONOMÍA: Disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre humanos y otros elementos de un sistema, así como la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar a fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento global del sistema.

FACTOR DE SEGURIDAD: El factor de seguridad es un valor usado en los cálculos para garantizar el rendimiento del elemento requerido. El resultado del cálculo es multiplicado por este valor para asegurar que está siendo considerado en un nivel de riesgo mayor.

FEA: (Finite elements analysis) análisis de elementos finitos. A partir de los elementos finitos se puede analizar la resistencia de un material cuando se le ejercen diferentes fuerzas.

GALGA EXTENSOMÉTRICA: es un sensor basado en el efecto piezorresistivo. Un esfuerzo que deforma a la galga producirá una variación en su resistencia eléctrica. Inventado por los ingenieros Edward E. Simmons y Arthur C. Ruge en 1938

LUMBALGIA: Dolor en espalda baja, zona lumbar causado por trastornos en las vértebras lumbares.

OSTEOARTROSIS: Enfermedad sistémica inflamatoria crónica, generada por la inflamación del líquido articular.

PDS: Especificaciones de diseño de producto (product design specifications).

El nacimiento de una idea

Mediante conversaciones sostenidas con personas allegadas, familiares y amigos, que manifestaban sufrir de frecuentes dolencias articulares al desarrollar sus diferentes actividades cotidianas, se encontró una evidente necesidad de ahondar el tema desde el punto de vista académico, dando origen al presente Proyecto.

Como resultado de un análisis inicial de estas manifestaciones, se observó que estas personas coincidían en sufrir de dolores incapacitantes que restringían sus hábitos diarios, llegando a afectar su calidad de vida en aspectos tan elementales como la ida al baño.

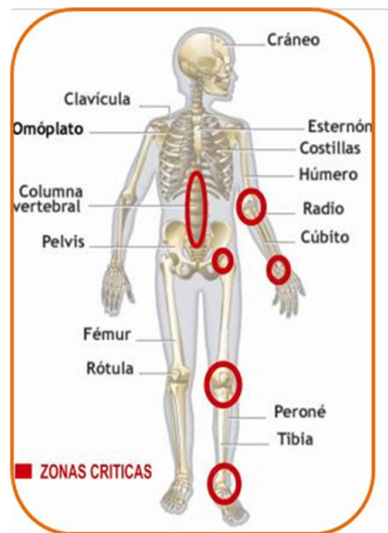
Otro de los aspectos concluidos de este proceso de observación, es que estas personas oscilan entre los 60 y 80 años de edad.

Posteriormente, se quiso profundizar en las principales dolencias relacionadas con las partes del cuerpo señaladas por los individuos objetos de estudio, qué las generaba, el por qué eran incapacitantes y en qué rango de edad eran más frecuentes.

Para tales fines, acudimos a fuentes de información directas como hogares geriátricos, Médicos Especialistas en Gerontología, Ortopedia, Fisiología y Administración, a través de las cuales, se constató la ausencia de productos en el mercado que satisficieren las necesidades presentadas por este sector de la población.

Así mismo, se pudo identificar que las zonas críticas y las áreas de dolor de los pacientes, son las articulaciones de la mano por su desgaste natural, y las articulaciones de las extremidades inferiores, por ser las que más esfuerzo soporta el cuerpo, siendo las siguientes: tobillos, rodillas, zona pélvica y lumbar, las que se muestran en la imagen a continuación:

Figura 1. Zonas de dolor



Fuente: (Encarta@25 de agosto de 2010)

1. ANTECEDENTES

“En promedio el 80 % de los accidentes que ocurren dentro de un Hogar Geriátrico son en el baño, ya sea a la hora de bañarlos o hacer sus necesidades biológicas”¹. Así lo señaló la Jefe de enfermeras del Hogar Geriátrico Plenitud Otoñal, en uno de los testimonios recopilados durante la fase de investigación.

Partiendo de la anterior afirmación, se evidenció la importancia de investigar qué productos se comercializaban en el mercado local, que dieran solución a las limitaciones presentadas en el momento de ir al baño, y de forma específica, al sentarse y pararse del inodoro; siendo este último proceso el eje temático a desarrollar en este Proyecto.

Dada la insuficiencia, ineficiencia y onerosidad de los productos existentes en el mercado para el adulto mayor, tales como grúas, sillas de ruedas, muletas, vasinillas, cojín coxis, orinales o patos, se pensó en diseñar un mecanismo que desde lo social, económico y ambiental cumpliera con los requisitos y estándares de calidad que exige este tipo de población, dada su vulnerabilidad.

Profundizando en las condiciones propias del baño, pudo observarse que los riesgos son derivados por la humedad, superficies deslizantes, espacios reducidos, poca luminosidad, entre otros factores que propician caídas, contusiones y demás accidentes, afectando la integridad física y mental del adulto mayor.

En esta misma línea de análisis, se encontró la necesidad de diseñar un producto que tuviera en cuenta la fragilidad de la estructura ósea y epidérmica del adulto

¹ Señora Stella Gómez., Jefe de Enfermeras Plenitud Otoñal.

mayor, de manera que los riesgos se minimicen, partiendo del principio de la ética médica "PRIMUM NON NOCERE"², "Primero no hacer daño".

Los recursos socioeconómicos y de atención básica en el sector salud, han generado una mayor expectativa de vida en la población Colombiana; lo que a su vez deriva una mayor demanda en los productos especializados en el adulto mayor; aspecto que será profundizado en la Fase 1: Investigación, capítulo 2.2 Análisis del mercado.

Durante el proceso de investigación de mercados, se encontró otro posible nicho de interés por parte de usuarios con discapacidad motriz, ampliando la cobertura y el alcance del servicio prestado por el producto, sin que éste se restrinja al adulto mayor.

1.1 Justificación

El proyecto no sólo está pensado y diseñado para el adulto mayor, sino para quienes lo acompañan y asisten, como familiares, enfermeras, auxiliares médicas y demás personas dedicadas al cuidado de este tipo de pacientes; quienes en muchas ocasiones presentan sintomatologías asociadas a malas posturas, esfuerzos indebidos, estrés y demás riesgos que generan lesiones tan graves, como una discapacidad temporal o estado de invalidez que les impida continuar desempeñándose en dicha labor y que genere altos costos para el SISS³.

En este orden de ideas, "El diseño y desarrollo del sistema mecánico de apoyo en el uso del inodoro enfocado especialmente a personas de la tercera edad"

² De cos, Hipócrates, médico de la antigua Grecia.

³ Sistema Integral de Seguridad Social.

propuesto en esta tesis, propende garantizar que en este escenario sean suplidas las necesidades manifestadas por el paciente.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema funcional que permita al usuario realizar las necesidades fisiológicas en el momento de ir al baño, por medio de metodologías de diseño y desarrollo de productos para minimizar el esfuerzo y los problemas existentes en las articulaciones, tanto inferiores como superiores.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar trabajo investigativo, por medio de trabajos de campo, para conocer mejor el usuario, sus necesidades y un segmento específico al cual va dirigido el producto.
- Desarrollar a partir del trabajo de campo, un concepto de solución viable por medio de herramientas como el diseño conceptual, algunos pasos de la metodología PAHL & BEITZ (Engineering Design) y de Baxter para elaborar un prototipo que concuerden con el desarrollo lógico del proyecto.
- Generar alternativas de diseño utilizando herramientas de dibujo y expresión gráfica donde se evidencien soluciones en aspectos vitales del proyecto como ergonomía, funcionalidad, ingeniería, ensamble y mantenimiento para desarrollar un producto, que cumpla con las necesidades del mercado y de los usuarios en Colombia.
- Evaluar y seleccionar el concepto que cumpla los requerimientos de las especificaciones de diseño de producto (PDS), por medio de una matriz

objetiva de evaluación, para garantizar la solución apropiada, y de esta manera, obtener la alternativa definitiva.

- Generar diseño de detalle y condiciones de ingeniería, teniendo en cuenta características como: materiales con propiedades mecánicas aceptables, procesos de manufactura, tolerancias, dimensiones y cálculos determinando las diferentes condiciones de ingeniería, para definir el producto final en detalle.
- Modelar y desarrollar los planos del sistema, por medio de programas CAD que evidencien la interacción de las piezas, el mecanismo de funcionamiento y la forma de fabricación del Proyecto.
- Materializar un modelo funcional en escala 1:1, que permita realizar pruebas al producto y del usuario dentro del sistema, utilizando los talleres de la universidad y de esta manera validar el diseño desarrollado.

1.3 METODOLOGÍA

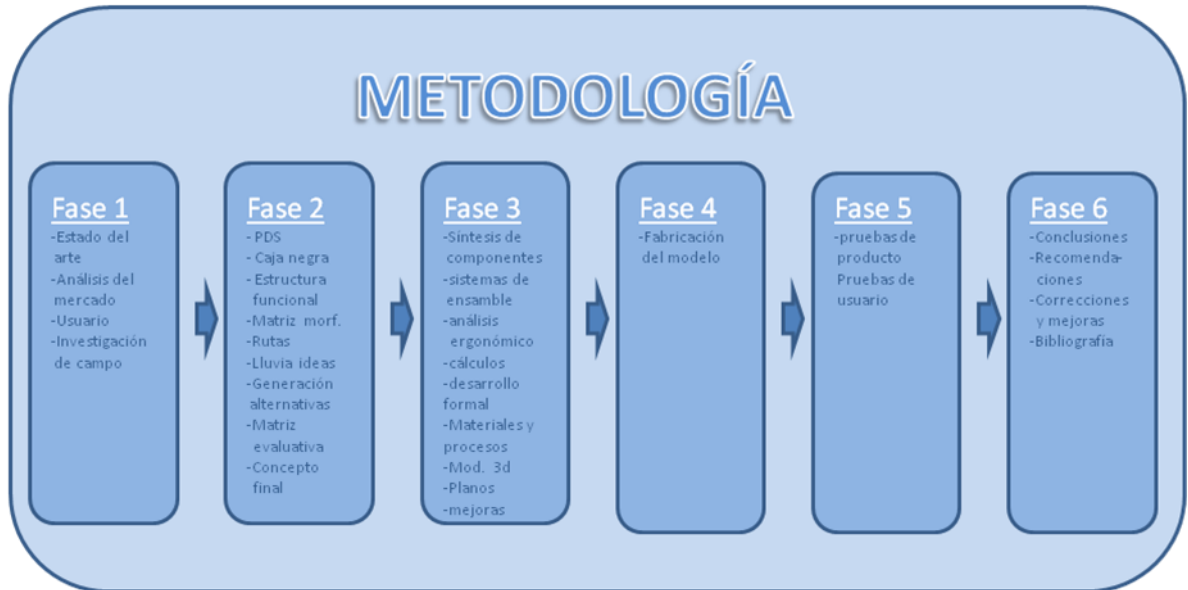
Para el desarrollo del proyecto se utilizaron diferentes metodologías aprendidas durante el pregrado Ingeniería de Diseño de Productos, en las asignaturas Proyectos del 1 al 8, Modelos, Prototipos, Diseño Conceptual, Sistemas de Ingeniería y algunos pasos de las metodologías de PAHL & BEITZ y BAXTER aplicables a este proyecto, las cuales buscan diseñar un producto funcional, ergonómico y acorde a las necesidades del mercado.

Para llevar a cabo el Proyecto, fue necesario implementar fases que guiaran el procedimiento a seguir, es decir, que estuviera estructurado de una manera consecuente y lógica, de tal forma que cada fase dependía de su antecesora para llegar al resultado final.

*Para ver la descripción detallada de cada fase dirigirse al *anexo No. 1*

A continuación se muestra la figura de la metodología incluyendo sus fases.

Figura 2. Metodología



Fuente: Elaboración propia

1.4 RECURSOS REQUERIDOS

1.4.1 Recursos Financieros

Los recursos financieros utilizados para el desarrollo del prototipo son aproximadamente de \$500.000, es decir, cada estudiante dispuso de \$250.000 pesos para la fabricación del modelo. Estos recursos fueron destinados en asesorías, compra de la perfilería rectangular y circular utilizada en el sistema, sistemas de ingeniería, como tornillos, tuercas, compra de insumos para la fabricación de piezas, y mano de obra de terceros.

1.4.2 Otros recursos

Se acudió a la asesoría de profesionales en la salud como, médicos especialistas, enfermeras con experiencia en el cuidado de personas de la tercera edad, docentes especializados en desarrollos mecánicos y electromecánicos y profesionales en ergonomía.

Además, se utilizaron los talleres y la biblioteca de la Universidad EAFIT para elaborar el prototipo y consecución de fuentes verídicas y fidedignas durante el proyecto.

Se contó con la información suministrada por el DANE, relacionada con mediciones poblacionales, datos estadísticos y demográficos.

Las visitas de campo realizadas a hogares Geriátricos como Plenitud Otoñal, la Casita de San José, Hábitat Salud y Vida, para realizar encuestas y realizar un ejercicio de observación del contexto en el que se desenvuelve el usuario.

Visitas a empresas del sector geriátrico, comercializadoras de dispositivos electrónicos y de distribución de insumos para el sector hospitalario.

Y finalmente recursos visuales como fotografías y videos para un mejor entendimiento de las necesidades del usuario y especificaciones de tamaño para el lugar.

1.5 ALCANCES Y PRODUCTO

1.5.1 Prototipo funcional

El Proyecto se llevará a cabo hasta la Fase 6, que supone la construcción total del prototipo funcional, esto implica, que el sistema está en condiciones de prestar el servicio esperado. Teniendo como fecha estimada para su presentación el día 24 de Mayo de 2011.

1.5.2 Producción

El diseño del sistema mecánico se desarrolló en su totalidad en el software Pro Engineer, así como los planos de las piezas y el producto ensamblado. Para el análisis de Elementos Finitos (FEA) se utilizó el programa ANSYS 10.0 versión estudiantil, complementándolos con cálculos manuales, con los cuales se obtuvieron datos de resistencia del material debido a los esfuerzos generados por presiones a flexión y a compresión sobre las secciones rectangulares; además del comportamiento de los pasadores, y estabilidad del aparato y sus partes.

