



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

**“APLICACIÓN DE TRIZ PARA EL
DISEÑO DE UNA SILLA DE RUEDAS
GERIÁTRICA”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO
P R E S E N T A
GONZALEZ SALINAS SILVIA

DIRECTORES DE TESIS: Dr. ADRIAN ESPINOZA BAUTISTA
CODIRECTOR: DRA. MARIA CRISTINA LEON
GONZÁLEZ



CD. UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F. A 2 DE JUNIO DE 2009

AGRADECIMIENTOS

... A MI MADRE. Por todo tu apoyo, amor y cariño que me has brindado. Gracias por todo lo que has hecho por mí, por tus sacrificios, desvelos, por impulsarme para seguir siempre adelante y por tu infinito amor y comprensión. Gracias por enseñarme que el mejor camino que una persona puede seguir en su vida es el estudio y gracias por ayudarme a cumplir mis sueños.

... A MI PADRE. En tu memoria te la dedico con mucho amor y espero que siempre sigas orgulloso de mí.

... A MI HERMANO. Por ser mi amigo y brindarme tu cariño y tu apoyo.

... A TI MI AMOR. Por ser mi compañero, por compartir tantos momentos bellos, por soñar junto conmigo y por ese infinito amor que me brindas.

... A MI TIA GRACIELA. Por creer en mi e impulsarme para seguir adelante.

... AL PROFESOR ARMANDO SANCHEZ. Gracias por brindarme todo tu apoyo y tu amistad, por enseñarme tantas cosas y por siempre creer en mí. Mil gracias por todo.

... A LA DOCTORA MARIA CRISTINA y ADR. ADRIAN ESPINOZA. Gracias por todo el impulso recibido porque gracias a ustedes fue posible la realización de esta tesis.

... AL PROFESOR HILARIO AVILA. Por ser parte de mi formación en la UNAM, por siempre creer en mí y por todo el apoyo que me ha brindado todos estos años.

... A TODOS MIS AMIGOS. Gracias por ser parte de mi vida, por hacer los días más agradables y por la compañía cariño y comprensión que me han brindado.

Y agradezco a la **Universidad Nacional Autónoma de México** y a la **Facultad de Ingeniería** por los estudios que me han brindado y a todos los profesores que intervinieron en mi formación académica a lo largo de mi carrera.

INDICE	
1. Introducción.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Objetivos.....	1
1.3. Metas	2
1.4. Hipótesis.....	2
1.5. Metodología.....	3
2. Marco teórico.....	5
2.1. Historia.....	5
2.2. Tipos de sillas de ruedas.....	7
2.3. Estudio de mercado.....	10
2.3.1. Estado del arte.....	13
2.3.1.1. Sillas de ruedas existentes en todo el mundo.....	13
2.3.1.2. Sillas de ruedas que se pueden adquirir en México.....	19
2.3.1.3. Sillas de ruedas fabricadas en México.....	20
2.3.2. Mercado Potencial y estadísticas de población.....	21
2.3.3. Especificaciones y normativas de accesos para sillas de ruedas.....	32
2.3.4. Recorrido por las calles del DF.....	42
2.3.4.1. Lista de requerimientos según las condiciones del suelo.....	47
2.4. Estudio ergonómico.....	47
2.4.1. Antropometría	47
2.4.1.1. Mediciones antropométricas.....	48
2.4.2. Postura.....	52
2.4.3. Gerontología y geriatría.....	57
2.4.4. Lista de especificaciones según las necesidades de los ancianos.....	60
2.5. Requisitos de los usuarios.....	61
2.5.1. Resultados de las encuestas.....	64
2.5.2. Lista de especificaciones según los requisitos pedidos.....	67
3. Método de TRIZ.....	68
3.1. ¿Qué es TRIZ?.....	68
3.1.1. Fundamentos de TRIZ.....	69
3.2. Aplicación del método TRIZ.....	80
3.2.1. Aprovechamiento de los recursos invisibles.....	80
3.2.2. Identificación del problema.....	83
3.2.3. Modelo de sistema.....	85
3.2.4. Características y requisitos del producto.....	88
3.2.5. Contradicciones.....	90
3.2.6. Matriz de contradicciones.....	99
4. Propuestas de diseño.....	100
4.1. División de Sistemas	100
4.2. Estructura.....	102
4.2.1. Estudio del sistema.....	102
4.2.2. Síntesis del sistema.....	102
4.2.3. Análisis del sistema.....	107
4.2.4. Subsistemas.....	109
4.2.5. Desarrollo de propuesta.....	110
4.2.6. Análisis en elemento finito.....	113
4.3. Asiento.....	117
4.3.1. Estudio del sistema.....	117
4.3.2. Síntesis del sistema	118
4.3.3. Desarrollo de la propuesta.....	122

4.4. Suspensión.....	124
4.4.1. Estudio del sistema.....	124
4.4.2. Síntesis del sistema.....	125
4.4.3. Análisis en elemento finito.....	125
4.5. Llantas y Frenos.....	129
4.5.1. Estudio del sistema.....	129
4.5.2. Síntesis del sistema.....	130
4.5.2.1. Llantas delanteras.....	130
4.5.2.2. Llantas traseras.....	133
4.5.2.3. Frenos.....	135
5. Conclusiones y Comentarios.....	138
6. Referencias bibliográficas.....	141

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento Del problema

Descripción e importancia del problema

El problema nace en la necesidad de traslado de las personas de edad avanzada (ancianos) que llegan a una etapa de su vida donde las actividades cotidianas se ven afectadas por la falta de movilidad y/o algunas enfermedades que provocan problemas de locomoción o movilidad reducida, como pueden ser paraplejia o tetraplejia o un muy fuerte dolor en las extremidades inferiores al intentar desplazarse con ellas.

En dichas condiciones las personas necesitan de un medio por el cual, se puedan desplazar de un lugar a otro, dentro y fuera de sus casas. Aquí es donde entra la ingeniería como herramienta de ayuda y apoyo en las limitaciones del ser humano.

Desde mediados del siglo VI surgió la idea de una silla de ruedas para el desplazamiento humano, con el paso de los siglos, esta idea fue mejorada y complementada con el avance tecnológico, hasta alcanzar, en nuestros días, la existencia de una gran gama de diversidad de sillas de ruedas manuales y eléctricas.

El verdadero problema radica, en que, las necesidades que surgen en los ancianos, son diversas al resto de las personas, por lo cual, nos enfocaremos únicamente en ellos, evaluando sus necesidades, estudiando su fisiología y antropometría e incluso ubicando esta necesidad en el Distrito Federal recopilando información de los accesos para sillas de ruedas en calles, servicios públicos y algunos otros lugares.

1.2. Objetivos

Objetivo principal y objetivos específicos

El objetivo general de este trabajo es realizar el diseño de una silla de ruedas para ancianos que sea adecuada para trasladarse en el Distrito Federal. Para esto, debemos realizar los siguientes metas:

Hacer un estudio de mercado general de las sillas existentes para después ubicar nuestro problema en el DF evaluando la tecnología actual.

Identificar las necesidades principales de los ancianos, obtener medidas antropométricas y realizar un breve estudio de las condiciones de desplazamiento para sillas de ruedas en el DF.

Incorporaremos el método TRIZ en el proceso de diseño de nuestro producto y presentar una propuesta de diseño en base a nuestros resultados.

1.3. Metas

Una de las principales metas al realizar esta tesis es conjuntar las distintas áreas del diseño, como son, los procesos de inventiva y la ergonomía para desarrollar un producto cómodo, seguro, práctico y funcional.

Otra de las principales metas es llegar a la solución de un problema real que afecta a un grupo específico de la población. Muchas veces éstos, son ignorados o discriminados por su edad, sus enfermedades y limitaciones. Se busca hacer conciencia de las condiciones poco favorables en las que se ven envueltos, así como, transmitir el conocimiento de cómo apoyarlos debido a que la población, en el transcurso de los próximos años, irá envejeciendo paulatinamente y todos nos veremos envueltos en la necesidad de trasladar a familiares por la ciudad en distancias largas e incluso a nosotros mismos.

Cabe mencionar que éste no es un problema exclusivo de la Ciudad de México, pero para fines prácticos se desarrollará solamente estudiando las condiciones de este lugar, pudiendo transpolar esta situación a alguna otra ciudad con características similares.

Alcance del proyecto

Con los estudios antes mencionados y con los resultados dados por la teoría de inventiva TRIZ definiremos los componentes de una silla de ruedas para ancianos. Con esta silla podrán desplazarse más fácilmente en exteriores, aunque no se cuente con condiciones favorables en las calles como son las rampas, pavimento liso, etc.

Viabilidad y alcances del proyecto

La primera parte del proyecto está comprendido por una fuerte investigación bibliográfica la cual se realizó buscando información por Internet, libros, en el INAPAM, directamente en tiendas, entrevistando a usuarios y haciendo un recorrido por las calles del DF.

La segunda es un análisis de la información anterior y un desarrollo de nuevas ideas y propuestas en el cual se utilizó el método TRIZ (Teoría para Resolver Problemas de Inventiva) para resolver nuestros conflictos de inventiva. Por último, se presentará un modelo conceptual que contendrá la solución planteada y se representará con un bosquejo en CAD.

1.4. Hipótesis

Si nosotros estudiamos a los usuarios finales del producto podremos adaptar y/u optimizar el diseño de las sillas de ruedas existentes mejorando así la funcionalidad, seguridad y comodidad que se les brinda, haciendo que el desplazamiento en una silla de ruedas deje de ser tan peligroso e incómodo para los ancianos.

Para conseguir esto, debemos de tomar en cuenta que la fisiología de los ancianos es específica y por lo tanto diferente del resto de las personas de otras edades e incluso de otros países, por lo que, debemos obtener mediciones antropométricas específicas

para definir las medidas de nuestra silla de ruedas. Debemos analizar también, las limitaciones específicas que sufren a causa de la edad y/o de las concomitantes enfermedades que padecen con mayor frecuencia. Todo esto nos ayudará a determinar las características especiales con las que debe contar nuestro producto.

Al realizar un recorrido por las calles y visitar los lugares que más frecuentan, nos dimos cuenta de las condiciones en las que se encuentra el pavimento y la cantidad de rampas existentes esto con el fin de mejorar el desplazamiento y general nuevas soluciones.

Utilizamos el método TRIZ en el desarrollo de diseño de nuestro producto debido a que nos brinda las siguientes ventajas:

- Resuelve los conflictos técnicos aplicando principios de invención estandarizados.
- Conduce hacia el conocimiento científico y técnicos, necesarios para solucionar el problema.
- Es una excelente herramienta para la previsión de tecnología.
- Las soluciones obtenidas son en muchos casos patentables.

Con base en esta información, se evaluaron las sillas existentes en el mercado, así como sus elementos más funcionales y se desarrollaron otras, con el fin de presentar una serie de propuestas que se evaluaron conforme a una matriz de decisión. Que finalmente nos llevo a nuestro resultado.

Los principales requerimientos a las que se pretende llegar y desarrollar son estas posibles soluciones:

- ☉ Que sea útil para trasladar a los ancianos.
- ☉ De bajo costo (Para que la mayor parte de la población pueda adquirirla).
- ☉ De materiales ligeros (Para poder cargar la silla de ruedas junto con el anciano en las ocasiones que sean necesarias).
- ☉ Con algunos elementos comerciales para facilitar su fabricación (que no eleven la complejidad de la fabricación y disminuyan el costo de esta).
- ☉ Que se pueda desplazar lo más eficientemente posible en la zona Metropolitana teniendo en cuenta que la mayoría de los medios de transporte colectivos no cuentan con accesos para silla de ruedas, el pavimento en las calles presentan irregularidades y los accesos especiales a lugares e incluso a las casas o departamento donde habitan estas personas son escasos o nulos.

1.5. Metodología

Dividiremos el proyecto en 5 capítulos:

- ☼ Introducción
- ☼ Marco teórico
- ☼ Aplicación de la teoría TRIZ
- ☼ Elaboración de una propuesta
- ☼ Conclusiones

La **introducción** de este proyecto se realizó con la información generada planteando el problema, los objetivos, los fundamentos teóricos e hipótesis, la metodología y la descripción de actividades.

En el capítulo 2 del **marco teórico** se hizo un estudio de mercado donde se realizará una investigación de las sillas de ruedas existentes en el mundo. Después nos enfocaremos en las sillas que se fabrican en México y/o se pueden adquirir en el Distrito Federal.

Se recopiló estadísticas de personas ancianas que necesitan usar sillas de ruedas, quejas y sugerencias de los usuarios y un breve estudio de las condiciones de desplazamiento en el distrito federal incluyendo pavimentación, accesos a banquetas, centros comerciales, transporte público, etc.

Se recopiló información acerca de los ancianos, las posturas de sedentes y sus necesidades específicas de ellos así como las enfermedades más comunes, esto con el fin de determinar sus limitaciones específicas. Se tomará un modelo (una persona de más de 60 años) para obtener las medidas específicas de la silla.

Se analizará la información elegirá la más útil y se realizara una evaluación para determinar las características de nuestra silla así como la lista de especificaciones técnicas.

En el tercer capítulo se implementa el uso del **la teoría TRIZ** para solucionar conflictos y contradicciones con el fin de presentar soluciones viables que cumplan con nuestra lista de especificaciones antes mencionada.

Con esta información en el cuarto capítulo se desarrolla **una propuesta de diseño** a nivel conceptual haciendo una división de sistemas: estructura, asiento, suspensión, llantas y frenos para analizarse por separado y generar posibles soluciones con ayuda de una matriz de solución. Con esto se genera un bosquejo final con lo cual presentaremos nuestro bosquejo generado en CAD.

Finalmente con estos resultados, podremos plantear las **conclusiones** y comentarios pertinentes que resuelven nuestro objetivo principal, así como autoevaluar nuestro propio diseño en cuanto a costos y viabilidad.

2. MARCO TEORICO

2.1. Historia

Las enfermedades, los traumatismos y las limitaciones propias del envejecimiento han creado una necesidad de crear sillas de ruedas desde hace muchos años. Algunos historiadores incluso han sugerido que como la evidencia más antigua de sillas y ruedas data de alrededor de 4000 AC ¹, es posible que estas dos ideas fueran combinadas para hacer una silla con ruedas cerca de seis mil años atrás. La primera prueba clara de una silla de ruedas, es de una imagen china grabada en 525 DC.

Cualquier historia subsiguiente de la silla de ruedas es difícil de documentar hasta 1595. Este fue el año en que un artista dibujó un borrador del Rey español, Felipe II de España (1527 - 1598), sentado en una silla que tenía pequeñas ruedas montadas al final de cada pata. Los rasgos de la silla incluían una plataforma levantada para las piernas del Rey y un respaldo ajustable.



Figura 1.1 (El rey Felipe II en el primer prototipo de silla hecha en el año de 1595)

La silla del Rey Felipe no era auto-propulsada; él dependía de un cortesano o un sirviente para empujarla. La primera instancia documentada de una persona discapacitada con movilidad independiente fue en 1655 cuando Stephen Farfler, un relojero parapléjico, construyó una silla que parecía robusta sobre un chasis de tres ruedas. Sujeta a cada lado de la rueda frontal solo tenía una única manivela que Stephen giraba para impulsarse hacia adelante.