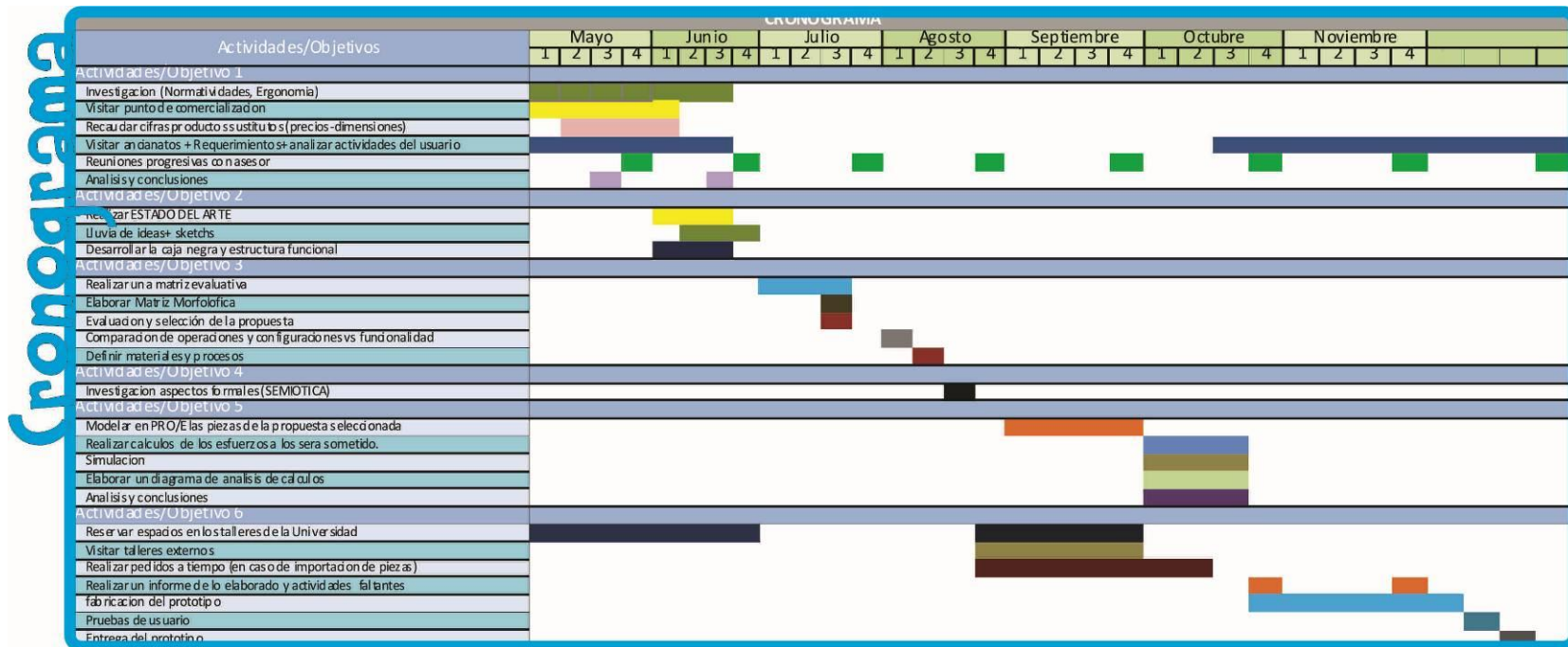
1.5.3 Evaluación de prototipo

Al prototipo funcional se le realizaron pruebas con usuarios para evaluar su comportamiento y aceptación. La información del proceso fue recopilada para futura retroalimentación.

1.5.4 Datos importantes

Toda la información obtenida durante el desarrollo del proyecto fue recopilada y analizada para futuras mejoras del prototipo final. Imágenes y registros visuales obtenidos de las pruebas realizadas al prototipo funcional estarán a disposición para la consulta de carácter académica.

1.6 CRONOGRAMA



*Para ver el cronograma y la lista de actividades completa dirijase al anexo No.2



2. FASE I. INVESTIGACIÓN

Durante el desarrollo de este Capítulo se realizó una investigación general con respecto al tema de interés. Se analizaron los productos existentes en el mercado, las cifras, datos y el usuario específico, entre otros, para conocer a fondo el contexto y el público objetivo al cual va dirigido el proyecto.

2.1 ESTADO DEL ARTE

2.1.1 Productos existentes en el mercado seleccionado

A continuación se muestra un cuadro de posibles productos complementarios o sustitutos que en la actualidad son los comúnmente encontrados en las tiendas médicas a nivel nacional.

Los precios oscilan desde \$50.000 (cojín coxis) hasta \$4'000.000 (silla de ruedas eléctrica)

Figura 3. Productos sustitutos



Fuente: Elaboración propia

Cojín coxis: Utilizado por pacientes con problemas de coxis y en la zona inferior del cuerpo

Orinales o patos: Producto comúnmente utilizado por personas recién operadas o con dificultades de movilidad que les es muy difícil transportarse a un baño.

Sillas-inodoro: Principalmente utilizadas por personas que no pueden transportarse con facilidad a un baño; se les proporciona una silla especial que puede ser instaurada en algún lugar cercano a la cama.

Grúas: Desarrolladas para transportar personas que no son capaces de moverse por sí solas.

Muletas: Utilizadas por personas con dificultad en miembros inferiores, las muletas reducen el esfuerzo de las piernas.

2.1.2 Productos sustitutos implementados en hogares geriátricos

Figura 4: Productos sustitutos plenitud otoñal



Fuente: Elaboración propia

Plenitud Otoñal utiliza varios productos enfocados al transporte de las personas de edad avanzada. Uno de los productos observados en el baño de las habitaciones es el soporte para el inodoro, cuyo sistema está compuesto por tubos doblados y soldados formando una estructura que le proporciona al paciente un punto de apoyo. Sin embargo, este producto está diseñado para pacientes que necesiten de estabilidad al sentarse en el inodoro.

El personal responsable del cuidado de los pacientes residentes en este hogar geriátrico coinciden en señalar que el producto allí utilizado resulta ineficiente, insalubre y que genera rechazo por quienes deben manipularlo, pues en algunos casos, la orina del paciente se dispersa por los orificios entre el producto y la tasa del baño.

Otro de los productos que se observaron en esta institución es la silla de ruedas con una tapa de inodoro, que se le adapta una especie vasinilla, para proporcionar al usuario un inodoro “portátil” con el cual no es necesario que el paciente se desplace hasta el baño, sino, el inodoro va al paciente. Esto es para usuarios que están postrados en una cama y con imposibilidad de realizar un movimiento autónomo. Al igual que el anterior, posee problemas de rechazo en la manipulación, de salubridad e higiene, puesto que está en contacto con desechos orgánicos.

Figura 5: Sistemas de Apoyo en Hogar Hábitat, Salud y Vida



Fuente: Elaboración propia

En el Hogar Geriátrico Hábitat, Salud y Vida, como se observa en la imagen anterior, hay barras en todo el baño, brindando de manera elemental un sistema de apoyo, sin embargo, esto podría ser contraproducente para la seguridad del adulto mayor, puesto que debido a las condiciones del baño, con superficies resbalosas, el usuario se expone a caídas y golpes con estas mismas barras, que en ocasiones podrían llegar a ser mortales.

No obstante lo anterior, no es el fin de este proyecto atender contra el buen nombre de las instituciones aquí referidas, y el servicio que ellas prestan, pues por el contrario, resaltamos la eficiente atención que brindan a sus pacientes.

Por lo cual concluimos y enfatizamos que las falencias que enfrentan estas entidades, están relacionadas con los productos existentes actualmente en el mercado, los cuales por su diseño no cumplen con las necesidades del usuario, ya que los productos encontrados actualmente en el mercado son muy básicos y no

tienen en cuenta al usuario como tal. Los ancianos con dificultades de movilidad necesitan un producto que les genere seguridad, confianza y tranquilidad así como ayuda para realizar sus actividades personales.

2.1.3 Análisis, oportunidad

Figura 6. Productos existentes

Análisis de productos existentes

Producto	Marcas	Ventajas	Desventajas
		<p>Liviano (por su material) Economico aprox. 50.000 pesos Facil de usar (por su forma cilíndrica)</p>	<p>Incomodidad para el paciente al introducir Antihigiénico Solo sirve para una función (Orinar)</p>
		<p>Facil de usar (los agarres) Gran variedad en el mercado (formas, diseños) Gran variedad en el mercado Su precio es relativamente económico (150.000 pesos colombianos)</p>	<p>Limitaciones en su uso (para una persona cuádruplejica) Limita que solo sea una de las 2 piernas</p>
		<p>Facilidad en su consecución Es la ideal para movilizar pacientes de lugar a otro que lo amerite. (de habitación a otra).</p>	<p>Es costosa, en el mercado a partir de 650.000 pesos Limitación de movilidad, solo lleva al paciente al baño y la enfermera lo tiene que cargar para sentarlo. El peso, es de aproximadamente 10 kilos.</p>
		<p>Brinda mas independencia al paciente</p>	<p>El costo oscila entre 2 y 4'000.000 pesos. La consecución: Importada.</p>
		<p>La función que desempeña, disminuye factores de riesgo laborales. La seguridad que transmite al paciente. Repuestos fáciles de conseguir</p>	<p>Es costosa, en el mercado a partir de 4'000.000 pesos El tiempo de ubicación del paciente. Sus dimensiones exceden las de la puerta del baño. El peso, es de aproximadamente 15 kilos.</p>

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se muestra que la oportunidad de desarrollo se encuentra enfocada a la parte mecánica o electromecánica, ya que la tabla muestra cómo la mayoría de los productos actuales tienen algún tipo de elemento mecánico. Así mismo, de estos productos, se pueden tener en cuenta aspectos importantes como los son el apalancamiento de la grúa y el accionamiento electrónico de la silla de ruedas.

También se pueden tener en cuenta aspectos de soporte evidenciados en las muletas, las cuales podrían modificarse y mejorarse de tal forma que puedan ayudar al usuario a sentarse y pararse apoyando su cuerpo en las axilas.

2.2 ANÁLISIS DEL MERCADO

2.2.1 Identificación del problema

El problema principal detectado en los ancianos con movilidad reducida cuando van al baño es la dificultad para sentarse y pararse junto al inodoro, ya que éstos en su mayoría padecen de enfermedades inmovilizantes como la arterosclerosis, la artritis y la artrosis degenerativa, entre otras (*Observar Anexo No. 3*), las cuales impiden la cómoda movilidad y generan dolor al ubicarse e incomodan en algo tan primario como hacer sus necesidades fisiológicas. Este problema se genera por el mismo desgaste del líquido de la articulación y por la degeneración natural que sufren los miembros. Esto puede desencadenar en desórdenes fisiológicos como **el estreñimiento**, consistente en la constipación del vientre, enfermedad muy común causada entre otras, por la postura que se toma al momento de la deposición.

Estos problemas no sólo afectan a los ancianos sino también a los familiares y/o enfermeras que tienen que lidiar con esta situación, los cuales podrían llegar a padecer de dolencias similares incluso más incapacitantes; es el caso de las

lumbalgias y las cervicardias (*Observar Anexo No. 3*), dolores en la zona lumbar a la altura de la cadera que son consecuencia de fuerzas mal hechas y sobrecargas por movilizar a sus parientes y/o pacientes. (DANE@2010).

2.2.2 Datos estadísticos

Según el último censo elaborado por la Dirección Administrativa Nacional de Estadísticas (DANE) en el 2006, el 0.57% de la población nacional, es decir, de 46 millones de colombianos (cifra estimada para el 2010), 262.200 habitantes entre jóvenes, adultos y personas de la tercera edad, dependen de alguien que los ayude a moverse, vestirse y alimentarse. De las 262.200 personas, el 10% son adultos mayores; es decir, 26.220 aproximadamente.

En la ciudad de Medellín existen más de 315.188 personas entre los 60 y 80 años, las cuales representan el 13.7 % de la población total en el área metropolitana.

En el departamento de Antioquia, hay 634 pacientes inscritos en ancianatos u hogares geriátricos; la población restante vive con familiares o solos. Para ver información detallada (*ver anexo No. 4*).

Según varios especialistas, estadísticamente hablando, el porcentaje de personas en edad avanzada tendrá un crecimiento acelerado en comparación con el porcentaje que se conoce actualmente, debido a factores como la tecnología en el ámbito de la salud, la facilidad a acceder a servicios médicos-hospitalarios y la concientización por parte del anciano al cuidado personal; es decir, a un avance significativo en la calidad de vida de los ciudadanos.

A continuación se muestra la pirámide poblacional actual frente a la proyección para el 2020. “El cambio de esta pirámide corresponde a la expectativa de vida, la cual ha cambiado dramáticamente en los últimos años: En el censo del 1993 la

expectativa de vida estaba alrededor de los 67 y 68 años. En el censo del 2005 la expectativa de vida aumento a los 72 años y medio.”⁴

Figura 7. Pirámide poblacional



Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Reglamentación para hogares geriátricos

La Alcaldía de Medellín, por medio de la Dirección Seccional de Salud expidió el Decreto 3518 (Octubre 9 de 2006); en el cual se establece que los inodoros en los hogares geriátricos o centros especializados en el cuidado del adulto mayor, sean al menos 15 centímetros más altos que los comúnmente encontrados. (DSSA@2010)

⁴ Manzur, René. Médico especialista en geriatría clínica Medellín.

Figura 8. Normativa, inodoro sobre base en concreto de 15 cms. de alto.



Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Información de especialistas y médicos

Al comenzar la fase de investigación, encuestas y entrevistas se comenzó con la búsqueda de ancianos con problemas de movilidad para realizar las encuestas pertinentes, sin embargo contactarlos fue muy difícil ya que en la mayoría de hogares geriátricos la interacción con pacientes no es posible, así mismo encontrar este tipo de usuario es muy complicado. Por esta razón se decidió contactar a expertos en el tema, especialistas que se dedican a tratar a este tipo de personas y quienes saben todo acerca de sus necesidades, dificultades y forma de pensar con respecto a este problema. Aunque se hablo con ancianos, los resultados de la investigación se desarrollaron en base a la valiosa información brindada por los médicos expertos.

A continuación se hará un resumen de las entrevistas con los médicos especialistas Dr. René Manzur, Dr. Diego Velásquez, Dr. Sergio Velásquez⁵ y el Dr. Juan José Acosta.

Para ver las entrevistas completas, ver *anexo No. 5*.

⁵ Velásquez, Sergio. Médico fisioterapeuta. Intermédica

Según el Dr. Manzur⁶, en nuestro país el envejecimiento comienza a partir de los 60 años. Esta población se ve afectada por diferentes enfermedades, sin embargo, la más importante en términos de movilidad es la osteoartrosis, una enfermedad sistémica inflamatoria crónica, lo cual significa que se produce una inflamación del líquido articular. La causa de esta enfermedad se desconoce, sin embargo se sabe que afecta principalmente a mujeres obesas mayores de 50 años (3 mujeres x cada hombre), a medida que aumenta la edad aumenta la probabilidad de padecer la enfermedad. El 50% de la población de 60 años presenta la enfermedad.

La osteoartrosis de rodilla, explica el Dr. Manzur, es la primera causa de discapacidad en la población campesina en Colombia, siendo también el motivo de consulta más frecuente, ocasionado por el desgaste articular (artrosis), el cual genera mucho dolor el cual también se presenta en cadera y columna pues los músculos extensores de estos dos, deben generar mayores esfuerzos para realizar movimientos y cambios de posición.

Los ancianos, a parte de la artrosis, sufren de otras dolencias: comorbilidades, se refiere a otro tipo de problemas como hipotiroidismo, diabetes, enfermedades cardíacas, restricciones pulmonares, aumento de nivel de azúcar, etc. Estas personas son más propensas a accidentarse, pues necesitan más esfuerzos para desarrollar las actividades y mayor cuidado por parte de la persona responsable. Muchos de estos pacientes tienen problemas visuales, neurológicos, problemas que alteran el equilibrio y la coordinación.

Según el Dr. Diego Velásquez⁷, los sanitarios son un problema para las personas en edad avanzada, ya que al sentarse las rodillas quedan por encima de las

⁶ Manzur, René. Médico especialista en geriatría clínica Medellín.

⁷ Velásquez, Diego. Médico ortopedista. Intermédica.

caderas, dificultando la incorporación del paciente, generando dolor e inestabilidad, lo que podría ocasionar un accidente. El ángulo recomendado para sentarse en un inodoro es de 90 grados o menor. Continúa el Dr. Velásquez señalando, que se debe pensar en el diseño del baño para personas de la tercera edad y en las condiciones biomecánicas para la prevención de accidentes, para evitar daños en la cadera y rodilla, mejorar la calidad de vida y comodidad. Se deben tener en cuenta aspectos de seguridad como el tipo de energía a utilizar para prevenir accidentes, así como medidas antropométricas de la población a la que se quiere enfocar.

Afirma el Dr. Juan José Acosta⁸, Médico General, Especialista en Salud Pública, que en la actualidad, la pirámide poblacional se está ensanchando en la parte superior donde está ubicado el adulto mayor (ancianos), lo cual ha cambiado dramáticamente en los últimos años, pasando la edad de 67 años en 1993 a 72 años en el censo del 2005. Lo cual quiere decir que en un futuro cercano, el mercado para esta población se ampliará en buena proporción.

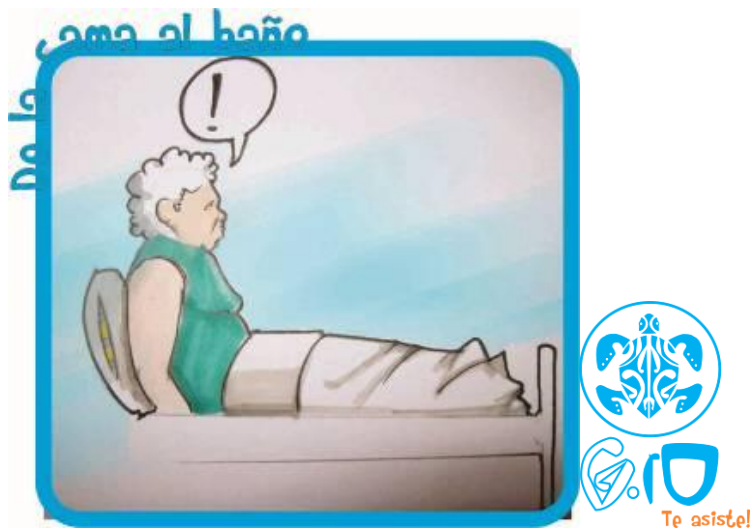
⁸ Acosta, Juan José. Médico general, especialista en salud pública.

2.3 USUARIO

2.3.1 Usuario general

Personas en edad avanzada, desde los 65 años en adelante, que sufren de algún tipo de enfermedad degenerativa que dificulta su movilidad, afectando las actividades cotidianas del paciente. Debido a su incapacidad generada por sus dolencias es propenso a sufrir accidentes.

Figura 9. El usuario



Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Actividades del usuario en el contexto

El total de la información acerca de las actividades del usuario en el contexto fue proporcionada por las enfermeras de los hogares geriátricos visitados. El jefe de enfermeras explicó cómo es el día a día de los ancianos y las actividades que realizan en su vida cotidiana.

Las actividades del usuario son muy reducidas, ellos prefieren realizar el mínimo de movimientos posibles que requieran esfuerzos, entre las actividades más comunes están; ir al comedor, al baño, jugar juegos de mesa como cartas,

dominó y parques, conversar con los familiares y amigos ya sea telefónica o presencialmente, hacer caminatas cortas en las zonas verdes de la vivienda en la que se encuentre.

Si está en un hogar geriátrico, la programación de actividades cuenta por parte de la entidad, entre las cuales destacamos: manualidades, gimnasia, aeróbicos en la piscina climatizada, caminatas en zonas de esparcimiento, capacitaciones en los salones sociales y actividades didácticas.

2.3.3 Mapa mental

El mapa mental es un diagrama utilizado para interpretar ideas, trabajos, tareas u otros aspectos, los cuales están conectados a una idea central o palabra clave. Éstos se utilizan para generar, visualizar, estructurar y clasificar ideas.

En nuestro caso, se utilizó el mapa mental como una ayuda para entender mejor los principales problemas que presentan las personas en edad avanzada con respecto a la movilidad y los demás aspectos relacionados con el tema. Toda la información acerca de las necesidades que presentan los usuarios fue proporcionada por los médicos especialistas y enfermeras de las entidades.

A continuación se muestra el mapa mental.

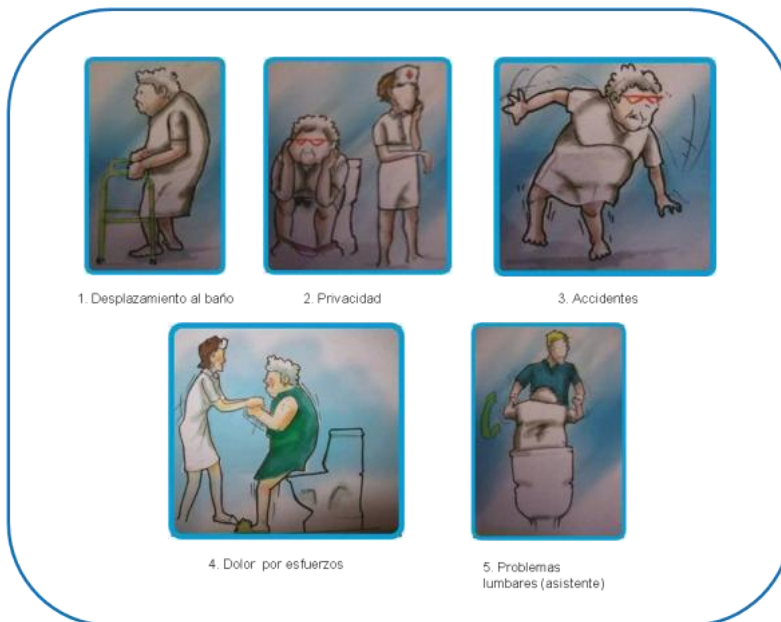
Figura 10. Mapa mental



Fuente: Elaboración propia

2.3.4 Análisis del problema (cualitativamente)

Figura 11. Análisis del problema



Fuente: Elaboración propia

1. Desplazamiento al baño. Por la movilidad reducida, característica en la mayoría de las personas de edad avanzada, y por el espacio reducido del baño, se pueden presentar accidentes por la pérdida de equilibrio o tropezar con cualquier objeto.

2. Privacidad. Generalmente, los usuarios con movilidad reducida y problemas en sus extremidades inferiores pierden privacidad, pues muchos de ellos necesitan estar acompañados en el baño para asegurarse de que no vayan a sufrir de algún accidente y ser asistidos en caso de necesitarlo, especialmente para pararse y sentarse junto al inodoro.

3. Accidentes. El usuario podría llegar a accidentarse al resbalar o apoyarse indebidamente en superficies que no han sido destinadas para esa función, teniendo como ejemplo el lavamanos, que al ser de cerámica, con la humedad se torna una superficie lisa y más insegura.

4. Dolor al realizar esfuerzos. Generalmente, las personas en edad avanzada manifiestan en las consultas médicas, que padecen de dolencias al inclinarse y posteriormente a su posición inicial erguida, después de haber finalizado su necesidad en el baño.

5. Problemas lumbares en las personas que asisten al adulto mayor. Al ayudar a sentar y parar a los usuarios, las auxiliares de enfermería, familiares, acompañantes y demás personas que asisten a estos pacientes, pueden verse afectadas por el exceso de esfuerzo y por movimientos inadecuados para la función ejercida, generando lumbalgias y otras dolencias relacionadas con las malas posturas. Con frecuencia, el peso del usuario supera el de la auxiliar, por lo cual es necesaria la ayuda de otra persona.

2.3.5 Análisis de ergonomía

Figura 12. Análisis ergonómico



Fuente: Elaboración propia

Ergonomía física. Secuencia de uso en la "ida al baño":

1. Transportarse al baño. El usuario debe caminar hasta el baño, esto implica esfuerzo principal en la rodilla.

2. Sentarse en el inodoro. Para sentarse en el inodoro, generalmente, el usuario requerirá apoyarse en algún objeto del baño, ya sea en el toallero o en el lavamanos, para disminuir el esfuerzo generado por las tensiones en las rodillas y cadera.

Aquellos que cuentan con los recursos para adecuar sus baños, poseen barras resistentes que les brindan puntos de apoyo, sin embargo, no todos tienen la posibilidad de adaptar su baño a condiciones adecuadas para su uso. En muchas ocasiones, por desconocimiento, no se realizan estas mejoras, haciendo que el usuario recurra a puntos de apoyo no seguros y que muy probablemente puedan fallar, ocasionando lesiones y daños irreversibles.

3. Hacer sus necesidades. En esta parte del proceso no existe algún tipo de esfuerzo que genere dolor al usuario. Sin embargo, estas personas manifiestan incomodidad, pues al estar presente la enfermera o quien lo auxilia, su privacidad se anula. Así mismo, los profesionales que prestan sus servicios al adulto mayor, por más experiencia y preparación que tengan, manifiestan igualmente incomodidad.

4. Pararse. Para pararse, el usuario consume la mayor cantidad de energía, pues su peso y sus condiciones físicas generan cansancio y agotamiento, y además, el desgaste natural de las articulaciones, agravadas por las enfermedades propias de la edad, producen dolor en el adulto mayor.

Lo anterior se puede traducir en pérdida de equilibrio y graves caídas que lesionan y deterioran la salud y bienestar de estas personas.

5. Retornando. Para volver al lugar donde se encontraba debe recorrer la misma distancia caminando.

2.3.6 Secuencias de actividades cotidianas en Hogar Geriátrico

Figura 13. Secuencia en el hogar geriátrico



Fuente: Elaboración propia

1. **Inseguridad – miedo.** Cuando la persona en edad avanzada debe sentarse o pararse, subir o bajar escalas del hogar Geriátrico, siente dolor e inseguridad, lo cual acarrea un estrés mental, tensionando los músculos de su cuerpo, ocasionando movimientos involuntarios y sin reflejo. Por ende, en algunas situaciones el adulto mayor, evita desplazarse.

Posiciones inadecuadas.

2. **De pie.** Por su desgaste natural, las coyunturas del paciente tienden a cerrarse, por ello se aprecia como fisionomía un encorvamiento en la columna vertebral y en articulaciones inferiores en esta clase de individuos, sin embargo, en cada caso particular, hay curvaturas que exceden los 15°, lo cual ya es una posición que incapacita al paciente.

- 3. Sentado.** Las personas en edad avanzada no deben tener una inclinación menor a 45 grados ya que esto les generara dificultad al pararse.

2.4 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Durante los 4 meses de investigación, las instituciones: Hábitat, Salud y Vida, Plenitud Otoñal y el Ancianato Casita de San José, fueron de vital importancia para el desarrollo del Proyecto, por la participación activa de su personal y por proporcionarnos la información aquí señalada, no obstante, no se pretende criticar el funcionamiento de los Hogares Geriátricos y Ancianatos ubicados en estratos bajos, toda vez que estos funcionan en pro de la comunidad y para prestar un servicio social sin ánimo de lucro, a personas de edad avanzada abandonadas, sin familia y sin ningún tipo de recurso, y que a pesar de no tener los medios económicos suficientes, proporciona la atención básica que requiere el adulto mayor. *para información detallada ver *anexo No. 6*.

2.5 CONCLUSIONES

- Dada su condición especial, los usuarios encuentran difícil el movilizarse de un lugar a otro y se les hace una tarea ardua y peligrosa que amerita de un acompañante al desplazarse al baño.
- Un gran número de personas pertenecientes a esta clase de población no viven en hogares geriátricos o ancianatos, por ende, no cuentan con la atención que estas personas demandan, lo cual afecta su calidad de vida y se empeora su situación.
- En el caso de los adultos mayores que cuentan con los recursos económicos suficientes para acceder a una atención privilegiada, auxiliados por enfermeras y personas especializadas en su cuidado, es importante resaltar que el

esfuerzo o los malos movimientos que ellas realizan pueden causarles problemas severos, generando incapacidades.

- Igualmente, no sólo se pretende disminuir el esfuerzo y dolor de los usuarios, sino también brindarles seguridad y retornarles la autoestima e independencia que fueron perdiendo por su condición.

3. FASE II. CONCEPTO

En esta fase se aplican los conceptos y herramientas de diseño aprendidas durante la Carrera de Ingeniería de Diseño de Productos, especialmente el análisis funcional, el cual entendemos como “una herramienta de diseño que permite analizar de manera sistemática las funciones que ejecuta un producto”.⁹

Facilitando la transición de las necesidades y deseos de clientes/usuarios hacia la generación de alternativas y conceptos de diseño. Esta fase proporcionará ayudas para seleccionar la alternativa final de diseño, de acuerdo con su viabilidad técnica, funcionalidad, cualidades mecánicas, entre otras propiedades que debe cumplir a cabalidad el prototipo funcional.

⁹ BAXTER, Mike. Product design. Boards. June 1999. Editorial chapman & hall.

3.1 ESPECIFICACIONES (PDS)

Para la realización del PDS nos basamos en la información brindada por los expertos, los cuales nos informaron acerca de las necesidades específicas más importantes de los usuarios en varios aspectos. Se debe tener en cuenta que los médicos especialistas son los que mejor conocen las necesidades de los ancianos con problemas de movilidad y las enfermeras son las que conviven con ellos en el día a día.

A continuación se presenta un fragmento de las especificaciones de diseño de producto, Para ver el PDS completo diríjase al *anexo No.7*.

PRODUCT DESIGN SPECIFICATIONS							
Clasificación	Necesidad	Interpretación	Métrica	Valor	Unidad	D/d	Import.
<i>Seguridad</i>	Que no me vaya a lastimar.	El aparato esta pensado para la interacción segura con el usuario.		1 a 5	Satisfacción de usuario.	D	5
	Que no me vaya a caer.	El aparato esta diseñado para proteger al usuario.		1 a 5	Satisfacción de usuario.	D	5
	Que no se vaya a quebrar.	El material utilizado para la elaboración del pdcto es de excelente calidad.	Resistencia al abuso	Mayor a 1500	Newton	D	5
<i>Calidad, confiabilidad, durabilidad o ciclo de vida</i>	Que los repuestos sean accesibles.	Las partes utilizadas son estandarizadas.	Tiempo	Menor a 24 horas	Horas	d	3
	Que tenga buena calidad.	El material utilizado para la elaboración del pdcto es de excelente calidad (se mide en rango de materiales)	Certificado de calidad de partes	Iso	Rango materiales	D	4
	Que me dure mucho.	El producto esta pensado para un largo ciclo de vida.	Tiempo de duración	Mayor a 5	Años	d	4
<i>Usuario</i>	Que sea fácil de usar.	El producto esta pensado para una interacción simple con el usuario, lo que significa que el usuario entenderá su uso fácilmente.	Nivel de entendimiento por parte del usuario	1 a 5	Satisfacción	D	5
	Que tenga poquitos botones.	Los botones y/o sistemas de interacción son pocos y simples.	Numero de botones	1 a 3	Cantidad	d	4
	Que no me confunda con la interacción.	La interacción del producto con el usuario es simple.	ciclos	1 a 2	Cantidad	d	4

D: demanda

d: deseo

3.2 CAJA NEGRA

La caja negra es la representación del funcionamiento de un sistema, el cual está hecho para realizar una tarea definida bajo determinadas condiciones específicas; esta tarea es realizada mediante la descripción de su función principal, en el caso de nuestro producto "asistir", y en la cual se evidencian entradas y salidas, funciones necesarias para realizar la tarea. En este paso, aún no se piensa en elementos específicos, simplemente en el funcionamiento general y los requerimientos del sistema.