El siguiente desarrollo fue una silla inventada en 1783 por John Dawson. Dawson trabajaba en Bath, Inglaterra, a donde muchos inválidos viajaban para beber y bañarse en las aguas del balneario. La silla "Bath" de Dawson, con su tercera rueda que el ocupante podía dirigir usando una manivela rígida agregada, fue un gran suceso. Hubo un número de versiones, algunas de ellas abiertas, otras con capuchas y frentes de vidrio, pero todas debían ser empujadas desde atrás o tiradas por un pequeño caballo o burro.

Las primeras sillas estaban hechas de madera, eran muy pesadas de acuerdo a los estándares de hoy en día, y tenían respaldos altos. Proveían una movilidad muy limitada; la mayoría de los usuarios incluso no podían empujarse a sí mismos y tenían que depender de otras personas para empujarlos.

Durante el siglo diecinueve, las sillas de ruedas se volvieron menos voluminosas y más cómodas. Como resultado, algunos usuarios fueron capaces de girar las grandes ruedas traseras con sus manos, aunque ésto podía ser desagradable, si la silla corría a través de un charco de lodo. El problema se solucionó en 1881 cuando los fabricantes empezaron a agregar un segundo borde con una menor circunferencia a cada rueda. Estos bordes mantenían las manos limpias y se conocieron como bordes de empuje.



Figura 1.2 (El presidente Rousvel en su silla de ruedas)

A comienzos del siglo veinte, las sillas de ruedas se habían desarrollado aún más y disponían de ruedas con rayos de alambre, respaldos ajustables, y apoyos móviles para brazos y pies. También había modelos livianos hechos de mimbre montados sobre marcos de metal.

En 1915, los ingenieros británicos produjeron la primera silla de ruedas motorizada, aunque la mayoría de los usuarios continuaron con las versiones manuales, que se estaban volviendo mucho más baratas. A pesar de esto, las sillas aún eran rígidas y difíciles de guardar y transportar, particularmente en autos. Pero en 1932, un ingeniero de Los Ángeles llamado Harry Jennings diseñó y construyó una silla plegable para su amigo, Herbert Everest. Ellos inmediatamente vieron el potencial de este invento y establecieron una compañía para producir en masa, las nuevas sillas portátiles. Estos fueron los precursores de las sillas de ruedas de uso común hoy en día.

Las primeras sillas a poder usaban cintas en el tren de tracción. El motor encendía un rotor que tenía una cinta enrollada a su alrededor, y la cinta transmitía la energía a las ruedas. Las sillas de hoy en día usan transmisión directa, significando que el motor enciende engranajes que encendidos mueven la energía a través de una transmisión de engranajes a las ruedas. La transmisión directa es más confiable y necesita menos mantenimiento.

Las sillas a poder en un tiempo fueron llamadas en realidad "sillas eléctricas", hasta que los comerciantes se dieron cuenta de que el público pensaba en las sillas eléctricas como máquinas para ejecuciones. Las primeras sillas a poder eran sillas manuales con baterías y mecanismos de engranaje hechos de cualquier forma. Las sillas eran abultadas y difíciles de manejar. Los diseñadores han arreglado esos problemas desde entonces, y las sillas a poder modernas tienen todos sus elementos integrados en un sistema coherente. Mientras las primeras sillas a poder usaban la energía eléctrica sólo para mover las ruedas hacia adelante, los sistemas de hoy en día incluyen ajustes motorizados para los asientos, los descansos de los pies, los respaldos y los reposacabezas.

La compañía Everest and Jennings dominó la industria de las sillas de ruedas durante mediados del siglo 20. Tenían tanta participación en el mercado que enfrentaron cargos por fijar los precios demasiado altos, y el Departamento de Justicia de los EEUU levantó una demanda anti-monopolio contra ellos. Surgieron nuevas compañías con diseños innovadores, y expandieron el rango de opciones para los usuarios de sillas de ruedas.¹

2.2. Tipos de Sillas de Ruedas

Las sillas de ruedas a través de los años han evolucionado de una manera impresionante, poniendo de manifiesto la aplicación de la ingeniería en beneficio de la humanidad.

Hoy en día se encuentran circulando en el mercado una gran variedad de sillas de ruedas que van desde las manuales, de traslado, para deportistas, para viajes, para niños, para discapacitados, eléctricas, scooters, adaptaciones para autos, etc. desarrolladas para todo tipo de personas, de diferentes precios, materiales, e incluso para diferentes tipos de ciudades.

El rango de sillas de ruedas refleja la demanda para cubrir necesidades individuales.

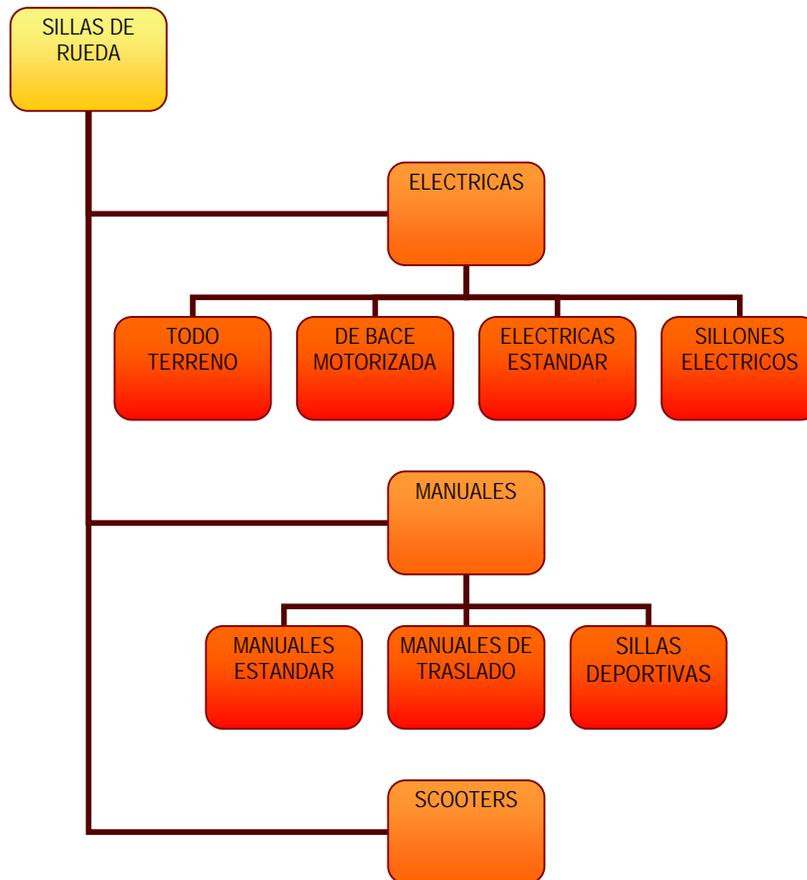


Figura 2.3

Sillas de ruedas manuales

Como lo sugiere su nombre, las sillas de ruedas manuales son aquellas movidas por el usuario o un ayudante. Las sillas propulsadas por uno mismo usualmente tienen ruedas traseras de entre 20 y 26 pulgadas de diámetro fijadas a un eje y posicionadas de forma que los usuarios

pueden moverlas empujando hacia abajo o tirando hacia arriba los bordes para empujarse. Por eso los usuarios pueden viajar hacia adelante y hacia atrás a velocidades dictadas por la cantidad de fuerza que son capaces de aplicar.

Controlando los bordes para empujar, los usuarios también pueden girar a la izquierda o a la derecha y sortear pequeñas depresiones y subidas que se encuentren por delante. Para operar sillas de ruedas manuales exitosamente, los usuarios deben tener un buen tono muscular y coordinación en sus brazos y hombros.

Existen métodos alternativos de propulsión incluyen pedales para los pies y palancas accionadas con la mano.

Sillas manuales de traslado

Las sillas manuales para tránsito generalmente tienen ruedas traseras pequeñas sin bordes para empujar. Estas sillas de ruedas son más vistas en edificios como aeropuertos y hospitales donde los porteros actúan como ayudantes.

Sillas para deportes

Desde los 1970s, los atletas discapacitados han tenido una colección de sillas de ruedas especiales para ayudarles a alcanzar lo mejor de su deporte. Estas sillas pueden ser muy diferentes entre sí, pero lo que usualmente tienen en común es:

- Marcos livianos hechos de materiales compuestos.
- Solidez (que significa que son de estructuras rígidas que no se pliegan).
- estabilidad mejorada para giros bruscos (esto se alcanza usando ruedas en ángulo).

Sillas de ruedas eléctricas

Las sillas de ruedas con motor eléctrico son ideales para cualquiera que no posea la fuerza o la habilidad para arreglárselas con una silla manual. Las baterías recargables montadas bajo el asiento suministran la energía para los motores eléctricos que impulsan dos o bien las cuatro ruedas. Como con los autos, los diferentes arreglos de tracción determinan la forma en que la silla de ruedas se mueve y se maniobra.

Las baterías vienen en tres tipos: célula-húmeda, célula-gel, y AGM (alfombra de vidrio absorbida, del inglés "absorbed glass mat").

- Las baterías de célula-húmeda son las más livianas, más baratas y menos plausibles de ser sobrecargadas. Tienen a gotear, sin embargo, por lo que no pueden llevarse en aviones.
- Las baterías de célula-gel son más pesadas pero no gotean. Duran más tiempo que las baterías de célula-húmeda y son aceptables para viajes aéreos.
- Las baterías AGM son pesadas y costosas, pero son adecuadas para aviones, son resistentes al choque y a prueba de pérdidas, y no requieren mantenimiento.

Las baterías mencionadas pueden necesitar ser cargadas por una unidad separada, pero las sillas de ruedas eléctricas más modernas simplemente pueden enchufarse a un tomacorriente. Aparte de la elección de las baterías, existen opciones para manejar la dirección y velocidad de las sillas de ruedas eléctricas. Muchas tienen una pequeña unidad de mando que se monta al

final de un reposabrazos o en una barra que se balancea frente al usuario una vez que él o ella está sentado.

El nivel de discapacidad presentado en los usuarios de la sillas de ruedas eléctricas también se refleja en el diseño de otras características, éstas incluyen:

- Mecanismos de giro.
- Respaldos reclinables.
- Elevadores para asiento, piernas o brazos.

La mayoría de estas funciones son controladas por pequeños motores eléctricos y permite a los usuarios sentirse tan confortables como sea posible en la silla.

Sillas tipo scooter

Las sillas tipo scooter (i.e. wheelbase) tienen cuatro pequeñas ruedas que se extienden desde una plataforma baja. El tipo de silla montada sobre esta plataforma varía de acuerdo con la discapacidad y las necesidades del usuario, algunas incluso son modeladas a partir de un molde tomado de la postura más apropiada del usuario sentado.

Una de las ventajas de las máquinas tipo scooter es que la silla puede pivotar y permitir al usuario subirse de cualquiera de los lados. Una desventaja es que el usuario debe mantener una postura rígida cuando maneja. Esto significa que las sillas tipo scooter rara vez son apropiadas para los discapacitados.

Los controles de las sillas tipo scooter se montan en un marco que se curva hacia arriba desde el frente de la plataforma hasta una altura y posición convenientes para el usuario. Una barra de manejo horizontal se adjunta a través de la parte superior del marco.

SILLAS DE RUEDAS ESPECIALES

Sillas de ruedas Verticalizables

Las sillas de ruedas para pararse están ajustadas con una bomba hidráulica que levanta y gira el asiento, permitiendo al usuario "pararse" y aún tener soporte completo. Esta es una característica invaluable si el usuario necesita alcanzar un artículo en un estante tanto en casa como fuera.

Sillas de ruedas bariátricas

Las sillas de ruedas convencionales no pueden soportar en forma segura pesos mayores a 250 libras. Una silla de ruedas bariátrica, sin embargo, puede resistir a alguien que pese tanto como 1000 libras. La capacidad de peso de una silla bariátrica, y las medidas del asiento, varían.

Sillas de ruedas pediátricas

Las sillas de ruedas pediátricas están diseñadas para niños discapacitados. Las sillas no sólo son más pequeñas que los equivalentes convencionales; pueden ser ajustadas en algunas instancias para dar a los niños la máxima libertad para sentarse, reclinarse, y recostarse.

Sillas para nieve

Este tipo de silla de rueda suele tener llantas que se adaptan a el tipo de piso para no resbalar en la nieve y tres ruedas para tener mayor estabilidad, generalmente estas modificaciones son exclusivas para las personas que así lo requieren.²



Figura 2.4

2.3. Estudio del mercado

Objetivo del estudio del mercado

Un estudio de mercado debe servir para tener una noción clara de la cantidad de consumidores que habrán de adquirir el bien o servicio que se piensa vender, dentro de un espacio definido, durante un periodo de mediano plazo y a qué precio están dispuestos a obtenerlo.

Adicionalmente, el estudio de mercado va a indicar si las características y especificaciones del producto corresponden a las que puede adquirir el cliente. Nos dirá igualmente qué tipo de clientes son los interesados en nuestros bienes, lo cual servirá para orientar la producción. Finalmente, el estudio de mercado nos dará la información acerca del precio apropiado para colocar nuestro bien o servicio y competir en el mercado, o bien imponer un nuevo precio por alguna razón justificada.

Por otra parte, cuando el estudio se hace como paso inicial de un propósito de inversión, ayuda a conocer el mercado y las características que harán que el producto sea innovador y cumpla con las expectativas del cliente.

Con ayuda del estudio de mercado se trata de probar que existe un número suficiente de consumidores que en determinadas condiciones presentan una demanda que justifica la inversión en un programa de producción de un bien durante cierto periodo de tiempo, sin perder de vista, que la clave es conocer el nicho de mercado; las necesidades de los consumidores es lo mas importante para poder definir mejor lo que vamos a diseñar y para quienes.

Estudio de mercado para el diseño de una silla de ruedas geriátrica

Actualmente ya existe el concepto de la silla de rueda geriátrica en Europa, pero, el objetivo de esta tesis es diseñar otra especialmente para el anciano mexicano, que se adapte a las condiciones sociales, económicas, antropométricas y urbanas de nuestra ciudad.

Para ello realizaremos unos estudios culturales y de mercado en, los cuales, reuniremos datos del mercado actual, características del producto y necesidades del consumidor.

Primero que nada se revisan las tecnologías actuales que existen en todo el mundo y en nuestro país, esto con el fin de identificar, el tipo de tecnología que se ha usado en los últimos años para sillas de ruedas y comparar precios y beneficios de éstas, con el fin de extraer las características más importantes para contemplarlas en el diseño de nuestra silla.

Identificar la cantidad de clientes potenciales que existen en el DF y analizar su estilo de vida, vivienda e ingresos para conocer claramente el número de clientes, la tasa de incremento estatal de este sector y su poder adquisitivo.

Posteriormente realizaremos un breve estudio de las condiciones urbanas del DF con el fin de contemplar las características ideales para el tránsito de una silla de ruedas, refiriéndonos con mayor énfasis a los lugares que frecuentan los ancianos, así como, el tipo de transporte que utilizan. Esto nos ayudará a contabilizar la cantidad de accesos que existen para las sillas de ruedas.

Posteriormente nos enfocaremos en uno de los puntos más importantes: conocer al cliente. Para ello realizaremos un estudio antropométrico que nos dará como resultado las dimensiones finales de nuestro producto, esto con el fin de adaptar el producto al cliente y no al revés, como se ha venido manejando en nuestro país a través de los años.