A continuación, enunciaremos las acciones básicas que determinamos para suplir la necesidad de "ir al baño" y que debe ser implementado en el dispositivo:

- 1. Ingresar el usuario al sistema de Apoyo cuando está en el baño. (Soportar)
- 2. Accionar el dispositivo.
- 3. El sistema sienta al usuario.
- 4. Accionar nuevamente el dispositivo.
- 5. El sistema pone de pie al usuario.
- 6. Egresar el usuario.

A partir de este punto, se seleccionaron las entradas y salidas del sistema.

Figura 14. Caja negra



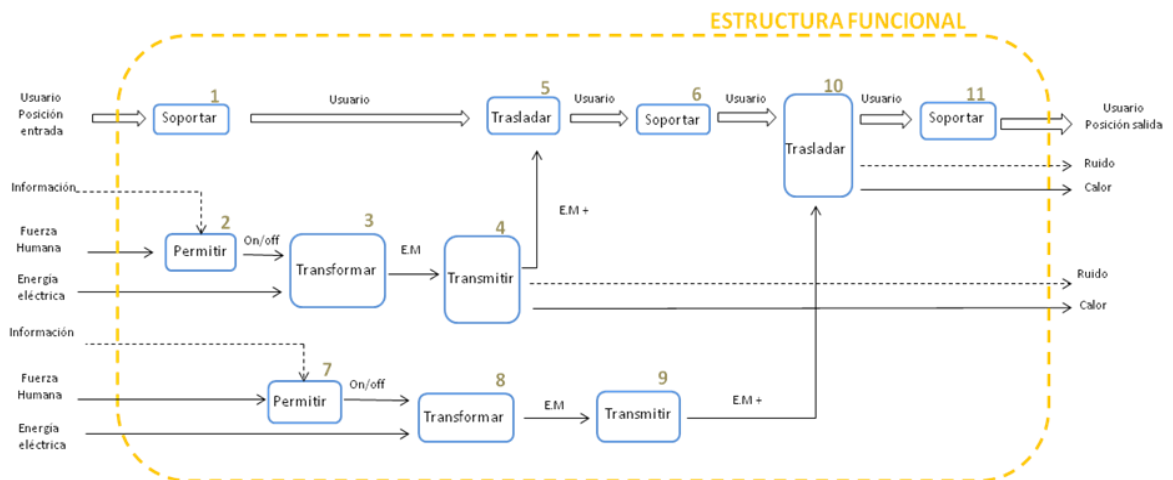
Fuente: Elaboración propia

*para ver en detalle la explicación de cada función diríjase al *anexo No. 8*.

3.3 ESTRUCTURA FUNCIONAL

La Estructura Funcional es la descomposición de la función principal (caja negra) en sub funciones parciales menos complejas para permitir mejor su abordaje y comprensión del sistema, tomando en cuenta aspectos más específicos. En la estructura funcional se involucran acciones (funciones) que determinan el funcionamiento final.

Figura 15. Estructura Funcional



Fuente: Elaboración propia

Los números dentro de la estructura funcional se refieren al orden consecutivo de las funciones. Para ver la explicación completa de la función de cada portador diríjase al *anexo No. 8*.

3.4 MATRIZ MORFOLÓGICA

La Matriz morfológica, viene del latín morfo/ FORMA y lógica. Por lo tanto es la representación lógica de una selección y agrupación de componentes basándose en los verbos utilizados en la estructura funcional. Estos previamente determinados en la FASE DE INVESTIGACIÓN.

Figura 16. Fragmento matriz morfológica

Matriz Morfológica

Función	1	2	3	4	5	6	7
Soportar 1	 Arnes	 Silla	 Red	 Cuercha	 Polea	 Periferia metálica	
Permitir 1	 Switches	 Pulsadores	 Manija	 Palancas	 Joysticks		
Transformar 1	 Motor electromecánico	 Motor corriente alterna	 Motor corriente Directa	 Motor Trifásico	 Motor eléctrico Paso a paso	 Compresor	 bomba hidráulica
Transmitir 1	 Batería Inalámbricas	 Batería Tradicional	 Cableado	 Banda	 Correa dentada	 Piñones	 Cadena
Trasladar 1	 Piston Neumatico	 Sistema de barras	 Amortiguador Diferencial	 Cilindro Hidraulico			
Soportar 2	 Tasa o rosca	 Inodoro	 Periferia Metálica				
Permitir 2	 Switches	 Pulsadores	 Manija	 Palancas	 Joysticks		

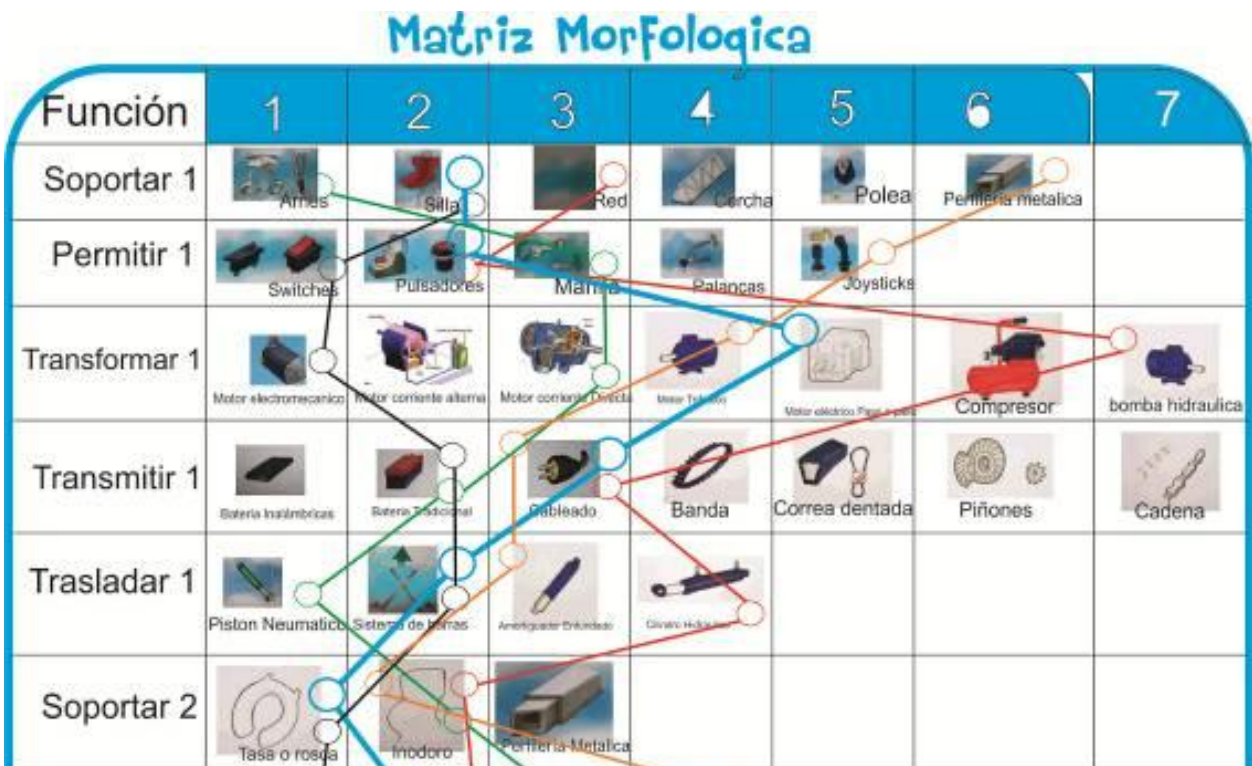
Fuente: Elaboración propia

3.4.1 Matriz Morfológica- Posibles combinaciones

A continuación realizaremos una combinación entre los portadores de función de tal manera de generar la mayor cantidad de soluciones a las que denominaremos **rutas**, estas representarán un resumen de lo que poseerá el sistema internamente y reflejan las características lógicas y físicas posibles para que el sistema se desempeñe y logre satisfacer la necesidad de la manera más practica desde el punto de vista funcional.

Para la realización de las rutas se tuvo en cuenta aspectos tanto económicos como funcionales y ergonómicos. Se buscó utilizar la mayor cantidad de elementos para obtener diferentes soluciones posibles las cuales luego serán analizadas para identificar cuáles son las más eficientes.

Figura 17. Fragmento matriz morfológica con rutas



Fuente: Elaboración propia

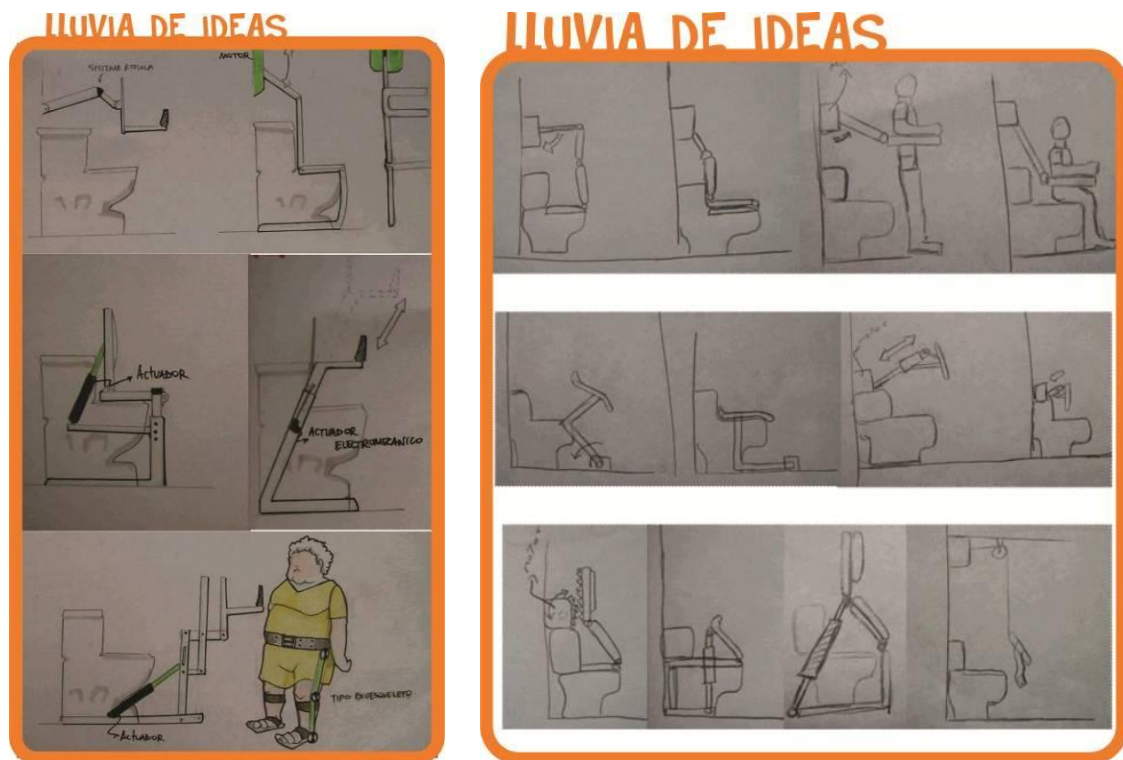
*para ver las matrices morfológicas completas ir a *anexo no.8*

3.5 RUTAS

- RUTA 1 (BATERÍA+ARNÉS+MANIJA+PISTÓN+MANIJA+PISTÓN)
- RUTA 2 (BATERÍA +RED+SENSOR DE PESO+PISTÓN+SENSOR DE PESO+PISTÓN)
- RUTA 3 (CABLE+SILLA+SWITCHES+MOTOR+SWITCHES+MOTOR)
- RUTA 4 (CABLE+SILLA+PULSADORES+MOTOR+PULSADORES+MOTOR)
- RUTA 5 (BATERÍA+VIGAS+JOYSTICKS+MOTOR+JOYSTICKS+MOTOR)

3.6 LLUVIA DE IDEAS

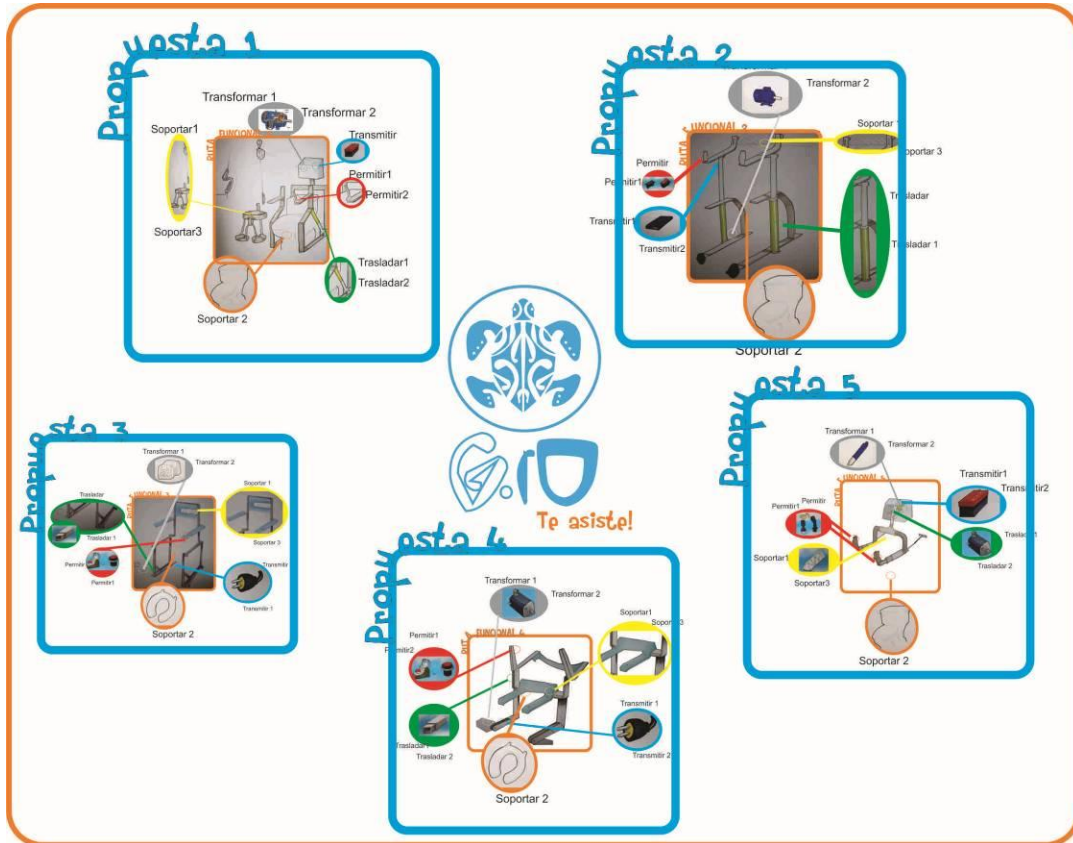
Figura 18. Lluvia de ideas



Fuente: Elaboración propia

3.7 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

Figura 19. Alternativas



Fuente: Elaboración propia

*Para ver las propuestas elaboradas ir al *anexo No.9*.

3.8 MATRIZ EVALUATIVA

3.8.1 Evaluación de propuestas

Con el objetivo de llegar a la solución más eficiente, se debe hacer un proceso de evaluación de las propuestas realizadas en el punto anterior. Para esto se utilizó la Matriz Evaluativa, la cual ha sido desarrollada para valorar los aspectos más importantes que debe cumplir cada diseño y así poder escoger el que cumpla

mejor con los requerimientos. Luego de seleccionar la propuesta final se continuó con un diseño más detallado de ésta.

3.8.2 Criterios de evaluación

Ergonomía. Este es el punto más importante que debe cumplir el sistema, ya que el usuario debe sentirse totalmente a gusto y cómodo cuando lo utilice. El sistema debe ofrecer no solo comodidad sino seguridad antropométrica. Se tuvieron en cuenta aspectos ergonómicos de la fuente bibliográfica "Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana" de Jairo Estrada, en donde se abstrajeron datos correspondientes al percentil 5 y 95 y la biomecánica.

Mantenimiento. Este es un aspecto importante dentro del sistema, ya que el objetivo es que su número de piezas sea bajo para un mantenimiento simple y rápido, que sean de fácil consecución en el mercado local o en su defecto, de reparación, y así asegurarle al producto un alargue en su ciclo de vida, ya que es conocida la frecuencia con la que será utilizado el sistema y su utilidad al adulto mayor.

Costos. Es nuestro interés, como diseñadores de producto, crear un sistema que no sea excluyente y que por el contrario, más que su rentabilidad genere un impacto social positivo y una repercusión en el campo de diseño y, en especial, para el sector geriátrico, el cual está desprotegido y con muchas posibilidades de innovación.

Es bien sabido que el valor de un producto está ligado a los costos de producción, por lo tanto, se procuró que las etapas de producción fueran eficientes, en lo posible integrativas, es decir, que una función no dependiera de la otra, con el fin de que el proceso no fuera lento, que una etapa no obstaculizara el desarrollo de la otra, y evitar tiempos muertos.

Desempeño, eficiencia y efectividad. El sistema debe ser de muy fácil manejo ya que este será utilizado por personas con movilidad y capacidad de respuesta reducidas. Así mismo, debe funcionar de forma muy básica, es decir, que no exceda los 2 ciclos en su manipulación para evitar volver el producto complejo y mantener la simplicidad de la actividad, en su defecto, que el primer ciclo sea descargar al paciente en la tasa del inodoro y el segundo ciclo sea asistirlo hasta que él se pueda valer por sus propios medios o que sea recibido por la enfermera o auxiliar. Además de esto, el sistema debe tener un tiempo de respuesta no mayor de 20 segundos, para que se complete el proceso.

Tabla 1. Porcentaje en criterios de evaluación

proceso de evaluación durante la fase conceptual	
criterios	porcentajes
ergonomía	35
mantenimiento	10
costos	30
Desempeño	25
total	100

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los porcentajes anteriores, el criterio de ergonomía vendría siendo el más importante ya que los usuarios son personas ancianas que requieren de formas, superficies y materiales especiales para evitar posibles complicaciones.

Los costos son el segundo criterio más importante ya que determinan la capacidad de adquisición del producto, la idea es que la mayor cantidad de la población colombiana tenga acceso a este sistema.

El desempeño es un criterio muy importante ya que busca mejorar la calidad de vida del usuario y que este quede satisfecho.

Por último el mantenimiento es un criterio importante ya que, al ser un producto que se utilizará a diario, este debe estar disponible la mayor cantidad de tiempo posible.

De acuerdo a la norma VDI, los criterios serán evaluados de la siguiente manera:

Tabla 2. Valores VDI

VDI	
puntos	Significado
0	No satisfactorio
1	Tolerable
2	Apropiado
3	Bueno
4	Muy bueno

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Evaluación de criterios

ERGONOMÍA	
Valor	Puntos
Genera posiciones incómodas	0
Podría generar posiciones incómodas	1
Genera incomodidad reducida	2
No genera incomodidad	3
Genera mucha comodidad	4

MANTENIMIENTO	
Valor	Puntos
Mantenimiento complejo y muy seguido (de 30 a 60 días)	0
Mantenimiento seguido (de 60 a 90 días)	1
Mantenimiento normal(cada 6 meses)	2
Poco mantenimiento (anual)	3
No requiere mantenimiento	4

COSTOS	
Valor	Puntos
Supera los \$3'000.000	0
Entre \$3'000.000 y \$2'500.000	1
Entre \$2'500.000 y \$2'000.000	2
Entre \$2'000.000 y \$1'500.000	3
Menor a \$1'500.000	4

DESEMPEÑO	
Valor	Puntos
No es eficiente (más de 5 ciclos)	0
Desempeño aceptable (entre 4 y 2 ciclos)	2
Muy eficiente (2 o menos ciclos)	4

Fuente: Elaboración propia

3.8.3 Matriz evaluativa de las propuestas

Los criterios a tener en cuenta son los siguientes:

- a. Ergonomía
- b. Mantenimiento
- c. Costo
- d. Desempeño

Tabla 4. Matriz evaluativa

CRITERIO	Propuesta 1			Propuesta 2			Propuesta 3		
	puntaje	%	TOTAL	puntaje	%	TOTAL	puntaje	%	TOTAL
A	2	0,35	0,7	1	0,35	0,35	3	0,35	1,05
B	2	0,1	0,2	3	0,1	0,3	3	0,1	0,3
C	2	0,3	0,6	4	0,3	1,2	3	0,3	0,9
D	0	0,25	0	2	0,25	0,5	4	0,25	1
			1,5			2,35			3,25

CRITERIO	Propuesta 4			Propuesta 5		
	puntaje	%	TOTAL	puntaje	%	TOTAL
A	3	0,35	1,05	1	0,35	0,35
B	3	0,1	0,3	2	0,1	0,2
C	4	0,3	1,2	2	0,3	0,6
D	2	0,25	0,5	4	0,25	1
			3,05			2,15

Fuente: Elaboración propia

3.8.4 Comparación con la propuesta ideal (PI)

El objetivo es obtener un índice técnico (IT) para comparar la propuesta seleccionada (propuesta 3) con la propuesta ideal.

IT= total (propuesta 3) / total propuesta ideal

El IT debe ser mayor o igual a 75% para tener una propuesta seleccionada válida.

Tabla 5. Comparación propuesta ideal Vs. Propuesta 3

CRITERIO	PROPUESTA IDEAL	PROPUESTA 3
Ergonomía	4	3
Mantenimiento	4	3
Costo	4	3
Desempeño	4	4
total	16	13

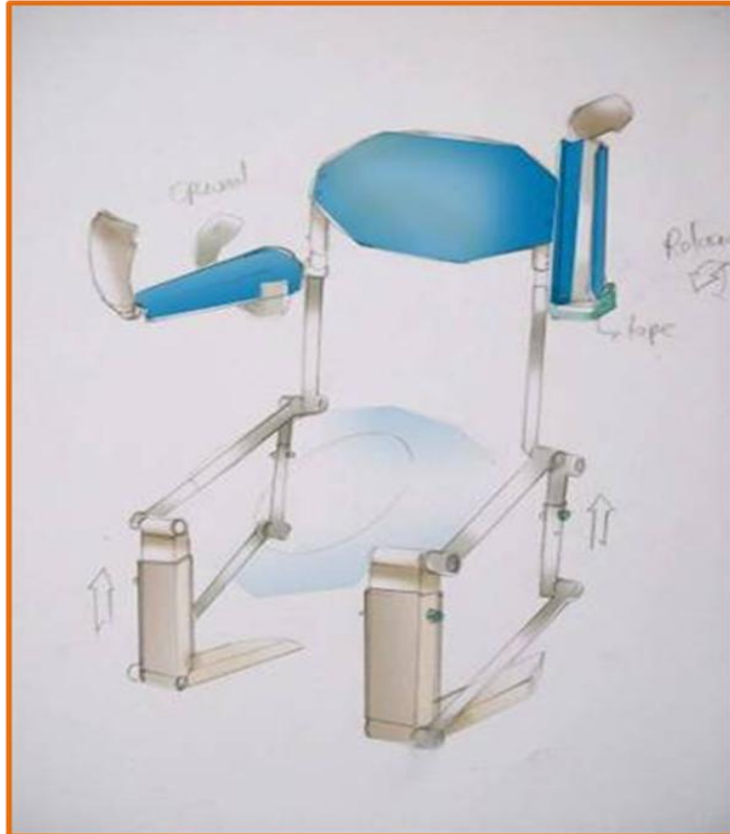
Fuente: Elaboración propia

$$IT=16/13= 0.8125 = 81.25\%$$

3.9 CONCEPTO FINAL

A continuación se presenta un acercamiento a lo que será la propuesta final de nuestro Proyecto.

Figura 20. Concepto final



Fuente: Elaboración propia

3.10 CONCLUSIONES

La alternativa seleccionada es la Propuesta 3(P3), con un 3.25 en su calificación final, así como la similitud a la propuesta ideal, correspondiente al 81.25% de aproximación, la cual se encuentra dentro del rango aceptable de 75% y 85% obtenido en el análisis anterior.

Sin embargo, aspectos interesantes de las otras propuestas no fueron descartados. Estos se tuvieron en cuenta para la siguiente fase, buscando la posibilidad de incluir características importantes para la propuesta final.

Las ventajas y desventajas de cada propuesta se muestran, a continuación:

- **Propuesta 1.** La propuesta 1 se caracteriza por su gran seguridad, a parte de los soportes laterales este sistema cuenta con un arnés que asegura la parte inguinal del cuerpo del paciente e impide que caiga. La desventaja de esta propuesta es la complejidad y el tiempo que necesitaría el usuario para utilizar el sistema. Es de anotar lo importancia de minimizar el tiempo de respuesta del actuador, debido a la urgencia de la necesidad biológica, así mismo, el sistema requiere de una adecuación bastante compleja para su funcionamiento, debido a lo voluminoso y la cantidad de ensamble que requiere.
- **Propuesta 2.** Lo que hace bastante interesante a esta propuesta es lo fácil que se puede plegar. Este sistema permite que el usuario o el auxiliar pliegue el aparato al terminar de usarlo para guardarlo, sin embargo lo que pretende este Proyecto es que sea un producto de permanente disposición y no sea necesario su retiro del baño. Además como punto vital del Proyecto está la ergonomía del sistema, y esto repercute en la seguridad que transmite al estar dispuesto a ingresar al producto, como la que debe transmitir durante la realización de los ciclos de funcionamiento.

- **Propuesta 3.** La propuesta 3 está desarrollada a partir de un mecanismo de barras que permite realizar un movimiento uniforme y seguro para el usuario, es interesante ver como el usuario se encuentra respaldado, no sólo por los apoyabrazos, sino también por el espaldar. Inquieta la estabilidad visual que proyecta esta propuesta, pues hipotéticamente hablando, ya sería entrar a analizar puntos vitales como los centros de gravedad del dispositivo con respecto a los del usuario, esperando que no estén muy lejanos el uno del otro, y no ocurra un efecto físico conocido como "momento" o apalancamiento, que hacen perder la estabilidad del sistema de barras.
- **Propuesta 4.** La propuesta 4 se caracteriza por ser un sistema complejo, debido a que está compuesto por un conjunto de perfiles, unidos por medio de pasadores, que tienen topes que restringen su movimiento radial. El peso finalmente es quien nivela el sistema de soporte de la espalda. Por lo tanto, se considera que al depender de una variable que posee irregularidad y no tiene influencia, es decir, incontrolable, para un usuario como el nuestro, se pretende evitar cualquier hecho inesperado y que genere consecuencias graves.
- **Propuesta 5.** La propuesta 5 muestra un producto muy simple que no requiere de muchos elementos para su construcción, sin embargo, su instalación en la pared puede demandar muchas modificaciones en el baño y es posible que muchos usuarios no cuenten con el espacio y los recursos para hacerlo. Por otra parte, necesita de un mecanismo complejo en su ensamblaje y podría no llegar a soportar el peso al que va a estar expuesto.

4. FASE III. DISEÑO DE DETALLE

En esta fase se desarrollarán Aplicaciones de fuerzas (Presión, compresión, torque, cortantes) y Física del producto (movimientos, desplazamientos, etc.) para proporcionar datos indispensables para la selección de materiales en cuanto a propiedades mecánicas y componentes del sistema se refiere, con las características específicas para que éste funcione según lo esperado.

El estudio formal por medio de BOARDS, aspectos ergonómicos y demás técnicas, que posibilitan elaborar un análisis coherente.

En conclusión, todo un diseño de detalle que nos guíe para la elaboración de un prototipo funcional acorde con la necesidad del usuario y a futuro un Proyecto aplicable y competitivo en el mercado nacional e internacional.

4.1 SÍNTESIS DE COMPONENTES

El sistema de apoyo se divide en varios tipos de subsistemas para facilitar su ensamble y fabricación.

Soporte. Las partes de soporte, como su nombre lo indica se encargan de soportar la estructura, estas permanecerán inmóviles, ancladas al piso.

Chasis inferior. El chasis inferior está compuesto de los perfiles principales que generarán el movimiento de barras de la estructura. La altura del chasis inferior es variable para adecuarse a las dimensiones del usuario, según los percentiles investigados.

Asiento (tasa). La tasa será la encargada de soportar toda el área de contacto con la cadera del usuario.

Espaldar. El espaldar cumple con la función de soportar el área de contacto con la espalda del usuario, éste podrá ser graduado según la altura del usuario, basándose en los percentiles investigados.

Apoya brazos. Los apoya brazos soportarán la presión ejercida por el peso del usuario, pues al estar en contacto con estos 2 puntos de apoyo, la persona que está manipulando el sistema, disminuirá el esfuerzo en las extremidades inferiores, así mismo, estarán ubicados los controles de mando para el funcionamiento del producto.

4.2 SISTEMAS DE ENSAMBLE

El sistema cuenta con un sistema de ensamble simple para su fácil fabricación y posterior manipulación por parte del usuario final.