Finalmente, comenzaremos la interacción directa con los consumidores y los clientes potenciales con el fin de entender sus necesidades a través de una breve introducción a la medicina geriátrica y la gerontología para conocer sus limitaciones y enfermedades más comunes. Esta información será complementada con ayuda de cuestionarios que nos darán su opinión personal así como sus quejas y sugerencias acerca de los productos que existen en el mercado.

El siguiente cuadro muestra la distribución del estudio del mercado ubicando los parámetros más importantes donde se utilizara y aplicará cada uno de los puntos antes mencionados.

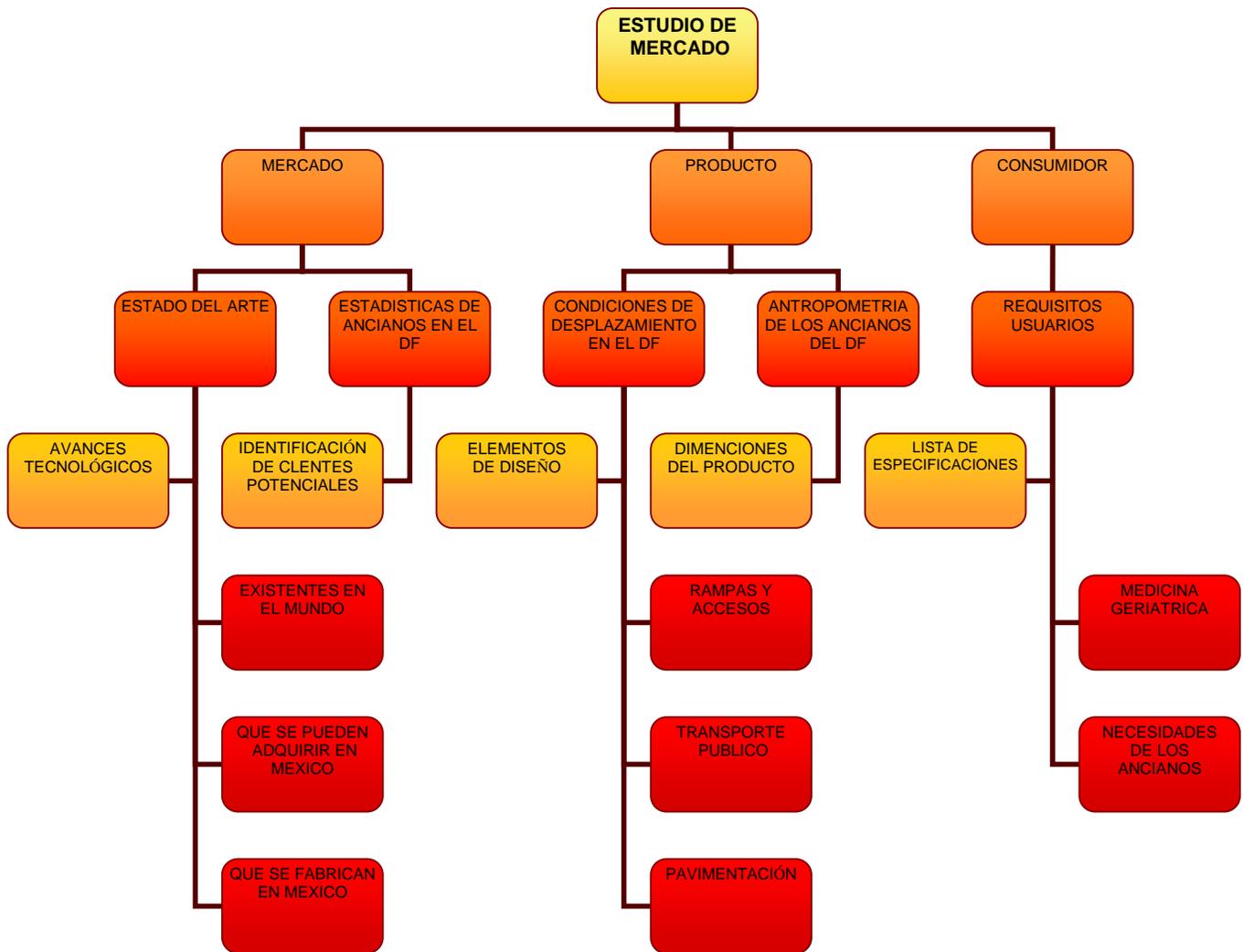


Figura 2.5

Investigación de Mercado

La investigación de mercado es la función que vincula al consumidor, al cliente y al público con el mercadólogo a través de la información. Esta información se utilizará para identificar y definir oportunidades y problemas de mercadotecnia. La información de mercados especifica la información requerida para atender estos aspectos, diseñar el método para recabar la información, administrar e implementar el proceso de recolección de datos, analizar sus hallazgos y sus implicaciones.

Para que la investigación sea eficaz es importante que se establezcan objetivos específicos medibles. El papel de la investigación de mercado es proporcionar medidas para estos objetivos y enfocar más los estudios para analizar mejor los resultados.

Mercado Internacional

El aumento en el comercio internacional y la aparición de oportunidades globales que surgen de una creciente globalización, ha tenido un fuerte impacto en todas las facetas de los negocios, incluyendo la investigación de mercados. El incremento de la competencia global junto con la formación de bloques comerciales regionales como la Comunidad Europea y el Tratado de Libre Comercio de America del Norte, han impulsado el crecimiento de corporaciones globales y la importación de tecnología.

El aumento del mercado, más la necesidad de recopilar información en relación con mercados internacionales y nuevas tecnologías nos a llevado a monitorear las tendencias en estos mercados, así como realizar investigación para determinar estrategias apropiadas que sean más eficaces en nuestro mercado.

Esto nos ayudará a tener un panorama general de la tecnología de sillas de ruedas existentes en todo el mundo.

2.3.1. ESTADO DEL ARTE

2.3.1.1. Modelos existentes en el mudo

Fabricantes de sillas de ruedas eléctricas y scooters

Las sillas eléctricas y los scooters son las que predominan en los países desarrollados o de primer mundo, debido a la comodidad y ventajas que presentan. Sus precios son muy elevados, pero su desempeño en estos países en específico es excelente.



Figura 2.6

El principal fabricante de sillas de ruedas en el mundo son los Estados Unidos los cuales presenta una gran gama de diversidad de empresas y marcas que destacan a nivel mundial, ellos exportan sus productos a lo 5 continentes, cabe destacar, que son los que invierten en una mayor publicidad para introducir sus productos al mercado. Otros de los países líderes en la fabricación y exportación de sillas de ruedas eléctricas son Francia, Bélgica y Australia.

Estos países se enfocan más en el desarrollo y la fabricación de sillas de rueda eléctricas, semi eléctricas y scooters, presentando modelos sumamente innovadores y de gran calidad, la mayoría de estos productos están a la venta vía Internet o en las ciudades a las cuales son exportados estos productos (generalmente países europeos, Estados Unidos y Canadá)

Modelos de sillas de ruedas eléctricas

Las sillas de rueda eléctrica están diseñadas principalmente para personas ancianas que viven en ciudades donde existe una gran conciencia moral en a favor de los discapacitados, en donde las leyes obligan a los establecimientos, oficinas, edificios, hospitales, obras publicas, etc. A contar con rampas y accesos para discapacitados. Aquí se presentan las sillas de rueda más comunes que se encuentran en el mercado con sus diferentes características.



Figura 2.7

Este es el modelo más simple y común. Las baterías se colocan debajo del asiento, cuenta con descansa brazos y pies, los controles de velocidad se encuentran del lado derecho, es de tracción trasera y debido al sistema eléctrico su peso se incrementa notablemente. Algunas son de aluminio o acero, y el asiento brinda una buena postura ergonómica. Cuentan con cinturón de seguridad y frenos independientes. La mayoría son fabricadas en Estados unidos y su precio varia según la marca que oscila entre los \$30,000 a \$40,000 pesos mexicanos. Cabe mencionar que este modelo si es exportado a tiendas de México.

Otro modelo que encontramos en Norteamérica y Europa es la silla reclinable. Esta cuenta con amortiguadores laterales y un sistema reclinable. Estas sillas parecen más ergonómicas debido a la postura que se puede adoptar pero gracias a la complejidad de sus sistemas su costo y peso se eleva y varía de los 2880€ a los 6700€.



Figura 2.8



Figura 2.9

Un modelo más ligero y más práctico es el de base motorizada. Estos modelos también cuentan con baterías recargables que duran aproximadamente 8 horas, su peso es ligeramente menor a los 43kg, alcanzan velocidades de 6Km/h, tienen llantas semineumáticas, cuentan con un descansa pies delantero, son de tracción trasera y algunas se pueden desmontar en 2 o 3 partes y guardarse en la cajuela de un auto.



Figura 2.10



Figura 2.11



Figura 2.12

Algunos modelos cuentan con asientos más anatómicos y permiten mayor libertad de movimiento que los modelos anteriores. Los precios de estas sillas son alrededor de los \$30,000 a los 2790€, su precio incrementa con la marca y la calidad.



Figura 2.13



Figura 2.14

Las sillas eléctricas verticalizables son una gran innovación que predomina Europa y parte de Estados Unidos. Estas sillas proponen un innovador sistema de elevación para alcanzar una postura completamente erguida, esto facilita a las personas a realizar tareas de la vida cotidiana sin necesidad de ayuda de terceros. Estas sillas pueden ser totalmente automáticas o semiautomáticas (en donde el sistema de levantamiento es la parte eléctrica). Su precio es de 5995 €



Figura 2.15



Figura 2.16



Figura 2.17



Figura 2.18

Una de las sillas más sofisticadas es la silla 4 x 4. La característica principal de esta es que su uso es todo terreno, y es útil para utilizarla en lugares montañosos que no cuentan con caminos pavimentados. Esta silla sopota condiciones extremas como son: agua, tierra, lodo, rocas, nieve, etc. Esta silla motorizada es ergonómica, segura y muy practica. Se encuentra a la venta vía Internet o directamente en sus sucursales (USA, Francia y Bélgica) a un precio va de 8250€ a los 16 995 dólares.



Figura 2.19



Figura 2.20



Figura 2.21



Figura 2.22

Modelo de scooters

Los scooters son otra modalidad de las sillas de ruedas eléctricas, y son muy parecidos a las motonetas pero de menores dimensiones. Estos son pensados para personas adultas que tienen una lenta movilidad y que desean desplazarse con mayor rapidez o a una gran distancia. En el mundo existen diversos tipos de scooters pero se diferencian principalmente por su sencillez o complejidad, así como por los elementos que los componen.

Existen los scooters pequeños, estos son ligeros, sencillos, con un asiento reducido, de 3 ruedas, con una canastilla pequeña al frente y algunos se pueden doblar y guardar en una cajuela de auto. Estos se pueden adquirir en las tiendas de México o via Internet en el lugar de su fabricación. Sus costos van desde los \$12,900 pesos mexicanos hasta los 1,550€.



Figura 2.23



Figura 2.24

Los scooters grandes son muy similares pero su grado de complejidad y su costo aumentan. Estos son de 4 ruedas, más anchos, el asiento es más grande y cómodo, son para personas de mayor peso y contienen elementos como faros, espejos retrovisores, etc. El costo de estos va de los \$37,400 a los 7,150€.



Figura 2.25



Figura 2.26



Figura 2.27



Figura 2.28

También existe un innovador Scooter que lleva una cabina. Este es similar que el anterior, pero está dentro de una cubierta. Tiene suspensión delantera y trasera, calefacción, limpia parabrisas en sus 4 ventanas, un asiento grande y cómodo y es ideal para climas lluviosos.



Figura 2.29

Sillas de ruedas manuales

Las sillas de rueda manuales, son las que persisten y se usan en todas partes del mundo, simplificando por mucho el mecanismo, el precio, la complejidad y en la mayoría de los casos la comodidad. Estas llegan a casi todos los rincones del mundo.

Los principales fabricantes de sillas de ruedas son los Estados Unidos, Brasil, etc. Pero muchas de esas empresas tienen sus fábricas (como generalmente ocurre con la mayoría de los productos) en China y Taiwán.

Existen 2 tipos de sillas de ruedas: las de traslado y las estándar. Estas van variando su precio y calidad de acuerdo con el fabricante y la complejidad de estas.

Las sillas de rudas estándar, son sillas de ruedas manuales que tienen las ruedas traseras grandes (aprox. 24") y las delanteras pequeñas (aprox. 8"), esto con el fin de que el usuario se pueda impulsar por si mismo. Estas también cuentan con mangos traseros para que alguien más pueda impulsar al usuario. El tipo de material, las características particulares y el fabricante determinan el precio de estas. La mayoría cuentan con descansa pies y descansa brazos pero no todas llegan a ser ergonómicas. Se pueden encontrar desde los \$1200 pesos mexicanos en adelante.



Figura 2.30



Figura 2.31



Figura 2.32



Figura 2.33



Figura 2.34

Al igual que las sillas eléctricas verticalizables también existe una silla de ruedas manual verticalizable. El mecanismo para levantar a la persona es manual y se ayuda de un balanceo, estas sillas son importadas, y por su mecanismo su grado de complejidad aumenta así como su precio.



Figura 2.35



Figura 2.36

Sillas de ruedas de traslado

Estas sillas se caracterizan por el tamaño de sus llantas y el tipo de personas que las utilizan. Los principales usuarios son ancianos o personas que no se pueden impulsarse por sí mismos. Por ello el tamaño de las llantas es evidentemente muy pequeño, siendo estas generalmente de 8". Estas son sillas de poco uso porque las personas no se encuentran en la silla todo el día, solo la utiliza para trasladarse a otro lugar y la mayoría de los modelos existentes no son ergonómicos. Estas sillas son un modelo muy sencillo y son las más baratas del mercado. Su precio va de \$700 pesos mexicanos en adelante.



Figura 2.37



Figura 2.38



Figura 2.39

2.3.1.2. Sillas de ruedas que se pueden adquirir en México

En México se pueden adquirir sillas de ruedas manuales, eléctricas y algunos scooters vía Internet, cabe mencionar que no todas las marcas extranjeras hacen envíos a nuestro país. Directamente en las tiendas de aparatos Ortopédicos venden una muy reducida diversidad de modelos y marcas, que generalmente son echas en China, Taiwán, y Estados Unidos. Curiosamente las sillas de ruedas Mexicanas no están a la venta en estas tiendas, solo se pueden adquirir por Internet o directamente con los fabricantes. Los precios y la calidad de estos productos varían considerablemente. Aquí mostramos una tabla de la información recopilada en algunas tiendas de la ciudad de México:

Tienda	Dirección	Telefono	Tipo de sillas
Medilab S:A de C.V.	Av. Álvaro Obregón 190 Col. Roma	55845800	eléctricas y scooters
Rehabilimax	Dakota #287 Loc. B Col. Napoles	55369478	manuales y eléctricas
Servicam	Zacatecas esquina Tonalá 133 Col. Roma	55640341	manuales
Alquiladora Medical S.A. de C.V.	Isabel La Católica #78 Col. Álamos	55791151	manuales
Medica Store	Ejercito Nacional (Polanco)	53400500	eléctricas y manuales
Ferretería Frama	Universidad 622	56042549	manuales
Rehamedica	Xola 1561-B Col. Narvarte	36264670	manuales, eléctricas y scooters
Proveedor Médico Científico	Motolinea #16 Col. Centro	55186668	manuales
Imperio Aguilar Madame Bubarry	Motolinea #6-A Col. Centro	55120726	manuales

Tabla 2.1

En estas tiendas encontramos las siguientes marcas y precios.