Anclaje. Para el anclaje del chasis al piso se utilizarán 4 tornillos de seguridad, los cuales garantizarán la inmovilización o empotramiento del sistema, es decir, se restringirá cualquier movimiento traslacional o rotacional de alguno de sus ejes (x,y,z) .

Ensamble de partes graduables. Las partes graduables del sistema, la mayoría del tiempo permanecerán inmóviles, estas sólo variarán de altura en el momento en que el usuario modifique su estructura para adecuarla a su anatomía física. Las partes graduables serán ensambladas con tornillos y roscas de seguridad, los cuales podrán posicionarse en diferentes puntos de ajuste.

Ensamble de piezas móviles. Las piezas móviles del sistema, permiten que el producto ejerza su función, brindándole la posibilidad de rotar según sea necesario. Constan de un buje principal, dos bujes restrictores y un tornillo con rosca para bloquear el ensamble.

Ensamble de carcasas. Se refiere al ensamble del asiento, los apoya brazos y el espaldar, es decir, piezas que no se fabrican con el chasis, pero que aun así resulta necesaria su instalación pues hacen parte del conjunto. El ensamble de estas piezas se realizará con tornillos de sujeción.

4.3 ANÁLISIS ERGONÓMICO

En este punto se tuvieron en cuenta las posibles interacciones que tendrá el usuario con el sistema y como se comportará dentro de este, a partir de estas características se llegó a las siguientes conclusiones generales:

Altura de la base del asiento. Si se quiere disponer de la máxima flexibilidad, el sistema de graduación de la altura debe tener en consideración un margen de altura entre el percentil 5 femenino y 95 masculino. Las medidas específicas para este punto se verán en detalle en antropometría.

Ancho del asiento. Es conveniente que toda la cadera quede dentro de la superficie del asiento. Por eso es necesario que el ancho sea personalizado o diseñado para la mayoría de la población (90%, percentiles 5 y 95).

Altura de respaldo. El respaldo debe permitir que haya un punto de apoyo inmediatamente debajo del omoplato y en la inflexión lumbar (donde hay cambio de curvatura). La forma debe permitir acoplarse al perfil de la columna. La altura del respaldo debe ser regulable para ser utilizada por diferentes usuarios.

Ancho del respaldo. Debe cubrir en forma adecuada el ancho del tórax y permitir que los codos tengan desplazamiento hacia atrás.

Ángulo de respaldo. Se debe permitir que haya variación en este ángulo dependiendo del tipo de función que este cumpla: si es de descanso, el ángulo debe estar inclinado hacia atrás, si es de expectativa, el ángulo debe ser recto, si es de trabajo sobre una superficie, el ángulo debe ser hacia adelante.

* Las medidas específicas para estas características se verán en detalle en la sección de antropometría.

4.3.1 Antropometría

“Es la ciencia que estudia en concreto las medidas del cuerpo, a fin de establecer diferencias en los individuos, grupos, etc.”.¹⁰

Antes de comenzar el estudio antropométrico se debe tener en cuenta que existen dos tipos de dimensiones: de tipo estructural y funcional.

Nos centraremos en la parte estructural del sistema que se refiere a dimensiones del segmento del cuerpo humano como alturas, perímetros, anchuras, larguras y masa corporal. Ya que las dimensiones funcionales se refieren a movimientos del cuerpo humano como cambios de posturales, ángulos, alcances, velocidades, etc.

¹⁰ Panero j, zelnik m, *las dimensiones humanas en los espacios interiores-estándares antropométricos*, Barcelona: Ed. Gustavo gili, 1983:23.

Las dimensiones antropométricas estructurales se aplican a diseños de objetos que requieren pocos movimientos o a espacios de actuación que no tienen en cuenta el movimiento tridimensional.

Para nuestro estudio se considerará el 90% de la población, es decir, se utilizará desde el percentil 5 al 95.

Los límites antropométricos para un diseño generalmente se presentan en términos de percentiles. Estos percentiles muestran la frecuencia acumulada para los valores de cada variable antropométrica.

Un percentil X% significa que el X% de las personas tienen medidas inferiores o iguales a las de este percentil y que 100 – X% de las personas tienen medidas superiores a las de este percentil.

Con los datos anteriores se recurrió a la tabla de valores de las dimensiones antropométricas en la población laboral masculina en tres grupos etáreos.

En la tabla a continuación, se observan las dimensiones antropométricas de la población laboral Colombiana entre los 20 a 59 años, debido a que la información obtenida del estudio de Jairo Estrada¹¹, sólo fue hasta los 59 años, sin embargo, según el médico especialista en Salud Pública, Dr. Juan José Acosta¹², las dimensiones del paciente, varían sólo de un 3% a un 5% de su constitución:

¹¹ ESTRADA, Jairo. Ergonomía. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia, 2000.

¹² Acosta, Juan José. Médico general, especialista en salud pública.

Tabla 6. Medidas antropométricas colombianas

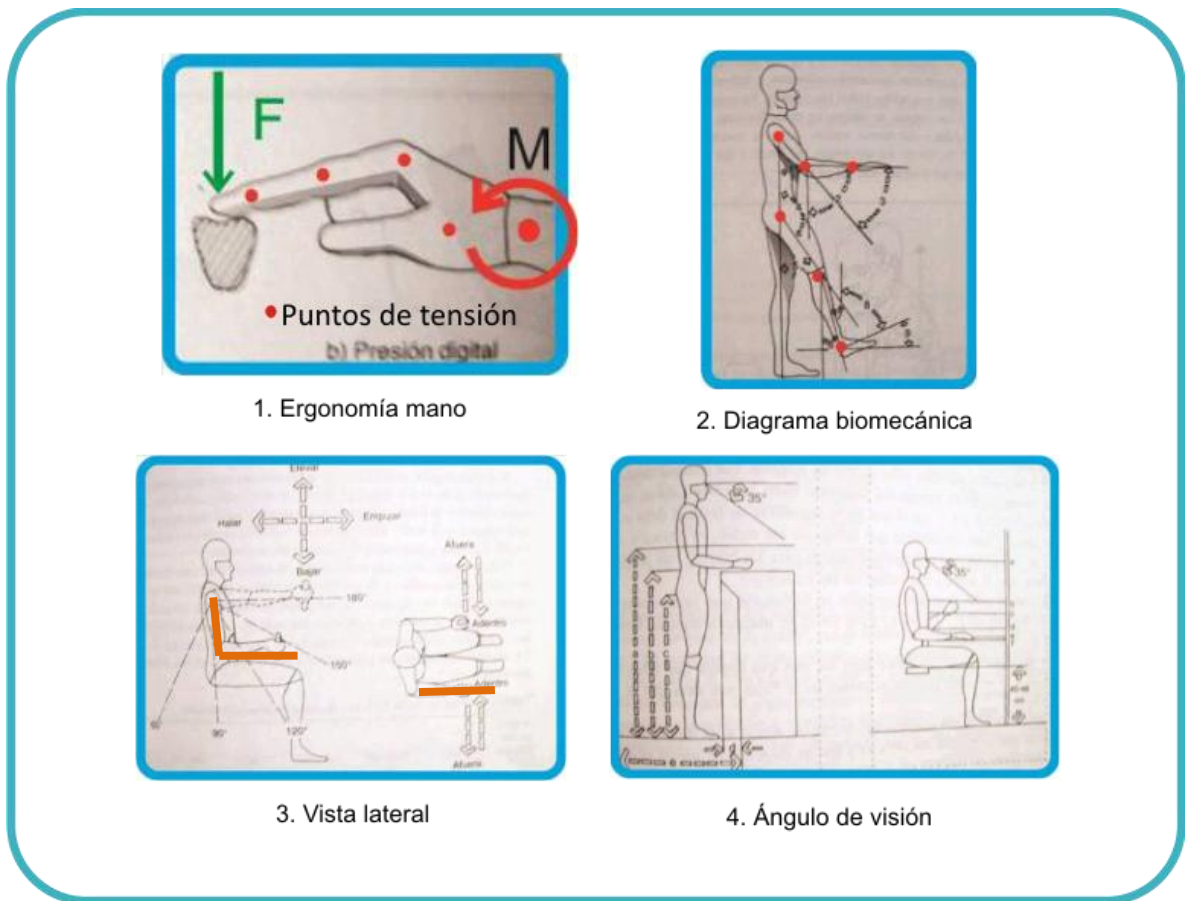
Variable	20-59		Detalle
	P5	P95	
Talla (Altura)	158	179,2	
Altura sentado	80,2	91,8	
Altura sentado erguido	83,5	94	
Altura acromial	128,2	147,3	Altura de piso a hombros
Altura acromial sentado	54,2	63,2	Altura de piso a hombros posición sentada
Altura codo parado	98,7	114,3	
Altura codo sentado	19,4	27,7	Altura vertical de piso a codo en pos. Sentado
Altura muslo sentado	12,9	17,1	Altura vertical de piso a muslo en pos. Sentado
Altura rodilla	48,2	56,6	
Altura fosa poplítea	38,7	46,1	Altura vert. De piso a altura detrás de la rodilla
Anchura biacromial	36,3	43,2	Anchura entre acromiones (parte ext de clavícula)
Anchura bideltoidea	41,8	50,9	Anchura entre deltoides (parte externa brazos)
Ancho. Transv. Tórax	25,4	33,6	Distancia horizontal medida entre axilas
Anchura bi-ilíaca	24,4	30,7	Ancho de caderas entre crestas iliacas
Anchura bitrocanterea	29,3	35,2	Dist. Hztal en trocánteres mayores-muslos
Anchura codo a codo	37,7	52,3	
Ancho de caderas sentado	30,9	39,2	
Largo Nalga a fosa poplítea	42,7	50,8	Dist. Hztal de parte posterior de la nalga a fosa p.

Fuente: (Jairo estrada – ergonomía @febrero 12 de 2011)

4.3.2 Biomecánica

Sin tener un diseño final, pero conociendo los componentes que lo integran, utilizamos el chasis predefinido de la Fase II de CONCEPTO, basándose en los portadores de la Estructura Funcional.

Figura 21. Imágenes biomecánica



Fuente: Elaboración propia

Ejemplo: Accionar- Botón o pulsador.

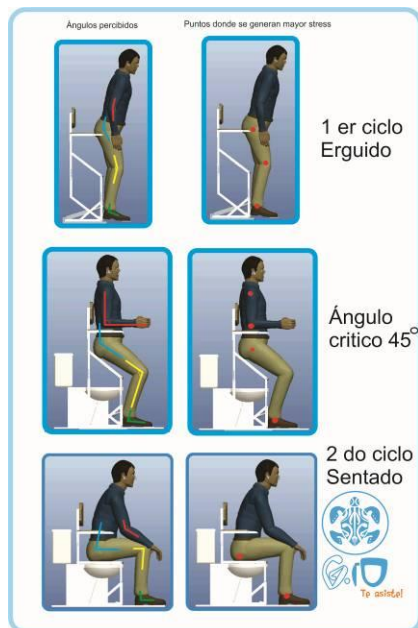
1. Permitir el flujo de energía eléctrica hacia el portador Transformar, es el que ejerce el dedo índice del usuario con la fuerza perpendicular (F) sobre el pulsador. Los puntos rojos representan las zonas de mayor tensión

evidenciadas en el accionar y finalmente el "momento" que se produce en la muñeca, fuerza reactiva de este proceso. "A este proceso se le denomina Presión Digital". (Jairo Estrada, 2011).

2. En esta imagen extraída del libro "Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana" de Jairo Estrada, se observan los ángulos de rotación coyuntural de un adulto promedio colombiano. Para el usuario objeto de estudio de este Proyecto, los rangos alcanzados son muchos más reducidos, por el desgaste natural ocasionado por los años de uso y desuso. Cabe aclarar que los puntos rojos, son las articulaciones en extremidades superiores e inferiores que se analizaron como vitales para el desarrollo del Proyecto.

A continuación se mostraran los ángulos, mencionados en la entrevista con el especialista en Fisioterapia, que se tuvieron en cuenta para determinar los rangos de movimientos del sistema:

Figura 22. Ángulos



Fuente:Elaboración propia

Ángulo del tobillo: Tobillo en reposo a 90° , ángulo con flexión superior para una persona entre los 60 y 64 años de edad es de 20° con respecto a su eje horizontal.

Ángulo de la rodilla: Rodilla en reposo 30° normalmente en un adulto mayor, en extensión frontal alcanza los 10° , asumiendo que parte de 30° es el 0 en el eje Y.

Ángulo Cadera: Cadera en reposo es de 20° con respecto a su eje vertical.

Ángulo Codo: En reposo a unos 25° con respecto a su eje vertical.

3. En todo el ciclo de funcionamiento del sistema, el usuario siempre forma un ángulo recto (90° grados) con su brazo, debido a que éste genera una mayor estabilidad, controla pérdidas de equilibrio y al estar en apoyo en un área amplia como la de los antebrazos, le permite al usuario descargar y minimizar tensiones.
4. El ángulo de visión para el usuario es de 35° , sin embargo, es conocido que la persona mayor tiene dificultades en la focalización visual, por lo tanto, se tuvieron en cuenta aspectos como los pulsadores en un rojo visible, hasta un tablero de mando que no contenga más de 4 botones, es decir, dado que uno de nuestros objetivos, es la seguridad del producto, se consideró inicialmente que el comando de bajada estuviera a cargo de 2 botones que se hundirían simultáneamente para la ejecución de esta función, y los 2 restantes, ejecutarían de la misma manera la tarea de levantarlo.

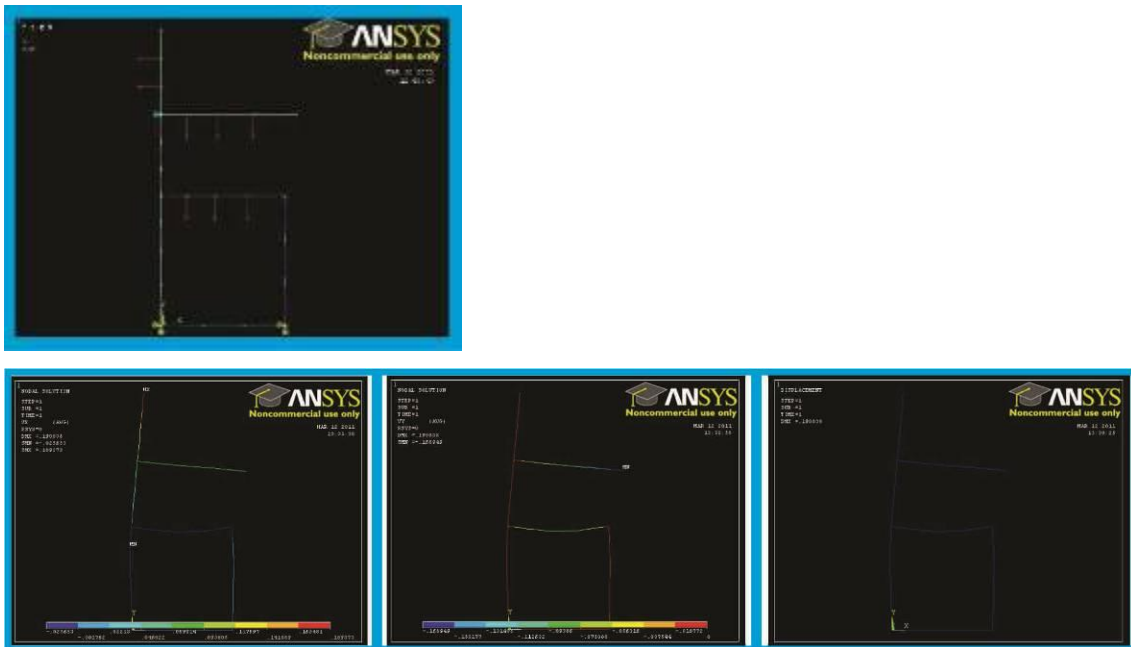
4.4 CÁLCULOS DE INGENIERÍA

Para el buen funcionamiento del sistema es necesario medir las fuerzas a las cuales estará sometido durante su uso. Maximizaremos las cargas, según los datos proporcionados por ergonomía, estas fuerzas están relacionadas directamente con el peso máximo del usuario ($w=150\text{Kgs}$) del usuario. A partir de estos cálculos se concluyeron aspectos vitales en el diseño tales como requerimientos de seguridad, resistencia de materiales a las condiciones de esfuerzos máximos y de contexto, perfiles a implementar, tipos de reacciones

dentro del sistema, mecanismos de ingeniería, optimización de funcionamiento del ciclo, entre otros.

El programa **ANSYS 10.0 versión educativa**, es una plataforma dentro de la categoría CAE (Computer Assistant Engineer), diseñada para el análisis de elementos finitos, en el que se puede calcular la resistencia y deformación del material (desplazamientos en los ejes X y Y), entre otros, al aplicar una W Max (peso) y presiones derivadas de éste sobre puntos nodales de la estructura en simulación, obteniendo los datos necesarios para que el desarrollo cumpla con los requerimientos para la óptima ejecución de su función.

Figura 23. Análisis Elementos Finitos

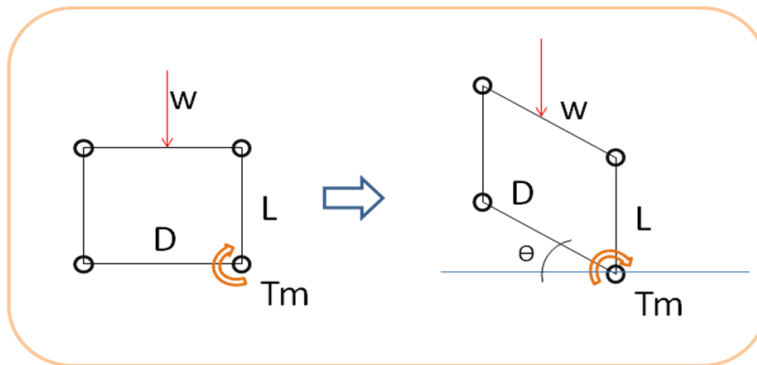


Fuente: elaboración propia

En la figura se muestran las fuerzas y las condiciones a las que fue sometida la estructura, es decir, empotramiento en su base restringiendo todo tipo de movimiento y presiones en los apoya brazos, el soporte del asiento y el espaldar.

*para ver las imágenes en tamaño completo dirijase al *anexo No. 10*.

Figura 24. Diagrama para un sistema de barras.



Fuente: Elaboración propia

4.4.1 Cálculo esfuerzo cortante

El esfuerzo cortante se presenta en los bujes del sistema y en los tornillos. Para saber si las conexiones sometidas a esfuerzos cortantes dentro del sistema resisten se debe hacer cálculos de esfuerzos cortantes los cuales se presentan en bujes y tornillos en el ensamble del sistema

Para realizar estos cálculos se analizó la carga total del sistema y a partir de esta se tomaron las conexiones más críticas, a continuación se presentan los cálculos.

4.4.1.1 Esfuerzo cortante para bujes internos

$$T_{prom} = P/A$$

Material: acero ASTM A36

Esfuerzo de cedencia: 248 MPA

$$P = 150\text{kgs} \times 9.8 = 1470 \text{ N}$$

$$A_{ext} = \pi r^2 = \pi(11)^2 = 380 \text{ m}^2$$

$$A_{int} = \pi(9)^2 = 254 \text{ m}^2$$

$$A_{fin} = 126 \text{ m}^2$$

$$T = 1470/126 = 11.66 \text{ MPA}$$

Usando un factor de seguridad tenemos:

$$T = Syp/2N$$

$$N = 248/2(11.66) = 10.63$$

Para que el sistema resista con un factor de seguridad usado, este debe dar por encima de 2. Obteniendo un 10.63 se asegura el sistema.

4.4.2. Selección del actuador

Para accionar el sistema se utilizará un pistón electromecánico marca Linak con un recorrido de 200mm y soporte en peso de 6000N. Este pistón trabaja a 24V y soporta hasta 5.6 amperios, Para el funcionamiento del sistema se necesitan 2 baterías de 12 voltios cada una de 10 amperios, dos microswiches y dos relés.

***Nota:** Los cálculos realizados a conexiones, chasis, partes del sistema y fuerzas así como mapa eléctrico entre otros están consignados en el *anexo No. 10*.

4.5 DESARROLLO FORMAL

La exploración formal es una herramienta utilizada para entender mejor al usuario y al entorno que lo rodea. En ella se tiene en cuenta aspectos como formas, colores, texturas y materiales entre otros.

4.5.1 Boards¹³

Un board es un collage de imágenes. Una herramienta creativa comúnmente utilizada para conocer mejor al usuario y sus tendencias. Así mismo los boards son una importante herramienta para el proceso de desarrollo del lenguaje del producto.

¹³ BAXTER, Mike. Product design. Boards. June 1999. Editorial Chapman & Hall.

Estilo de vida. Las imágenes seleccionadas corresponden al usuario final, personas de avanzada edad entre los 60 años en adelante, que necesitan asistencia especializada constantemente, ya sea por un profesional de la salud; entiéndase como enfermera, doctores geriátricos o familiares del paciente. Resaltando esta última parte como que el usuario al que irá encaminado el proyecto representa un status jerárquico importante y de mucho respeto dentro de la familia, de un alto valor sentimental para los demás miembros de la familia, es decir se están hablando de Abuelos y/o padres de hogares bien constituidos. Este board ayuda a evidenciar el usuario objetivo y su entorno gráficamente.

Figura 25. Board estilo de vida



Fuente: (www.sliddepot.com 5 de marzo de 2011)

Emoción. Seguridad, destinado al concepto que debe transmitir el producto al usuario final, al consumidor o al que influye en la compra del producto. Precisamente en el board anterior, se resalta el valor sentimental que posee el usuario hacia su grupo familiar, por lo tanto se querrá salvaguardar su integridad dentro de la interacción del producto y de quien lo esté acompañando.

Figura 28. Board usabilidad



Fuente: (www.slidedepot.com 5 de marzo de 2011)

Referente formal. Se usa para basarse en un referente con el cual se pueda abstraer las formas del diseño final. En el proceso de diseño es útil seleccionar un referente formal, el cual a través de un desarrollo, generará ciertas formas. En la presente situación, se escogió la tortuga ya que es un animal que puede llegar a vivir más de 140 años en promedio, así mismo, su caparazón es sinónimo de seguridad y protección. La tortuga abarca 2 conceptos que se relacionan mucho con el usuario; primero es un animal longevo, y segundo porque dentro del contexto en el que cada especie se desenvuelve poseen una armadura en forma de una secuencia de hexágonos que las protege y les brinda seguridad frente a sus depredadores naturales.

Figura 29. Board referente formal



Fuente: (www.sliddepot.com 8 de marzo de 2011)

4.5.2 Desarrollo formal

Para el desarrollo formal, se trató de no entrar en la literalidad. Las geometrías abstraídas están precisamente destinadas para que cumplan dentro del diseño una funcionalidad y una correspondencia lógica con el referente formal.

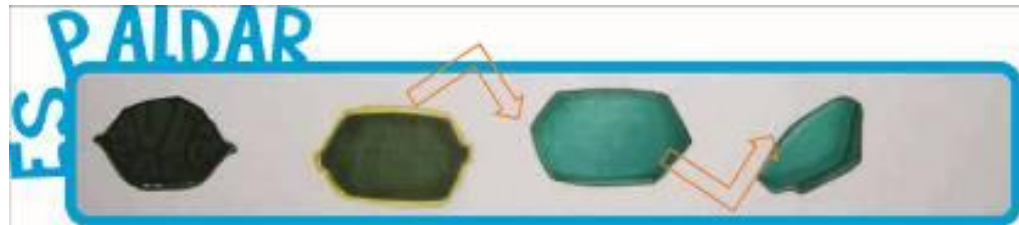
Se involucró el concepto de abatible, La tortuga cuando detecta una amenaza recoge sus extremidades y cabeza al interior del caparazón. Reformulando el concepto de amenaza por graduabilidad es finalmente lo que desarrollamos para el sistema.

Figura 30. Desarrollo apoya brazos



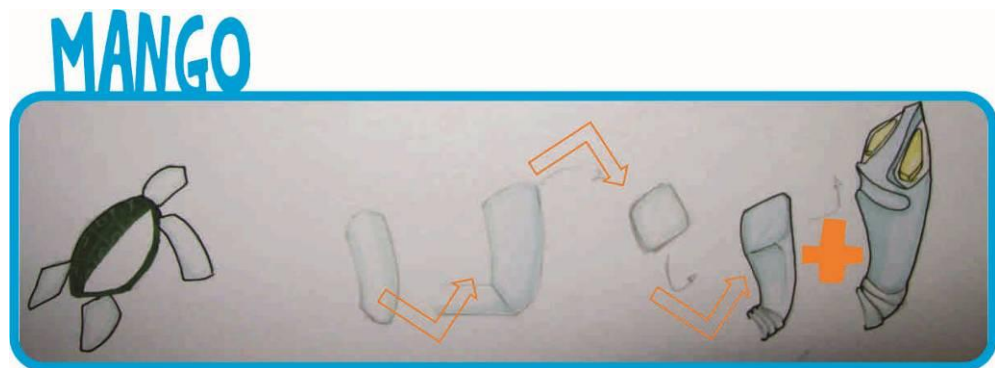
Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Desarrollo espaldar



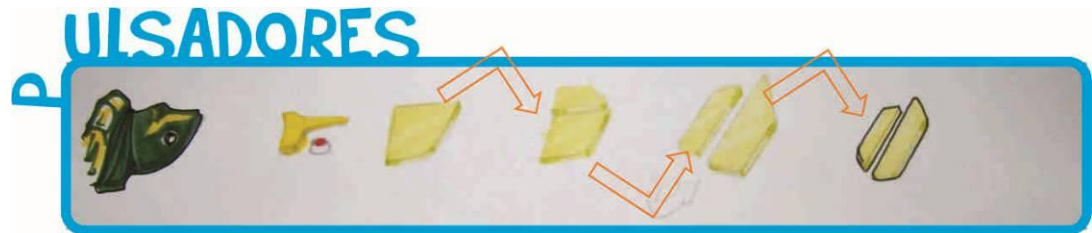
Fuente: Elaboracion propia

Figura 32. Desarrollo mango



Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Desarrollo pulsadores



Fuente: Elaboración propia

*Para ver el desarrollo formal completo diríjase al *anexo No. 11*.

4.6 ANÁLISIS DE MATERIALES Y PROCESOS

Chasis. La estructura general se fabricará con perfilera rectangular en acero coldrolled. Se utilizarán dos tipos de tubería, para poder fabricar un producto que pueda ser modular y personalizable a las medidas de altura del usuario del sistema. Para las partes del chasis que rotarán y para la elaboración de pasadores se utilizará tubería redonda de 1" y de 7/8" de calibre 18. Las uniones de estos perfiles será por medio de soldadura convencional.

Asiento (tasa). El asiento del producto a comercializar, será fabricado en un polímero, más específicamente en polipropileno (pp), ya que este material posee buenas características de resistencia. El proceso de producción de esta pieza será por medio de inyección, ya que permite que de un molde se fabriquen un número considerable asientos.

Para el prototipo se utilizará madera tipo MDF y un recubrimiento plástico (tela sintética, cuerina), esto debido a los altos costos de fabricación que acarrearía el maquinado de un molde y no justifica y atenta con el resultado del prototipo, pues se buscó un material con iguales características mecánicas para el producto.

Apoya brazos y espaldar. El proceso de manufactura para el producto a comercializar, sería el aplicado para la elaboración del asiento, inyección de polímeros.

El MDF también fue utilizado para la elaboración de estas piezas, sin embargo, poseen un relleno de espuma de densidad 20 para proporcionarle al usuario mayor comodidad y restar dureza al material con el que fueron fabricados. Además, las piezas fueron forradas en el mismo material sintético, con una adición para el espaldar, el cual tiene bordado el logo del producto.

A continuación se muestra la lista detallada de los materiales utilizados en el sistema, así como cantidad, precio, etc.

Tabla 7. Lista de materiales

Materiales			
nombre	referencia	precio	cantidad
Tubo rectangular	25x50 Calibre 16 5.8 Mts.	\$ 35.352,00	1
Tubo rectangular	20x40 Calibre 18 5.8 Mts.	\$ 22.040,00	1
Tubería acero	304- 1'' - C.18 Long. 3 Mts	\$ 15.000	1
Tubería acero	304 - 7/8'' - C.18 Long. 3 mts	\$ 13.000	1
Madera MDF	2cms - tabla D. 1x2	\$ 28.000	1
Espuma poliuretano	densidad 30 Dim: 5 (mm)	\$ 5.000	1
Tela platinum perf.	Dim. 50x150 cms	\$ 8.300	1
Tornillo	Bcc 6X120	\$ 1.200,00	5
Tornillo hexagonal	8x70 grado 5	\$ 600,00	8
Tornillo hexagonal	6x40	\$ 400,00	2
Tuerca seguridad	M8	\$ 500,00	8
Tuerca ciega	M6	\$ 300,00	2
Arandelas	7/8 zincada	\$ 400,00	2
Barra para bujes	Polietileno HD 1.1/4" x1 pie.	\$ 8.300,00	1
lamina metálica	2.5 mm	\$ 10.000,00	1

Fuente: Elaboración propia

4.7 MODELACIÓN Y ENSAMBLE

Para la modelación 3D se utilizó el programa Pro Engineer, el cual está desarrollado para pasar de la hoja de papel, un concepto mental a un sistema numérico coordinado por medio de comandos. Proe es un programa que soporta plataformas CAD (diseño asistido por computador) / CAM (manufactura asistida por computador) / CAE (ingeniería asistida por computador).

De la modelación, en la plataforma CAD se obtuvieron los planos de todas las piezas del sistema, para su futura fabricación.

En una modelación, el ensamble es utilizado para comprobar que todas las piezas del sistema se ajusten adecuadamente y no existan problemas, de esta manera se optimiza el tiempo, por ende, se ahorra dinero, ya que se corrigen posibles errores desde el diseño disminuyendo los problemas en la construcción.