Marca	Tipo de silla	Precio	Características
Everest	manual	\$2,675	Estándar
Everest	Traslado	\$2,800	Aluminio
Medica Store	manual	\$3,500	Estándar
Lotus	eléctrica	\$39,000	estándar con batería
Lotus	eléctrica	\$10,230	Reclinable tipo cama
CTM	eléctrica	\$28,530	base motorizada sillón grande
CTM	eléctrica	\$29,685	base motorizada sillón fijo
CTM	Scooter	\$37,400	sillón grande
CTM	Scooter	\$15,000	sillón chico
Karma	manual	\$6,325	estándar ergonómica
Karma	traslado	\$2,350	Económica
Movicare	manual	\$1,850	Económica
Patendet	manual	\$5,200	Duraluminio
Re Activ	manual	\$1,800	Económica
Aegls	manual	\$4,455	Duraluminio
Drive	manual	\$1,770	Estándar
Drive	traslado	\$900	Económica
Fly	manual	\$1,500	Estándar económica
Fly	manual	\$1100	Estándar económica
Fly	traslado	\$700	Económica

Tabla 2.2

2.3.1.3. Sillas de rudas que se fabrican en México

En México existen pocas empresas que dedican a la fabricación y venta de sillas de ruedas. La principal marca es Aktiva que es una empresa fundada por discapacitados, los cuales realizan sus propios diseños y tienen un enfoque especialmente para personas con problemas de paraplejía que pretenden llevar una vida normal, por lo que el diseño de sus sillas es mas deportivo y lo han estado adaptando a las necesidades cotidianas de la ciudad con el fin de valerse por si mismos.



Figura 2.40



Figura 2.41



Figura 2.42



Figura 2.43



Figura 2.44

Estas sillas muestran un innovador amortiguador que es ideal para desplazarse en la ciudad, sobre todo para evitar la incomodidad de las irregularidades en las calles de la ciudad de México. Esta empresa también fabrica sillas para deportistas y son de muy alta calidad y sus precios van desde los \$6950 a \$9200.

Otra marca mexicana que encontramos en el mercado es Fábricas Ortosillas Anahuac la cual se dedica a fabricar sillas de ruedas manuales y distintos tipos de aparatos ortopédicos. Sus modelos son muy sencillos, son de acero y su costo es muy bajo y a su vez accesible para personas de bajos recursos. Sus precios oscilan entre los \$1100 y \$1300.



Figura 2.45



Figura 2.46



Figura 2.47

Ahora realizaremos un listado de la tecnología que nos podría ser útil en el desarrollo de nuestra propuesta de diseño que plantearemos mas adelante.

Características más importantes

Enlistaremos las características más importantes que encontramos en los modelos de sillas de ruedas antes revisados:

- ✿ Considerar una silla de ruedas manual. Es más económica y por lo tanto más accesible.
- ✿ Preferir la configuración de la silla de ruedas de traslado debido al tipo de usuario. Son personas mayores y generalmente son cuidadas por un tercero.
- ✿ De materiales ligeros para que esta no pese tanto y sea fácil de cargar.
- ✿ Que sea verticalizable para facilitar al usuario a ponerse de pie.
- ✿ Que cuente con un asiento ergonómico, eficiente, seguro y cómodo con acolchonamiento adecuado.
- ✿ Que sea reclinable para dar mayor descanso a las personas que necesitan para mucho tiempo sentadas y mejorar la circulación.

2.3.2. Mercado Potencial y estadísticas de población

Los mercados están constituidos por personas, hogares, empresas o instituciones que demandan productos, estos productos deben de cubrir los requerimientos particulares de estos mercados para proporcionarles una mejor satisfacción de sus necesidades específicas.

El mercado total está conformado por el universo con necesidades que pueden ser satisfechas por la oferta de una empresa y los clientes potenciales están conformados por todos los entes del mercado total que además de desear un servicio o un bien, están en condiciones de adquirirlo.

El estudio del mercado potencial nos ayudará a estimar la extensión de los probables consumidores o usuarios y determinar el segmento de la población que será la que adquiera el producto.

Para ello debemos conocer la cantidad de consumidores que existen en nuestra región, su tasa de crecimiento y caracterizar la capacidad de compra de éstos. En este caso hemos designado como clientes potenciales a los adultos mayores que habitan en la Ciudad de México, que son las personas a las que va enfocado nuestro producto.

Según la Ley de los Derechos de las Personas Adultas Mayores del Instituto Nacional de las Personas Adultas Mayores (INAPAM), Adultos mayores son aquellas personas que cuenten con sesenta años o más edad.

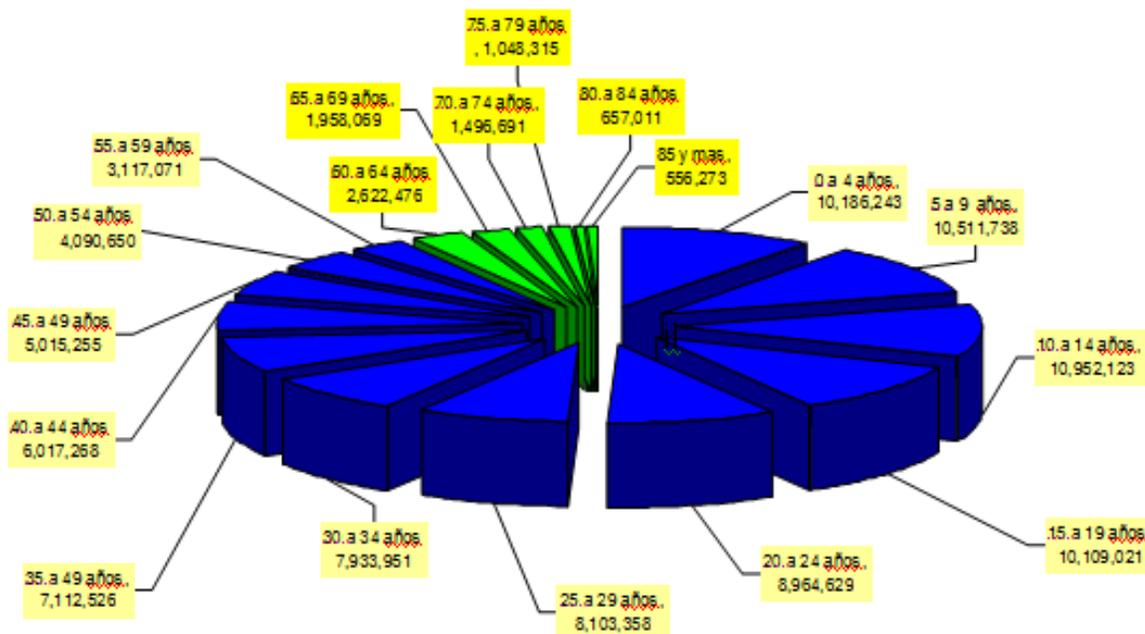
Estadísticas del País

Antes de comenzar daremos una breve reseña de la población actual del país y las tendencias de natalidad y mortandad que existen en México con el fin de mostrar el panorama amplio que presenta nuestro país como un ente social y cultural.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Población (Conapo), en el censo realizado en 2005 se estimaron 103,263,388 habitantes en el País de los cuales 8,338,835 fueron personas de 60 años y mas. México existen más de 8 millones de adultos mayores, de los cuales 876 mil habitan en el Distrito Federal, que representan 10.5% del total de población nacional.

En la siguiente gráfica podemos observar la parte de la población que representan las personas con forme a su edad divididos en intervalos de 5 años. En México la cantidad de personas mayores es considerable con relación de la cantidad total del país.

Población total en México para el censo de 2005

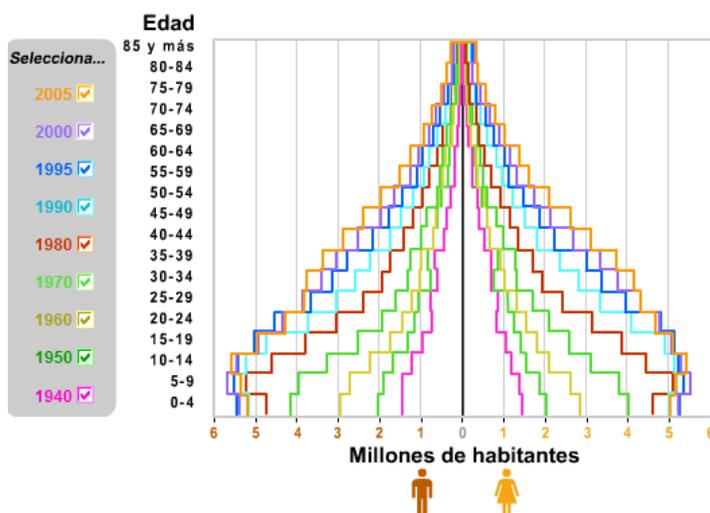


Gráfica 2.1

El fenómeno de envejecimiento de la población aumenta gracias al incremento de la esperanza de vida. La mortalidad ha disminuido, y la esperanza de vida de los mexicanos aumentó de 74.0 a 75.2 años durante los últimos años, lo que equivale a una reducción del riesgo de morir de dos por ciento anual para ambos sexos.

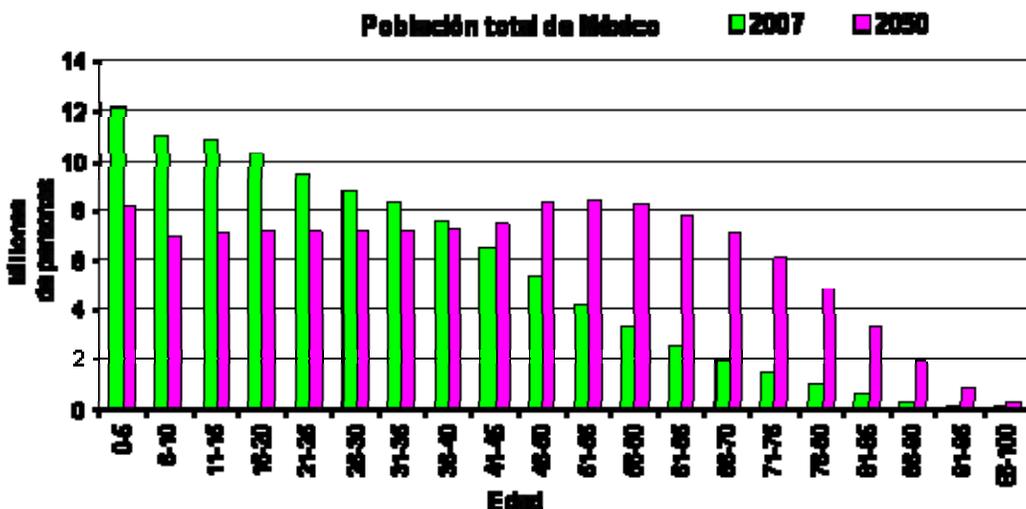
Esto es la consecuencia de un proyecto de nación debido a que las enfermedades que antes eran mortales ahora ya son curadas si se detectan a tiempo y mas personas viven más años.

En la siguiente tabla proporcionada por el INEGI podemos observar como ha ido aumentando la población desde los años cuarentas y como la tasa de natalidad ha comentado a decrecer en los últimos 5 años mientras que la esperanza de vida va siendo cada vez mayor.



Según las proyecciones de CONAPO la esperanza de vida de las personas alcanzará 81.9 años en 2050 y las mujeres vivirán más que los hombres. Lo anterior se debe por la mejora en la calidad de vida, la salud y la reducción en la mortalidad, entre otros factores.

Sus proyecciones estiman que para 2050 el aumento de la población será mayor en el grupo de personas con edades de 40 años y más, cómo se observa en la siguiente gráfica.



Gráfica 2.3 (Fuente: Elaborado por la Dirección General de Estudios sobre Consumo de la Profeco, con información del Consejo Nacional de la Población, Proyecciones de la Población de México 2005-2050.)

Estadística poblacional en el DF

El ultimo censo nacional realizado en 2005 muestra un total de 103,263,388 de habitantes de los cuales 8,720,916 viven en el DF ocupando este, el segundo lugar con respecto a las entidades federativas con mayor población.

Entidad federativa	Población total (año 2005)	Porcentaje (respecto a la población total)
Estados Unidos Mexicanos	103 263 388	100
Aguascalientes	1 065 416	1.03
Baja California	2 844 469	2.75
Baja California Sur	512 170	0.49
Campeche	754 730	0.73
Coahuila de Zaragoza	2 495 200	2.41
Colima	567 996	0.55
Chiapas	4 293 459	4.15
Chihuahua	3 241 444	3.13

Distrito Federal	8 720 916	8.44
Durango	1 509 117	1.46
Guanajuato	4 893 812	4.73
Guerrero	3 115 202	3.01
Hidalgo	2 345 514	2.27
Jalisco	6 752 113	6.53
Edo. De México	14 007 495	13.56
Michoacán de Ocampo	3 966 073	3.84
Morelos	1 612 899	1.56
Nayarit	949 684	0.91
Nuevo León	4 199 292	4.06
Oaxaca	3 506 821	3.39
Puebla	5 383 133	5.21
Querétaro	1 598 139	1.54
Quintana Roo	1 135 309	1.09
San Luis Potosí	2 410 414	2.33
Sinaloa	2 608 442	2.52
Sonora	2 394 861	2.31
Tabasco	1 989 969	1.92
Tamaulipas	3 024 238	2.92
Tlaxcala	1 068 207	1.03
Veracruz de Ignacio de la Llave	7 110 214	6.88
Yucatán	1 818 948	1.76
Zacatecas	1 367 692	1.32

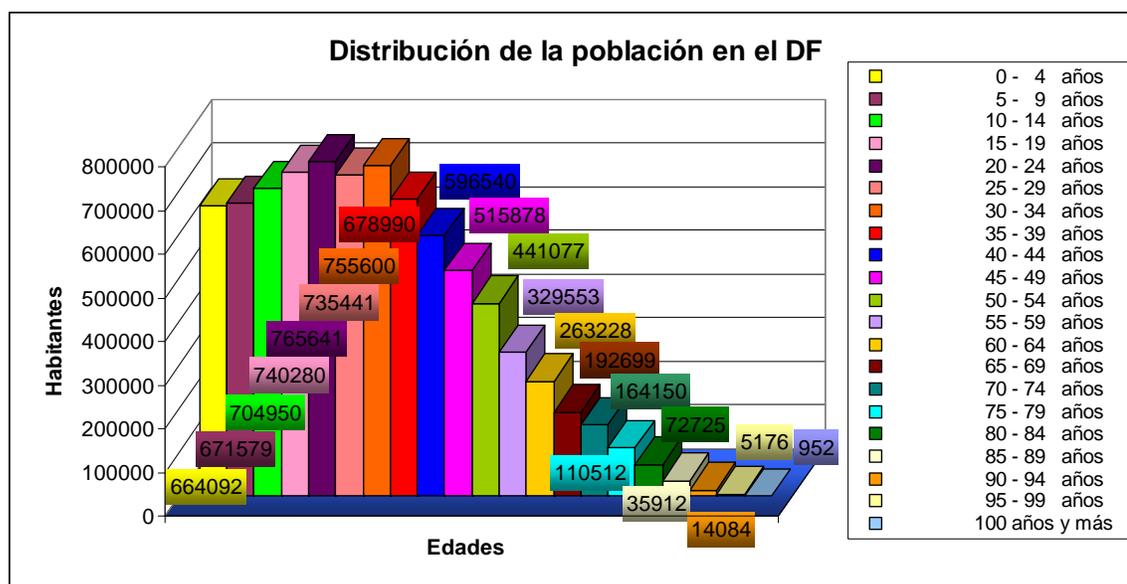
Tabla 2.3

De acuerdo con estimaciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO), el Distrito Federal mantendrá su población constante en alrededor de 8.81 millones de habitantes entre 2000 y 2015; sin embargo, se prevé que a partir de 2008 comience un descenso gradual, hasta alcanzar aproximadamente 8.6 millones en 2030.