Con la plataforma CAE, se realizaron cálculos de peso para saber qué tipo de motor debía implementarse, los tiempos de duración del ciclo de subida y de bajada durante el uso y la velocidad que debe mantener el sistema, que asegure la uniforme movilidad del producto, asegurando la estabilidad y seguridad del paciente.

*Para todo el proceso de modelación ver *anexo No. 12*.

Figura 34. Modelación final



Fuente: Elaboración propia

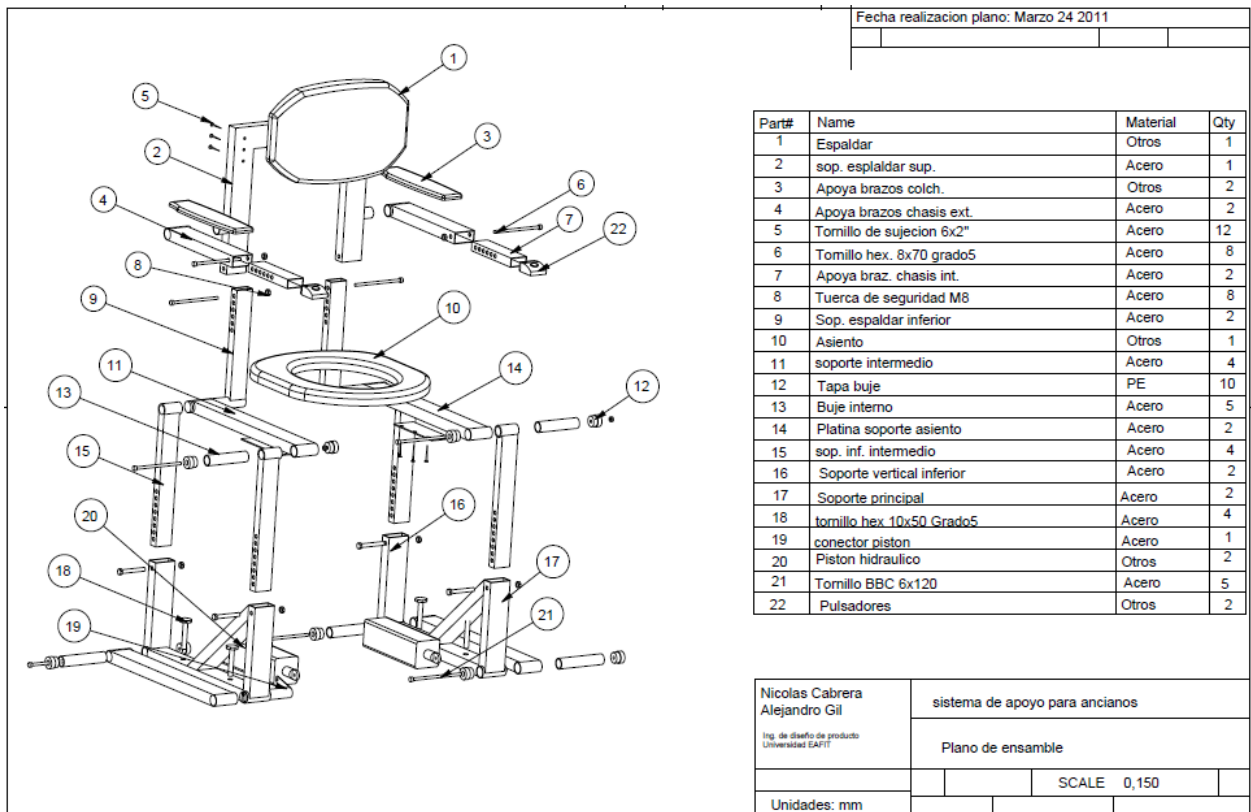
4.7.1 Funcionamiento del sistema

Para ver el funcionamiento del sistema por favor dirijase al *anexo No. 13*, en el cual encontrará un video detallado de su uso.

4.8 PLANOS

Los planos son utilizados para saber exactamente las dimensiones con las que se debe proceder a construir, las cantidades y los materiales a utilizar.

Figura 35. Planos



Elaboración propia

*Para la totalidad de planos ver el *anexo No. 14*.

5. FASE IV. FABRICACIÓN MODELO.

Esta fase consigna todo el proceso de fabricación del modelo a partir de cada parte así como su ensamble.

Figura 36. Fabricación modelo



Fuente: Elaboración propia

Para la fabricación del modelo se utilizaron los talleres de la universidad Eafit, así como las herramientas y ayudantes/operarios.

El reto más grande durante la fabricación fue verificar que todas las medidas cumplieran con los planos pues este proyecto exige medidas exactas y tolerancias

mínimas para que el ensamble sea exitoso, cualquier error en las medidas podría causar inestabilidad al modelo y mal funcionamiento.

Durante la fabricación no hubo que realizar cambios/mejoras a los planos, a la modelación o los materiales por lo cual no hubo contratiempos en este aspecto. Como aspectos para mejorar se podría emplear una mejor planeación ya que en este aspecto hubo contratiempos menores, ponerse de acuerdo con los operarios como el soldador es algo importante para ahorrar tiempo, algunas veces quedaba faltando una pieza y tocaba volver para poder soldarla al modelo.

*para ver todo el proceso de fabricación y su registro fotográfico ver *anexo No. 15*.

6. FASE V. PRUEBAS DE PRODUCTO Y USUARIO

En esta fase se busca conocer el comportamiento del sistema cuando es sometido a cargas y esfuerzos para conocer qué problemas pueden presentarse y corregirlos de inmediato, así mismo, se busca conocer la respuesta del usuario hacia el producto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE PRUEBAS

- + Elaborar mínimo 2 pruebas ergonómicas y funcionales para obtener la mayor cantidad de datos que permitan un análisis convincente y productivo para las posibles mejoras del sistema.
- + Determinar los posibles puntos críticos, en cuanto a ángulos que representen riesgo de posturas incorrectas en el usuario y movimientos inesperados de desequilibrio o no uniformes dentro de los ciclos que se presenten durante las pruebas, para prevenir futuros accidentes por parte del usuario dentro del sistema.
- + Analizar las repercusiones que tienen los esfuerzos resultantes a las variables de peso y presión en el chasis del sistema.
- + Encontrar posibles soluciones a los percances que se presenten, de tal manera que estas sean aplicadas en el prototipo funcional que se expondrá en la fecha establecida, asegurando que el prototipo sea lo más aproximado al producto final.

Figura 37. Pruebas producto y usuario



Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS OBTENIDOS:

1. Consideramos que el efecto generado por el peso, en el ciclo bajando, obliga al actuador a contraerse más rápido, sin embargo, la varianza de 1 segundo, no implica algún riesgo a la integridad, seguridad del usuario, y el ciclo se cumple en su totalidad.

2 Observamos los datos del amperaje y notamos su dispersión, es decir, no hay uniformidad y se reflejan por los picos en las mediciones, sin embargo, si notamos que en condiciones tales como, a mayor peso del individuo, elevado porcentaje de masa corporal y demás, demandaba por parte del actuador, más energía para su óptimo funcionamiento.

3 Los usuarios al ingresar al dispositivo, expresaron que el prototipo les proporcionaba seguridad. Al accionarlo y realizar los 2 ciclos, enfatizaron en algunas sugerencias, tales como los apoya brazos más largos y más área de contacto en los comandos.

*Para ver el proceso completo de pruebas diríjase al *anexo No. 16*.

7. FASE VI. CORRECCIONES Y MEJORAS

En esta fase se realizarán las conclusiones finales del proyecto así como correcciones y mejoras a tener en cuenta.

El Proyecto fue desarrollado, en términos generales, sin ningún contratiempo, y el prototipo se elaboró de acuerdo con los planos, obteniendo un resultado satisfactorio. Sin embargo, durante las pruebas se presentaron algunas dificultades, a las cuales se les dio solución de forma inmediata. Así mismo, se observaron aspectos de tipo funcional y relación producto – usuario, los cuales se mencionarán a continuación:

- Al comenzar las pruebas, se utilizó un tubo de 7/8” de diámetro, calibre 18 anclado a la conexión del pistón. Al activar el sistema, el tubo no soportó la torsión ejercida por el pistón y cedió. Ante esta situación, el tubo fue reemplazado por un eje de 7/8” de diámetro de material acero 1020.
- Durante las pruebas con usuarios notamos que el microswitch interruptor no estaba cumpliendo la función por la cual fue instalado allí, es decir, la barra soporte intermedio, al llegar al punto de contacto con el microswitch que detendría su movimiento, no lo hacía en el punto calculado.
- Al analizar las causas que lo ocasionaban, encontramos que todo se debía al momento de inercia del perfil; como posicionamos el tubo en dirección horizontal, el área que soporta los esfuerzos cortantes generados por el peso del paciente, hacen que el tubo rectangular se flecte momentáneamente sin deformarlo, ya que no vence el coeficiente de elasticidad del material, y el usuario al egresar del sistema, la barra recupera su estado original.
- La solución para esto, es rotar a 90° el tubo rectangular, es decir que la sección quede vertical, esto hace que su momento de inercia sea mayor, disminuyendo la flexión del perfil. Sin embargo este cambio es preventivo pues

no ocasionó dificultades o arriesgó la integridad y seguridad de las personas que realizaron las pruebas.

- El sistema desarrollado en este Proyecto, pretende que su campo de acción esté dirigido a un amplio conglomerado de usuarios, en tanto pueda ser utilizado no sólo por personas de avanzada edad que presentan problemas articulares, sino también por personas de cualquier edad, que sufran de artrosis degenerativa y/o tengan alguna discapacidad física que impida o dificulte su motricidad.
- La posibilidad de aplicar la tecnología utilizada para la fabricación del sistema de apoyo a otros diseños, como una silla para la sala, es una de las características a resaltar en el presente Proyecto, dada la versatilidad de su aplicación.
- Una de las propiedades del producto es su movilidad, en la medida en que brinda la posibilidad de trasladar el sistema hasta el lugar donde se encuentre el adulto mayor, cuando su incapacidad es de tal grado que le impide desplazarse, brindado así un mecanismo ideal para los fines perseguidos por este diseño.
- El producto podría ser utilizado con corriente alterna o baterías, dependiendo de las necesidades del usuario.
- Por la facilidad, simplicidad y funcionamiento óptimo, se escogió el pistón electromecánico, como el mecanismo de accionamiento para el producto, ya que mejora en varios aspectos, tales como eficiencia en el tiempo de respuesta, simplicidad en el acople, control de pérdidas de energía, precisión y restricción en el movimiento.

Sugerencias por parte de usuarios:

La sensación de los usuarios, al probar el mecanismo, fue satisfactoria, pues al sentarse en el sistema, se sintieron a gusto.

- Una de las personas que participó en la prueba del sistema, manifestó que el tiempo que tomaba el aparato para completar el recorrido era lento, sin embargo, esta persona no estaba dentro del rango de edad requerido para el grupo de usuarios seleccionado para este Proyecto, por lo cual, consideramos que no era necesario aceptar la observación realizada, debido a que el adulto mayor necesita de tiempo para poder ser descargado con más cuidado que otro tipo de usuario, y 16 segundos es un tiempo aceptable.
- Algunas personas opinaron que los apoya brazos eran cortos, y por ende, sugirieron alargarlos.
- Al realizar las pruebas, otros usuarios sintieron que los apoya brazos estaban estrechos, a pesar de que todos encajaron perfectamente en el sistema, y sugirieron que éstos debían ser ensanchados para personas obesas. Sin embargo, consideramos que para mayor seguridad, los apoya brazos debían quedar precisos.
- Se sugirió suavizar las superficies de bujes restrictores que tienen contacto con las piernas de los usuarios. La solución es hacer redondeos en los dos bujes principales.
- Durante la construcción, observamos que el sistema de bujes aplicado para el producto podía ser mejorado, disminuyendo las piezas para reducir costos y mejorar precisión. Estos bujes podían ser hechos de un solo material como el polietileno o Nylon, porque son de fácil fabricación y buena resistencia.

8. CONCLUSIONES FINALES

- El proceso de investigación durante el desarrollo del proceso nos permitió conocer y definir las necesidades específicas requeridas por los usuarios. Uno de los pasos más importantes durante este proceso fue el entendimiento de los requerimientos para luego generar una alternativa que cumpliera con lo pedido. Consideramos que los aspectos más importantes dentro del proyecto estaban relacionados con seguridad, ergonomía, costos y desempeño del producto.
- Los pasos realizados durante el proceso del diseño conceptual fueron de gran ayuda para entender y desarrollar el funcionamiento general del sistema generando un acercamiento a lo que sería el prototipo final.
- Gracias a las alternativas de diseño generadas se pudo establecer un pequeño grupo de soluciones para el diseño final, con estas alternativas se llegó a una solución final que cumplía con los requerimientos específicos de ergonomía, funcionalidad, ingeniería, ensamble y mantenimiento, entre otros.
- la fase de ingeniería fue quizá la parte más importante del proyecto pues se debía perfeccionar el modelo en todos los aspectos, debíamos asegurarnos de que los materiales fueran los correctos y para esto se hicieron todos los cálculos necesarios llegando a elaborar un prototipo de excelente calidad y desempeño.
- Gracias a la modelación y los planos se pudo corroborar lo planteado en la fase de ingeniería, esta fase nos ayudo a previsualizar como quedaría el prototipo final, como funcionaria y a tener en cuenta hasta el último detalle.

- Con el modelo funcional se pudo comprobar lo que se había planteado en las fases anteriores: el prototipo funciono debidamente, resistió todas las pruebas realizadas y obtuvo el aval tanto de especialistas como usuario.

BIBLIOGRAFÍA

Entrevistas:

- GÓMEZ, E. Jefe enfermeras Plenitud Otoñal. 2010
- RESTREPO, J. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Medellín. 2010
- Velásquez, Sergio. Médico fisioterapeuta. Intermédica
- Manzur, René. Médico especialista en geriatría clínica Medellín.
- Velásquez, Diego. Médico ortopedista. Intermédica.
- Acosta, Juan José. Médico general, especialista en salud pública

Textos:

- Páginas amarillas: sección hogares geriátrico- ancianato. 2010
- DANE, Banco de datos Censo 2006. Medellín, 2010
- Encuesta calidad de vida. Área Metropolitana. 2008
- ESTRADA, Jairo. Ergonomía. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia, 2000
- Beer. Mecánica de materiales, concepto de esfuerzos. 1988. Editorial Mc graw hill.
- El libro azul, apuntes de ingeniería y diseño. Medellín, 2009. Editorial artes y letras Ltda.
- Panero j, zelnik m, las dimensiones humanas en los espacios interiores- estándares antropométricos, Barcelona: Ed. Gustavo gili, 1983:23.

- BAXTER, Mike. Product design. Boards. June 1999. Editorial chapman & hall.

Electrónicos:

- Wikipedia la enciclopedia libre. Lumbalgia. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Lumbalgia> (5 de Mayo de 2010)
- Enfermedades en la tercera edad. Disponible en: http://www.tuotromedico.com/indice_tercera_edad.htm (27 de Abril de 2010)