El proceso de envejecimiento de la población capitalina se acelerará durante la primera mitad del presente siglo, de tal forma que la edad media de los habitantes del Distrito Federal aumentará de 30.1 años en 2000 a 33.3 en 2010, 36.4 en 2020 y 39.2 años en 2030.

Los niños en edad preescolar (0 a 5 años) y la población en edades escolares (6 a 14 años) del Distrito Federal, disminuirán alrededor de 30 por ciento durante las próximas tres décadas y alcanzarán 619 mil y 945 mil niños y jóvenes, respectivamente, en 2030. El monto de personas en edades laborales (15-59 años) presentará un máximo histórico en 2009, cuando el monto ascienda a 5.85 millones para después comenzar a descender, mientras la población de adultos mayores (60 años o más) aumentará su volumen rápidamente. El acelerado crecimiento de la población de la tercera edad implica que entre 2005 y 2023 duplicará con creces su tamaño, al pasar de 876 mil a 1.0 millones en 2010, 1.4 millones en 2020 y 1.8 millones en 2030.

La siguiente grafica muestra la división de población según las edades que existe en el DF para el censo de 2005.



Gráfica 2.4

Adultos Mayores en el DF

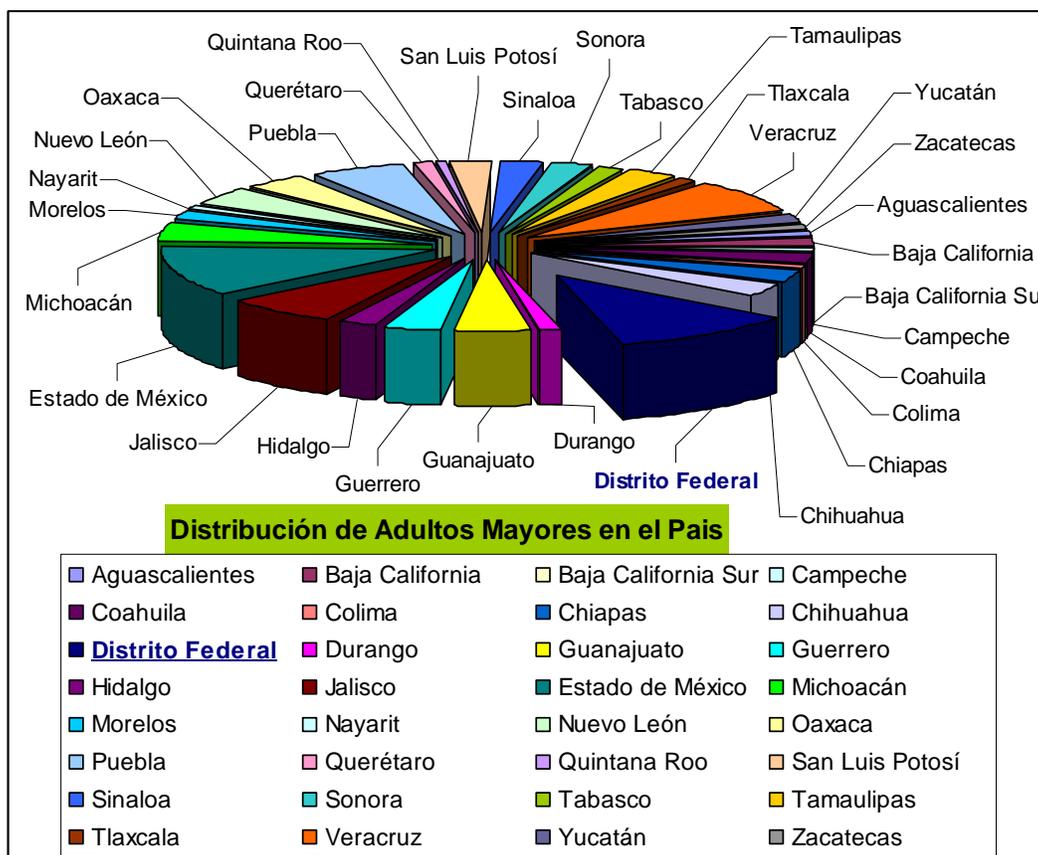
De los 8,338,835 adultos mayores que existen en el país 876 623 se localizan en el DF, según datos otorgados por el Consejo Nacional de la Población. Estas cifras representan el 10.7% de las personas mayores que viven en México. El Distrito Federal es la segunda entidad con más adultos mayores.

Entidad	Población de adultos mayores	% de Población	Entidad	Población de adultos mayores	% de Población
Aguascalientes	69 495	0.848648988	Morelos	143 636	1.754033327
Baja California	176 366	2.153720806	Nayarit	87 066	1.063219984
Baja California Sur	30 822	0.376387641	Nuevo León	336 213	4.105717277
Campeche	50 885	0.621390082	Oaxaca	322 797	3.941885709
Coahuila	194 230	2.371869817	Puebla	434 056	5.300542271
Colima	45 513	0.55578907	Querétaro	100 427	1.226379911
Chiapas	244 227	2.982415949	Quintana Roo	43 671	0.5332952
Chihuahua	257 923	3.149666781	San Luis Potosí	203 649	2.486891399
Distrito Federal	876 623	10.70501794	Sinaloa	218 573	2.669138143
Durango	126 889	1.549524735	Sonora	190 245	2.32320637
Guanajuato	365 755	4.466473999	Tabasco	126 393	1.543467754
Guerrero	258 329	3.154624713	Tamaulipas	247 177	3.018440332

Hidalgo	192 430	2.349888837	Tlaxcala	77 983	0.952301518
Jalisco	554 515	6.771546062	Veracruz	643 197	7.85450008
Estado de México	938 549	11.46123691	Yucatán	150 911	1.842873119
Michoacán	356 294	4.350939528	Zacatecas	124 059	1.51496575

Tabla 2.4

En la siguiente grafica podemos apreciar la cantidad de adultos mayores que habitan en el DF con respecto del resto del país.



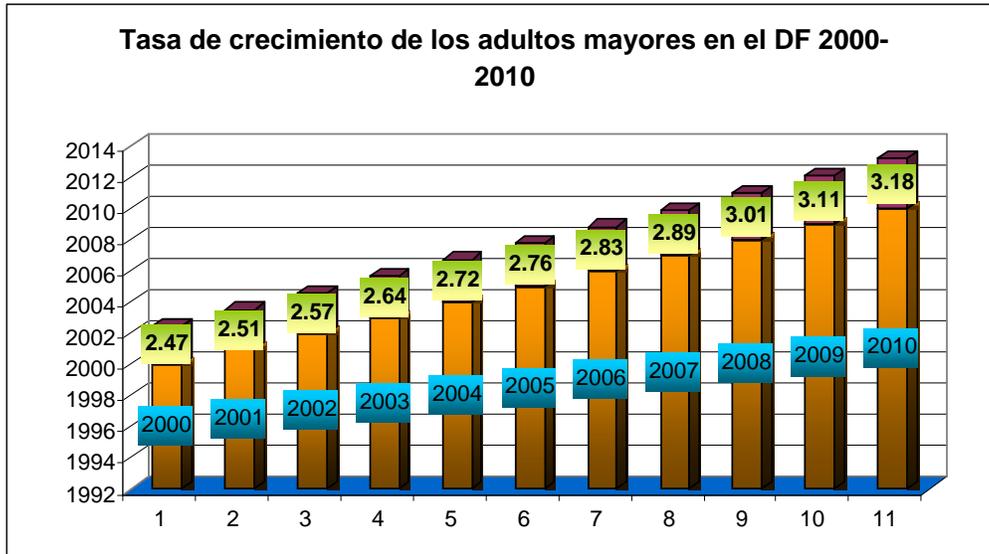
Gráfica 2.5

La población de 60 años y más que radica en el Distrito Federal es la segunda en importancia, sólo superada por la del estado de México, que mantendrá su primer lugar en población de la tercera edad durante toda la primer mitad del presente siglo (9.3 millones en la actualidad, 2.0 millones en 2020 y 3.3 millones en 2030). Pero el Distrito Federal es la entidad federativa con mayor proporción de adultos mayores, casi uno de cada diez habitantes (9.9%).

El Distrito Federal también es la entidad más envejecida de la federación. Actualmente hay 41.3 adultos mayores por cada 100 menores de 15 años. Serán 52.1 en 2010, 80.9 en 2020 y 117.1 en 2030.

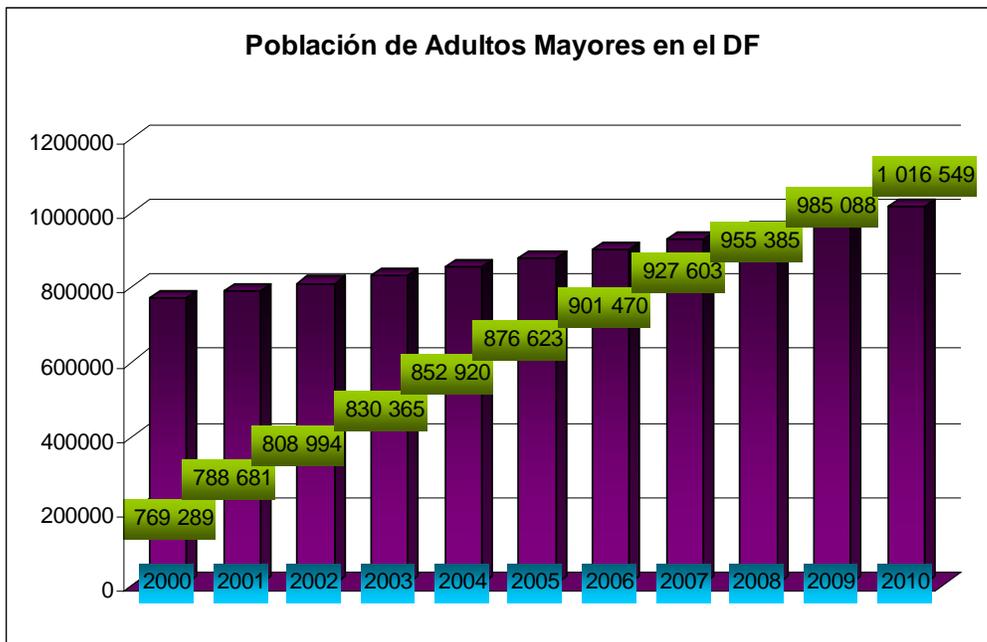
Siguiendo la tendencia de incremento de población observada en los últimos 5 años podemos hacer una proyección del aumento de la población en los próximos 30 o 40 años y calcular la Tasa de Crecimiento Total. La tasa de Crecimiento total nos indica la cantidad de habitantes que habrá por cada cien habitantes en un año determinado.

La siguiente grafica muestra la tasa de Crecimiento total en el Distrito federal del año 2000 hasta el año 2010. Esto nos indica que en 2010 por cada 100 habitantes el 3.8 serán adultos mayores.



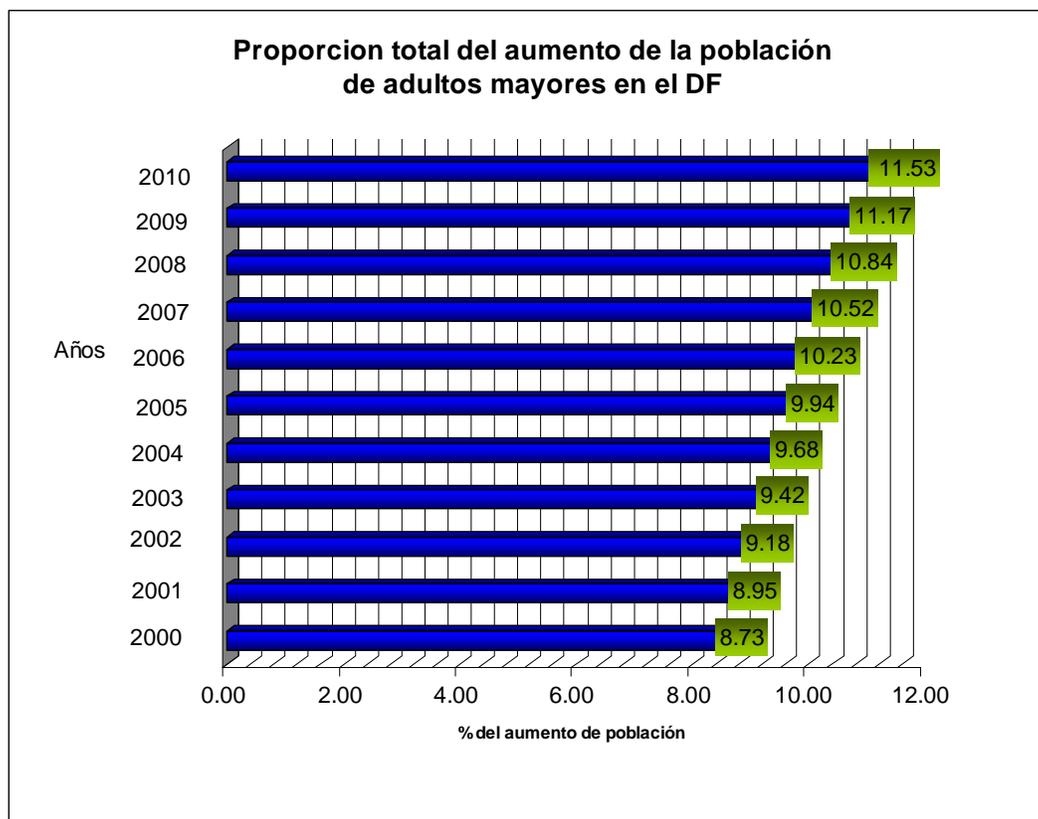
Gráfica 2.6

Con ayuda de esta tasa de crecimiento podemos obtener otros datos como es la estimación de la cantidad de población de adultos mayores que habrá en el 2010 dándonos un total de 1016549 adultos mayores en el DF que habitarán en la Ciudad de México.



Gráfica 2.7

En el DF hay 41 personas de más de 60 años por cada 100 niños y adolescentes, uno de cada diez capitalinos es adulto mayor (9.9%). En 2030 será más de uno de cada cinco (21.3%). Podemos observar también el aumento de la población en términos de porcentajes. Para el 2010 un 11.53% de la población serán adultos mayores.



Gráfica 2.8

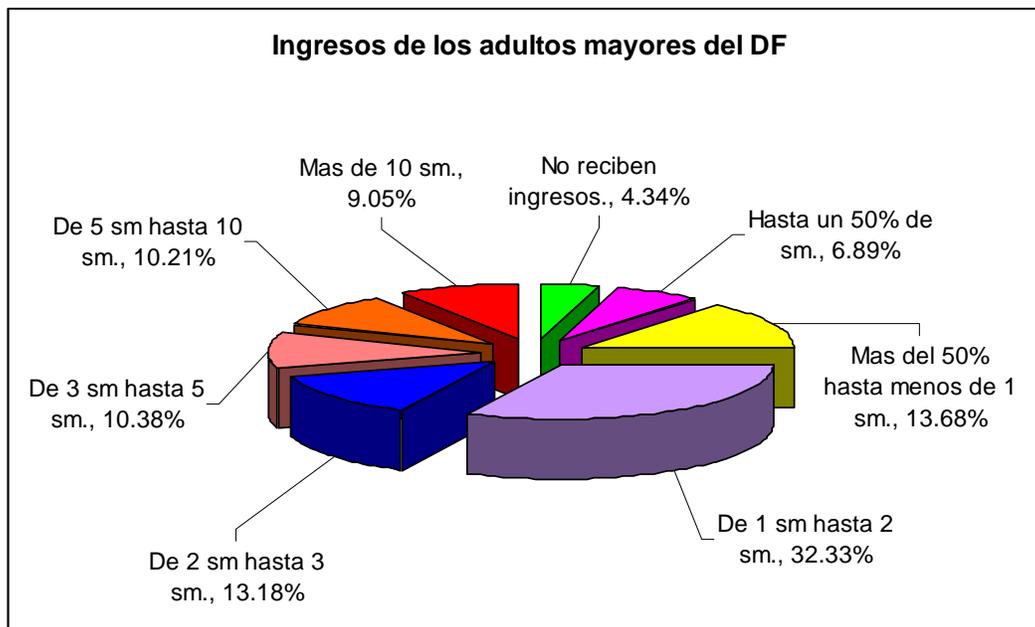
Estos datos nos dicen que el aumento de la población de adultos mayores se incrementará con el paso de los años por lo que en el 2030 serán el 21.31% de la población del DF dando un aproximado de 1832054 adultos mayores que vivan en el DF.

Con estos datos podemos afirmar que la cantidad de clientes potenciales se incrementará por lo que existirá un mercado amplio para introducir nuestro producto.

Las estadísticas también nos muestran los ingresos que recibe este sector de la población, esto nos servirá para determinar las posibilidades económicas con las que cuenta este sector de la población para adquirir una silla de ruedas para su uso personal. Esto nos ayudará a plantear un rango de precios en los cuales ubicar nuestro producto y nos ayudará también a determinar un poco la complejidad de la misma.

La siguiente gráfica nos muestra que un 29.64% de la población de adultos mayores recibe arriba de 3 salarios mínimos, los cuales podrían adquirir por su propia cuenta una silla de ruedas para su uso personal.

Pero no todos los adultos viven solos, según los registros de vivienda de la CONAPO en el DF el 25.10% de los hogares cuenta con adultos mayores, de los cuales 20.29% son jefes de familia en nivel de remplazo y en un 5.31% de los hogares solo viven adultos mayores.



Gráfica 2.10

En el DF existen 29 viviendas colectivas para ancianos los cuales están compuestos por asilos y casas hogar para adultos mayores en las cuales cuentan con 3435 ocupantes. Estos lugares también podrían ser considerados como consumidores ya que su objetivo principal es el de dar comodidad y tranquilidad a los ancianos que habitan en ellas ya sean particulares o gubernamentales.

Estos datos nos revelan cifras estadísticas de la actualidad y del futuro de la población. Podremos ver que nuestra sociedad esta envejeciendo rápidamente al grado de que para el 2025 el 17% serán adultos mayores y para el 2050 uno de cada cuatro serán adultos mayores y necesitarán cuidados por lo que los otros tres deberán ocuparse de ellos.

Es importante que el país comience a prepararse para recibir a la población envejecida y cuente con mayores servicios para su bienestar.

Esta parte de la sociedad será un mercado potencial para innovar e implementar nuevos productos en el futuro. Pero, debido a que los ingresos de los ancianos son bajos, el costo de nuestra silla de ruedas no debe ser excesivo para que sea de fácil adquisición.

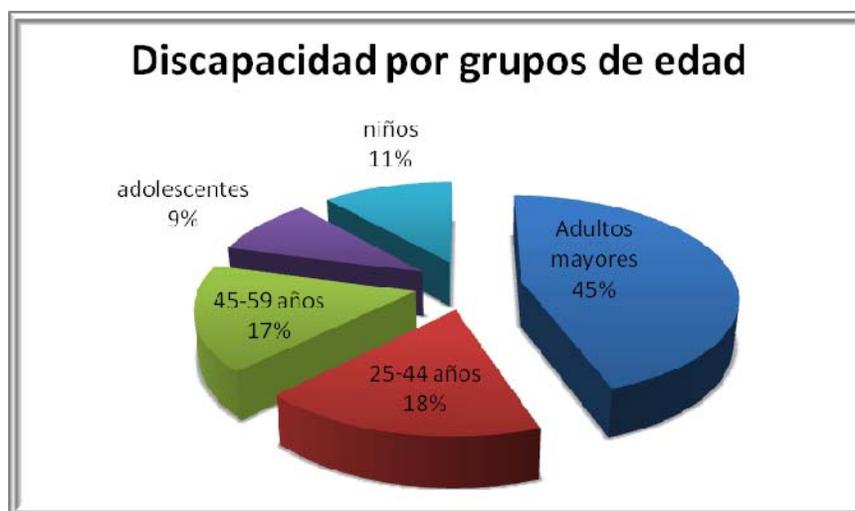
2.3.3. Especificaciones y normativas de accesos para sillas de ruedas

El objetivo general de este trabajo es realizar el diseño de una silla de ruedas para ancianos que sea ideal para trasladarse en el Distrito Federal, para esto necesitamos conocer las condiciones del suelo, el pavimento, la cantidad de rampas, etc. pero antes mencionaremos las normativas que presenta la Ley las Personas con Discapacidad en el Distrito Federal.

Tenemos que tomar en cuenta que: *“La discapacidad es cualquier restricción o impedimento de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para el ser humano, se caracteriza por excesos o insuficiencias en el desempeño de una actividad rutinaria normal, los cuales pueden ser temporales o permanentes, reversibles o surgir como consecuencia directa de la deficiencia o como una respuesta del propio individuo, sobre todo la psicológica, a deficiencias físicas, sensoriales o de otro tipo.”*

(HERRERA, JOSÉ LUIS. 2002)

Los grandes grupos de edad entre discapacitados se encuentran conformados por los adultos mayores porque representan 44.6% del total de la población que padece alguna discapacidad, después encontramos a los adultos de 25 a 44 años con un 17.8%, a la población de 45 a 59 años con un 16.7%, y finalmente a los niños y los adolescentes y jóvenes son los grupos que menor proporción de discapacitados mostrando un 11.5% y 9.3%, respectivamente.



Gráfica 2.11

Existen leyes que buscan la protección el bienestar de este grupo de personas. En el Distrito Federal contamos con la Ley Para las Personas con Discapacidad en el Distrito Federal, la cual tiene por objeto normar las medidas y acciones que contribuyan a lograr igualdad de oportunidades para la integración de los discapacitados a la sociedad.

De esta ley será importante retomar algunos de los artículos, referentes a Facilidades arquitectónicas y desarrollo urbano:

Artículo 15.- *Los Órganos Político Administrativo de las Demarcaciones en que se divide el Distrito Federal vigilarán que las construcciones o modificaciones que a éstas se realicen, cuenten con las facilidades arquitectónicas y de desarrollo urbano, adecuadas a las necesidades de las personas con discapacidad, de conformidad con las disposiciones aplicables en la materia.*

Artículo 17.- *En los auditorios, cines, teatros, salas de conciertos y de conferencias, centros recreativos, deportivos y en general cualquier recinto en que se presenten espectáculos públicos, los administradores u organizadores deberán establecer preferencialmente espacios reservados para personas con discapacidad que no puedan ocupar las butacas o asientos ordinarios, de conformidad con la legislación aplicable.*³

También existe un acuerdo que nos menciona los lineamientos para la accesibilidad de las personas con discapacidades a inmuebles federales.

En este acuerdo, las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal se comprometen a regular el diseño y la realización de obras correspondientes para contar con los elementos arquitectónicos y urbanísticos que faciliten el acceso, desplazamiento y uso por parte de personas con discapacidad, en los espacios interiores y exteriores de los inmuebles federales en los que se desarrolla la actividad humana.

El acuerdo señala que se deberán lograr condiciones de accesibilidad y uso de los inmuebles federales en al menos los siguientes elementos:

- ◆ Áreas privativas;
- ◆ Áreas de uso común;
- ◆ Áreas complementarias;
- ◆ Áreas de circulación en interiores;
- ◆ Elevadores;
- ◆ Estacionamiento;
- ◆ Cajones de estacionamiento;
- ◆ Áreas de circulación en exteriores;
- ◆ Áreas exteriores cubiertas;
- ◆ Accesos;
- ◆ Circulaciones horizontales;
- ◆ Circulaciones verticales;
- ◆ Señalización;
- ◆ Mobiliario y servicios;
- ◆ Reserva de espacio;
- ◆ Áreas y servicios sanitarios;
- ◆ Instalaciones, y
- ◆ Dispositivos para evacuación.

Como parte de este acuerdo, se presenta el **“Manual técnico para la Accesibilidad de las personas con discapacidad a inmuebles federales”** el cual describe y sienta las bases para el diseño arquitectónico y urbano de los inmuebles federales así como eliminar las barreras físicas y busca brindar funcionalidad a dichos edificios para facilitar el acceso a discapacitados.

Dicho manual presenta todas las especificaciones técnicas que hacen posible la corrección y/o implementación de elementos a favor de la accesibilidad a discapacitados como son pendientes de rampas, ancho de puertas, número de cajones de estacionamiento reservados, etc.

Dimensiones de las sillas de ruedas estándar.

Este manual nos indican las normativas de las dimensiones de las sillas de ruedas estándar. Esto es ideal para diseñar espacios en donde circulen las sillas de ruedas. No obstante, estas

medidas serán replanteadas mas adelante en esta tesis debido a la adaptación antropométrica del anciano mexicano sin excederlas.

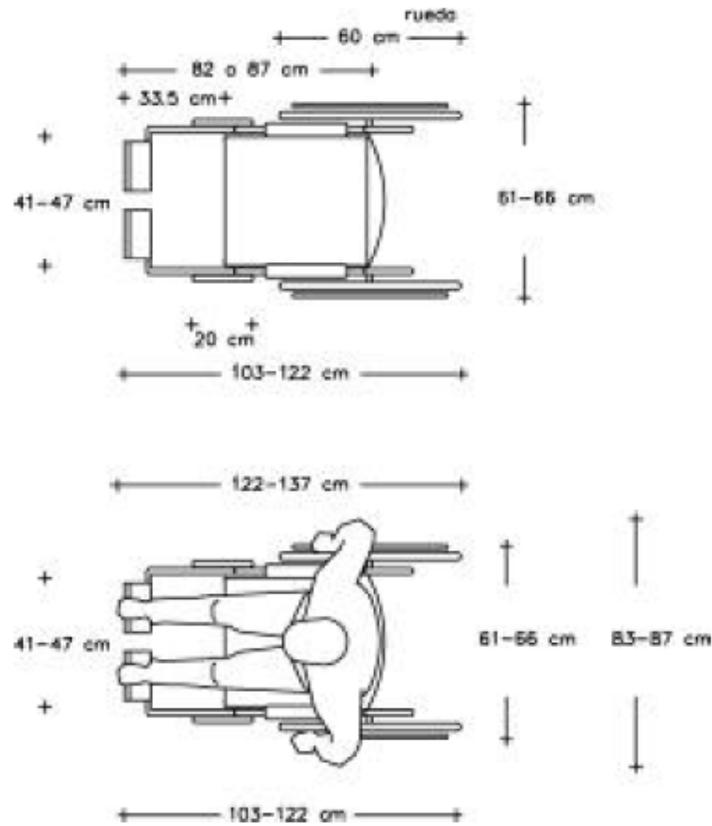


Figura 2.48 Dimensiones de la silla de ruedas. (Oficina de representación para la promoción e integración social para personas con discapacidad)

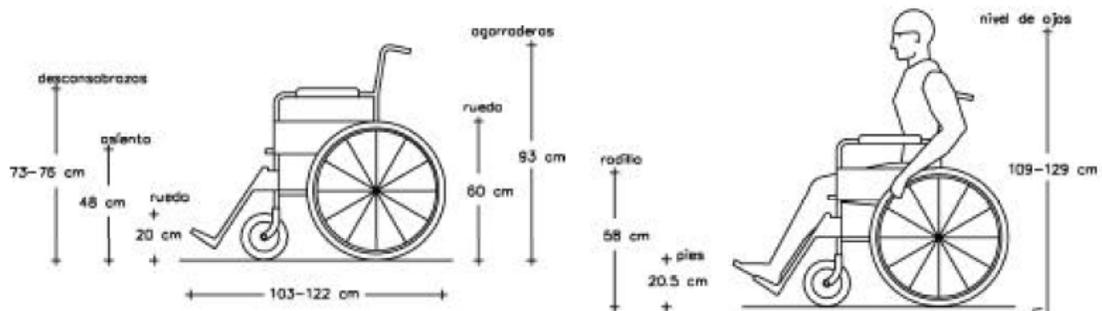


Figura 2.49 Dimensiones de la silla de ruedas. (Oficina de representación para la promoción e integración social para personas con discapacidad)

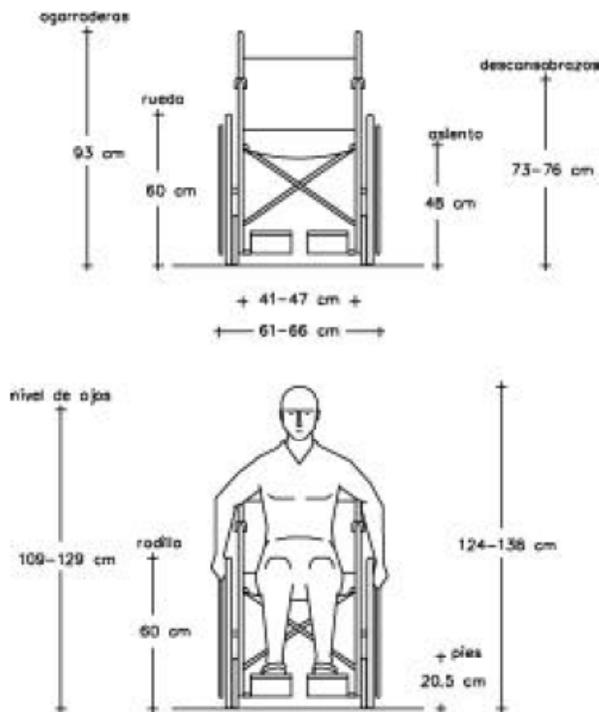


Figura 2.50 Dimensiones de la silla de ruedas. (Oficina de representación para la promoción e integración social para personas con discapacidad)

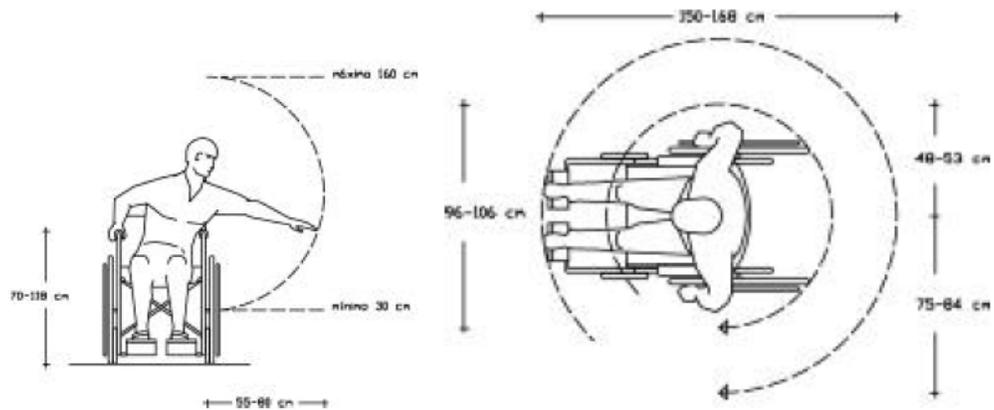


Figura 2.51 Alcances en silla de ruedas. (Oficina de representación para la promoción e integración social para personas con discapacidad)

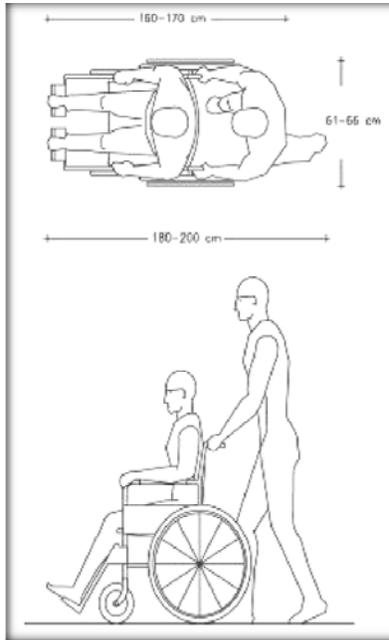


Figura 2.51 Espacio para silla de ruedas. (Oficina de representación para la promoción e integración social para personas con discapacidad)

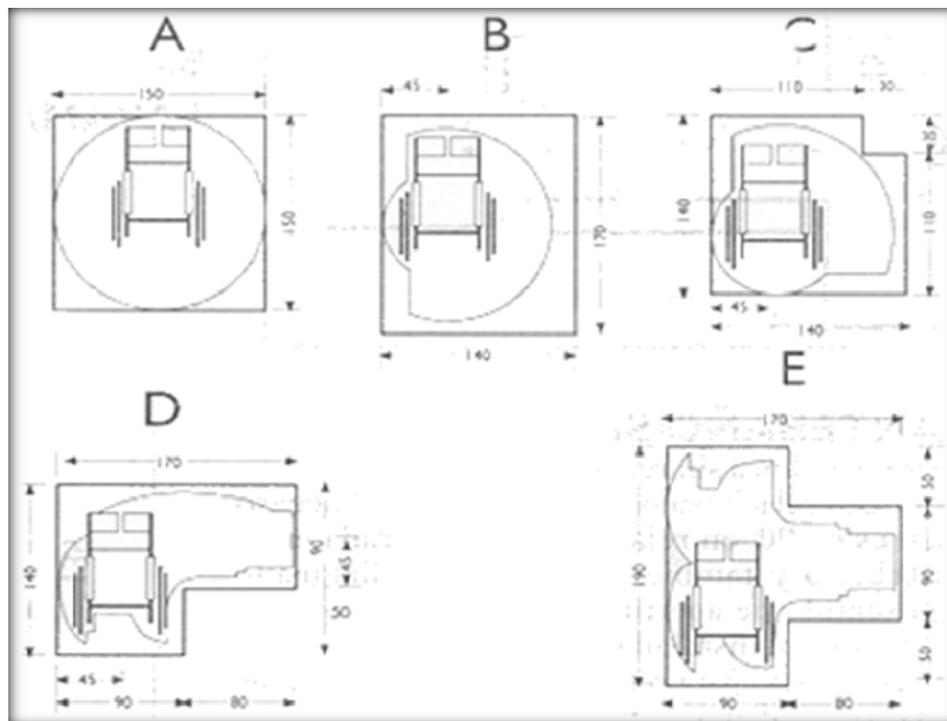


Figura 2.52. Ejemplos de maniobras: A) Rotación de 360 grados (cambio de dirección). B) Rotación de 180 grados (inversión del sentido de la marcha). C) Rotación de 90 grados. D) Vuelta de 90 grados. E) Inversión del sentido de la marcha con maniobras combinadas. (Oficina de representación para la promoción e integración social para personas con discapacidad)

Otros de los datos que nos proporciona el “Manual técnico para la Accesibilidad de las personas con discapacidad a inmuebles federales” son las dimensiones y especificaciones para esquinas, banquetas, cruceros viales y rampas así como en espacios cubiertos.

Banquetas

A.- Los pavimentos en las banquetas deberán cumplir las mismas condiciones que las recomendadas para andadores.

B.- La ocupación de las banquetas por puestos ambulantes y mobiliario urbano no deberá obstruir la circulación ni las rampas existentes.

C.- Los cruceiros deberán contar con rampas de banqueta, así como cualquier cambio de nivel, como los causados por las entradas a estacionamientos.

D.- Es recomendable utilizar cambios de textura en los pavimentos, para señalar los cruceiros a las personas ciegas.

E.- Las excavaciones, escombros y obstáculos temporales o permanentes deberán estar protegidos y señalizados a 1 m. de distancia.

1.- Rampas con pendiente máxima del 8%.

2.- Pavimento antiderrapante, libre de obstáculos y con un ancho mínimo de 1.2 m.

3.- Cambio de textura en el pavimento.

4.- Señalización de las rampas de banqueta.

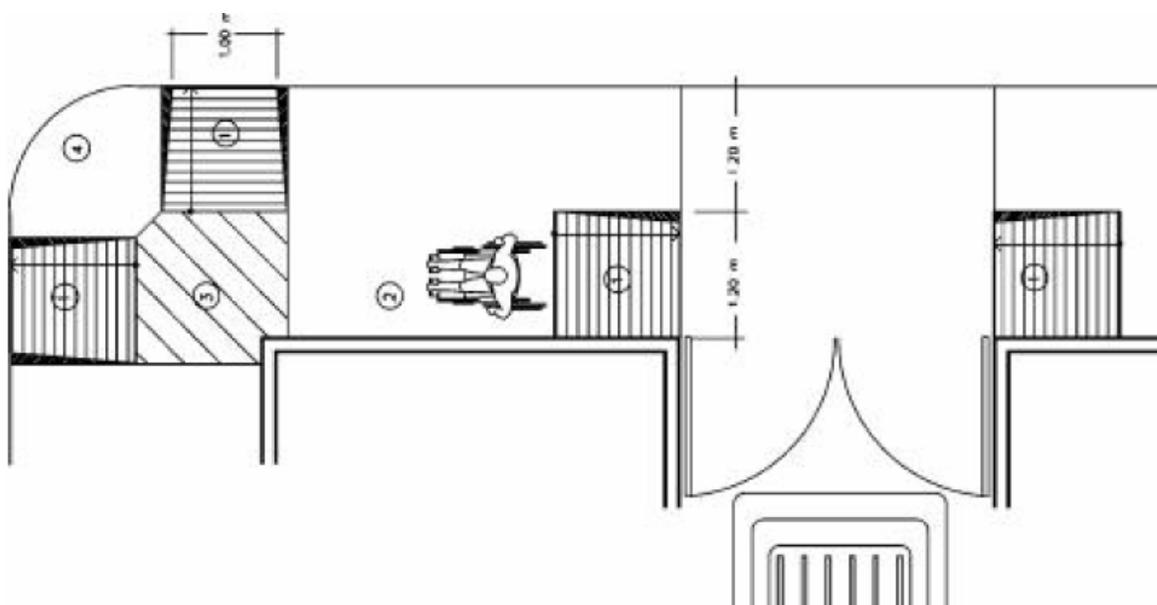


Figura 2.53

Esquinas

A.- Los pavimentos en las esquinas de banqueta deberán cumplir las mismas condiciones que las recomendadas para andadores.

B.- En todas las esquinas de banqueta deberán existir rampas con una pendiente no mayor al 8%, para salvar el desnivel hacia el arroyo vehicular.

C.- Es recomendable señalar las rampas y utilizar cambios de textura en los pavimentos inmediatos a las mismas.

1.- Rampa de banqueta con pavimento antiderrapante y pendiente no mayor al 8%.

2.- Señalización de poste.

3.- Cruce peatonal.

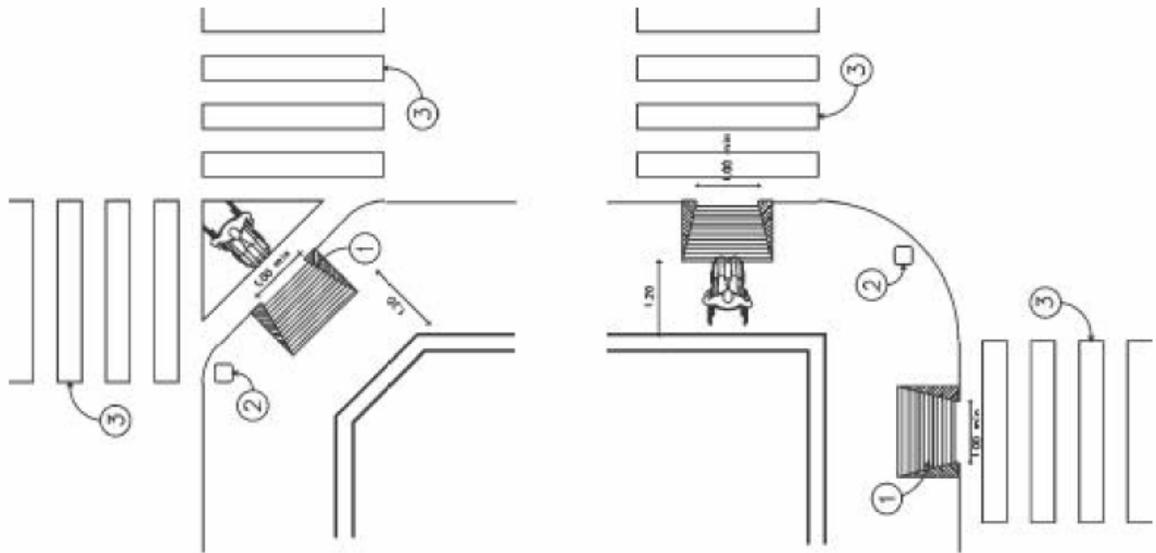


Figura 2.54

Cruceros

- A.- Todos los cruceros peatonales deberán cumplir las mismas condiciones que las recomendadas para esquinas.
- B.- El trayecto entre aceras deberá estar libre de obstrucciones.
- C.- Los camellones deberán estar interrumpidos con cortes al nivel de los arroyos vehiculares, permitiendo un paso libre mínimo de 1.5 m.
- 1.- Rampa de banqueta con pavimento antiderrapante y pendiente no mayor al 8%.
- 2.- Señalización de poste.
- 3.- Cruce peatonal.
- 4.- Interrupción de camellón a nivel del arroyo vehicular.
- 5.- Pasamanos o barra de apoyo a 0.75 m y 0.90 m.
- 6.- Dispositivo de paso, visual y sonoro.

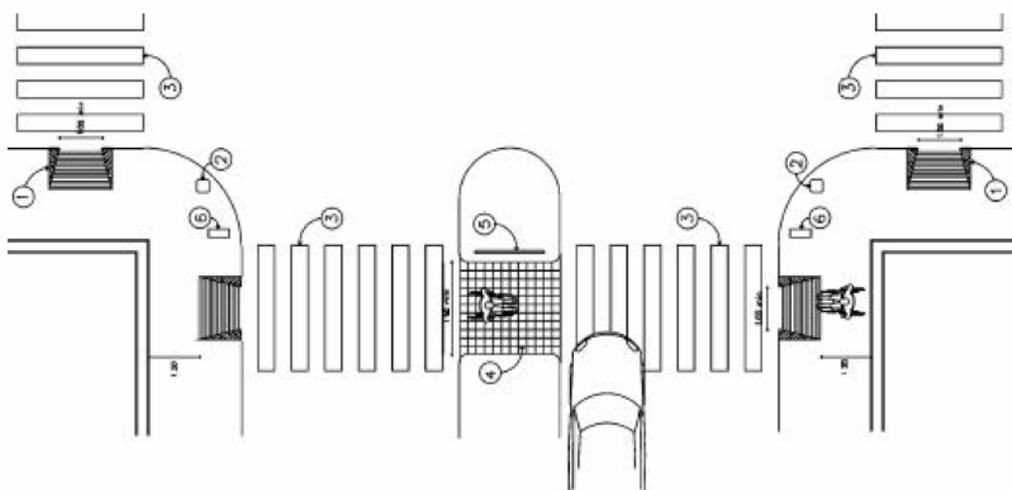


Figura 2.55

RAMPAS

- A.-** La longitud máxima de las rampas entre descansos será de 6 m, y los descansos tendrán una longitud mínima igual al ancho de la rampa y nunca menor a 1.2 m.
- B.-** Es recomendable que la pendiente de las rampas sea del 6%, siendo el máximo del 8%, en cuyo caso se reducirá la longitud entre descansos a 4.5 m.
- C.-** Las rampas deberán tener pasamanos a 75 y 90 cm de altura, volados 30 cm en los extremos.
- D.-** En las circulaciones bajo rampas, deberá existir una barrera a partir de la proyección del límite de 1.9 m de altura bajo la rampa.
- 1.-** Área de aproximación libre de obstáculos, con cambio de textura en el piso.
- 2.-** Rampa con pendiente del 6% y acabado antiderrapante.
- 3.-** Pasamanos a 0.75 y 0.9 m de altura.
- 4.-** Borde de protección de 5 por 5 cm.

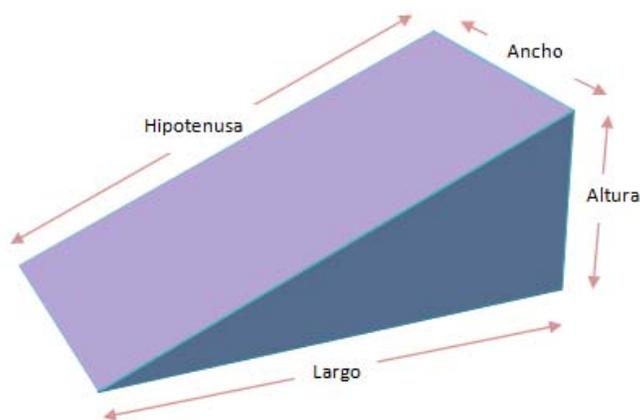


Figura 2.56 Diagrama para la medición de rampas

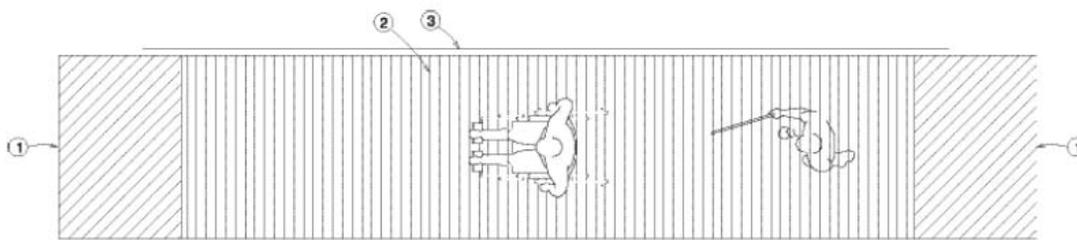


Figura 2.57 Vista superior descenso en rampa

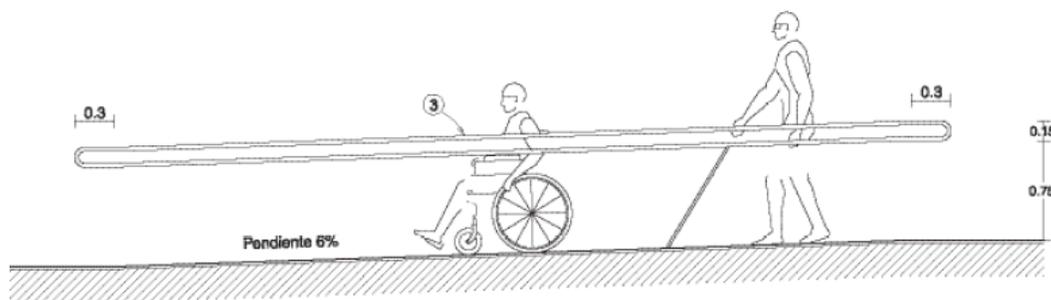


Figura 2.58 Vista lateral, descenso en rampa.

Espacios cubiertos:

Circulaciones

A.- Las circulaciones deberán tener anchos mínimos de 1.2 m y pavimentos antiderrapantes que no reflejen intensamente la luz.

B.- Las circulaciones deberán tener señalizaciones en alto relieve y sistema braille así como guías táctiles en los pavimentos o cambios de textura.

C.- Es recomendable la instalación de pasamanos en las circulaciones.

D.- Las rejillas, tapajuntas y entrecalles de los pavimentos, no deberán tener separaciones o desniveles mayores a 13 mm.

E.- Es recomendable que las circulaciones cortas frente a las puertas, tengan, cuando menos, 1.5 m de largo, para maniobras.

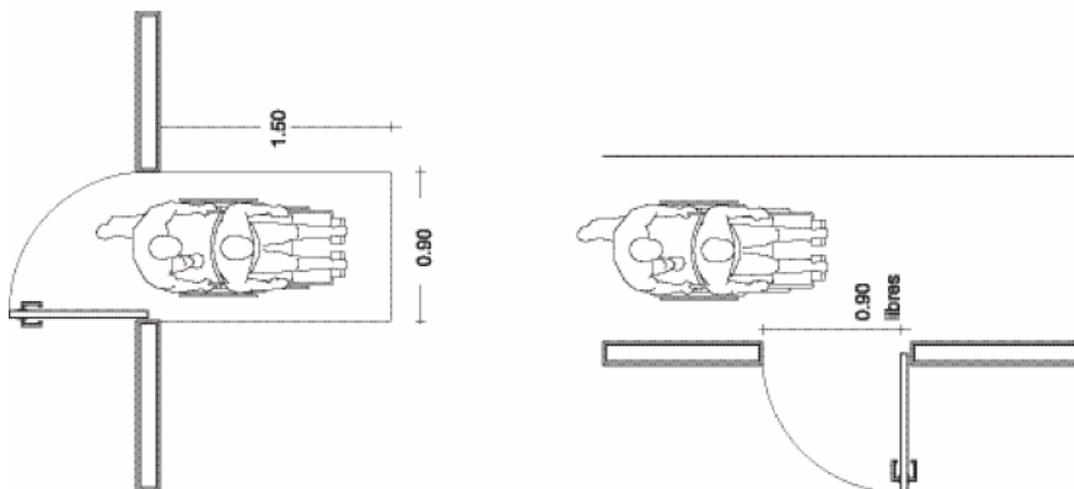


Figura 2.59

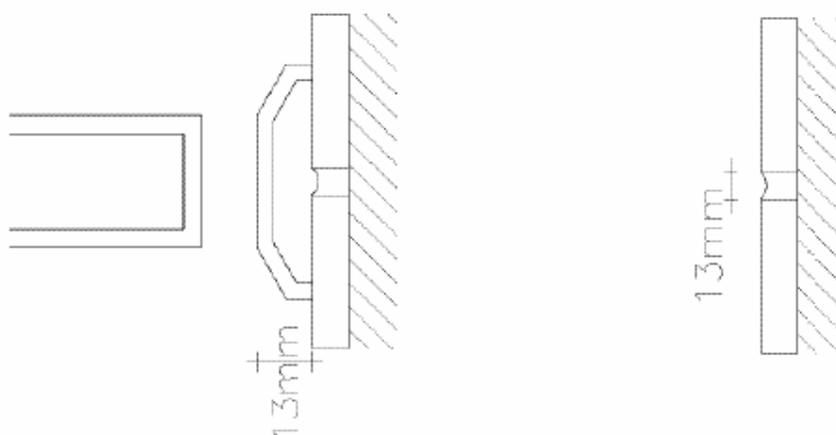


Figura 2.60

ENTRADAS PRINCIPALES

“Las entradas deberán estar señalizadas y tener un claro libre mínimo de 1.20 m., contar con área de aproximación libre de obstáculos y con cambios de textura en piso.

Evitar pendientes y cambios bruscos en el umbral de puertas de los accesos, por lo menos, en una distancia de 1.20 m. hacia el interior y el exterior de la puerta.

Los pisos en el exterior de las entradas tendrán una pendientes hidráulicas del 2%, se deben evitar escalones y sardineles.”

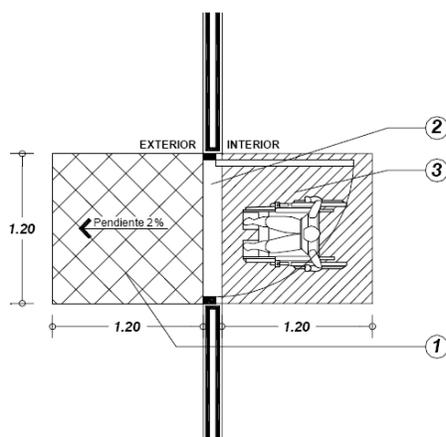


Figura 2.62. Vista superior de entradas a cualquier espacio.

ESPECIFICACIONES

1. Pavimento exterior con pendiente hidráulica del 2%.
2. Entrada.
3. Área de aproximación libre de obstáculos. 4

Características más importantes

Según las normas mencionadas revisadas anteriormente se indican las dimensiones máximas para el diseño de nuestra silla las cuales se necesita cumplir para el libre y fácil desplazamiento de estas.

Características Técnicas Máximas de la Silla de Ruedas	
Longitud total de la silla	137cm
Anchura total de la silla	66cm
Altura total de la silla	93cm
Altura de la rueda (trasera)	60cm
Altura de la rueda (delantera)	20cm
Altura descansabrazos	76cm
Atura asiento	45cm

Tabla 2.5

Espacio máximo de desplazamiento de la Silla de ruedas con el usuario y una persona externa.	
Espacio giro medio	160cm
Anchura con los brazos del usuario fuera de la silla	87cm
Altura rodilla del usuario	60cm
Altura pie del usuario	20.5cm
Altura del nivel de ojo del usuario	129cm
Alcance del usuario con el brazo extendido (máximo)	160cm
Alcance del usuario con el brazo extendido (mínimo)	30cm
Espacio de circulación con el usuario y una persona externa (largo)	170cm
Espacio de circulación con el usuario y una persona externa (ancho)	66cm

Tabla 2.6

2.3.4. Recorrido por las calles del DF

Al realizar un recorrido por las calles de la ciudad de México nos encontramos con pocas colonias que cuentan con los accesos y señalamientos pertinentes. Algunos lugares turísticos como Coyoacán y el Centro Histórico así como determinadas colonias como la Condesa cuentan con accesos para sillas de ruedas en las banquetas que cumplen con las especificaciones y con señalamientos en las esquinas.



Figura 2.63



Figura 2.64

Pero en algunas otras zonas los accesos y rampas son muy pocos o nulos y en algunas ocasiones son obstruidos por vendedores ambulantes o puestos de periódico, lo que lleva a la gente a fabricar sus propios accesos sin cumplir ninguna norma de seguridad y poniendo en peligro la estabilidad y seguridad de la silla de ruedas y de la persona que la utiliza.

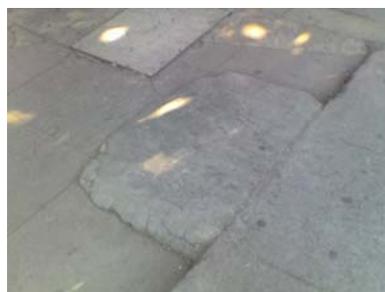


Figura 2.65



Figura 2.66

Pero aunque encontremos accesos las condiciones del pavimento en las banquetas de la mayor parte de la Ciudad de México es mala, encontramos gran cantidad de grietas e irregularidades que muestran un gran peligro al rodar una silla de ruedas porque se genera una transmisión de vibración que causa desde incomodidad hasta la caída del usuario de la silla de ruedas.



Figura 2.67



Figura 2.68

En muchísimas otras zonas no existe ningún tipo de rampa y las banquetas de la Ciudad de México parecen no estar normalizadas de acuerdo con la variación de alturas que presentan.



Figura 2.69



Figura 2.70

También encontramos zonas donde la pavimentación no es la adecuada para el rodamiento de sillas de ruedas.



Figura 2.71



Figura 2.72

Como podemos apreciar no existe facilidad de desplazamiento para una silla de ruedas debido a que la Ciudad de México es muy grande y pocas zonas cuentan con el mantenimiento, la modernización y la repavimentación necesaria. En muchas zonas el pavimento es muy viejo y ha sido roto por algún movimiento telúrico, el crecimiento y la expansión de raíces de los árboles, la erosión, las obras publicas que no se concluyen adecuadamente e incluso por el tipo de suelo húmedo con el que contamos.

En cuanto a los estacionamientos la gran mayoría de los lugares públicos (centros comerciales, dependencias gubernamentales, hospitales) cuentan con el espacio designado para discapacitados, pero no todo cumple con las especificaciones.



Figura 2.73



Figura 2.74

Los lugares a los que asisten con mayor frecuencia los ancianos suelen ser los hospitales, clínicas o consultorios particulares. En general todos los hospitales cuentan con rampas de acceso para sillas de ruedas pero, nuevamente, no todos cumplen correctamente con las especificaciones.



Figura 2.75



Figura 2.76

Las iglesias en general no cuentan con accesos para sillas, por lo que el acceso a los ancianos en sillas de ruedas se vuelve muy complicado. Esto es un problema debido a que la mayoría de las personas que las visitan son gente mayor.



Figura 2.77



Figura 2.78



Figura 2.79



Figura 2.80



Figura 2.81

Transporte público

Otro problema que tiene que ver con el desplazamiento en la Ciudad de México es la transportación en los diversos medios públicos. El DF cuenta con diversos medios de transporte: microbus, combi, camión, trolebús, metro, tren ligero, metrobús, etc.

La gran mayoría no están adaptados para el arribó y descenso de sillas de ruedas. Uno de los mas importantes y grandes es el metro, este cruza toda la ciudad y cuenta con 11 líneas.

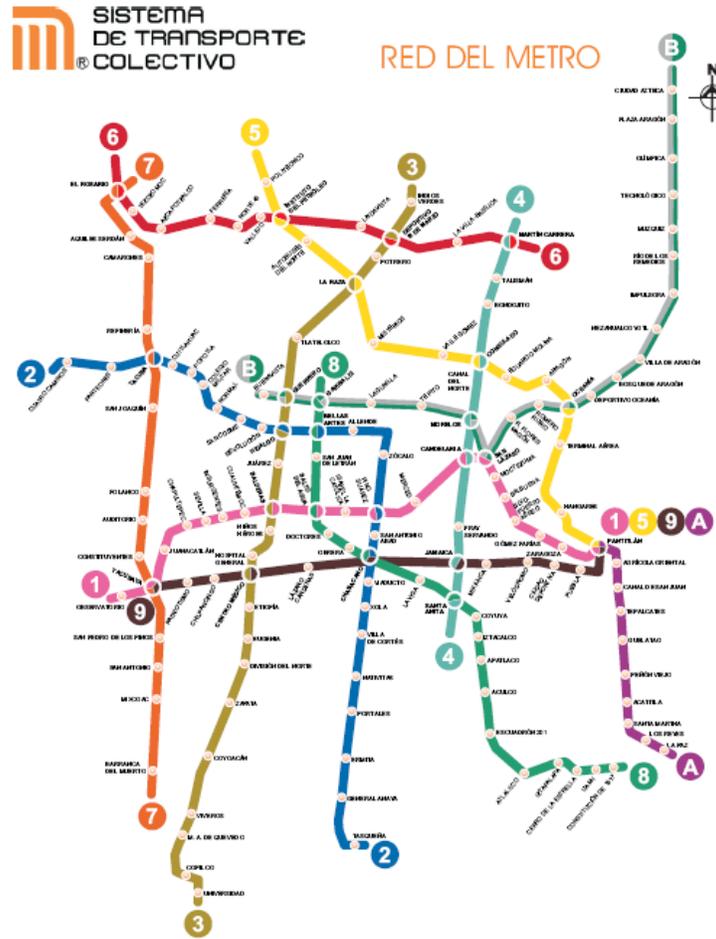


Figura 2.82

Algunas de las estaciones cuentan con salvaescaleras que descienden o ascienden de la zona de escaleras fijas. Existen 24 plataformas en 6 estaciones de la Red.



Figura 2.83



Figura 2.84

El servicio se solicita oprimiendo el botón que tiene el equipo para que el Jefe de Estación reciba la llamada y acuda para ayudarlo. El equipamiento se encuentra en la Línea 3 en las estaciones de: Universidad, Centro Médico e Indios Verdes y en la Línea 9 en las estaciones de: Tacubaya, Centro Médico y Pantitlán.

Aunque es muy bueno este servicio, no existen suficientes, para cubrir todas las líneas ni las estaciones. En las estaciones que no existe este servicio, las personas con sillas de ruedas deberán subir y bajar por las escaleras con ayuda de los demás.

Uno de los medios de transporte más nuevos es el metrobús y cuenta con rampas y accesos para discapacitados, de las 82 estaciones solo 10 no cuentan con dichos accesos. Por su diseño y amplitud de las puertas es ideal para viajar con las sillas de ruedas, siempre y cuando no sea en las horas pico, donde estos viajan saturados de personas.



Figura 2.85



Figura 2.86

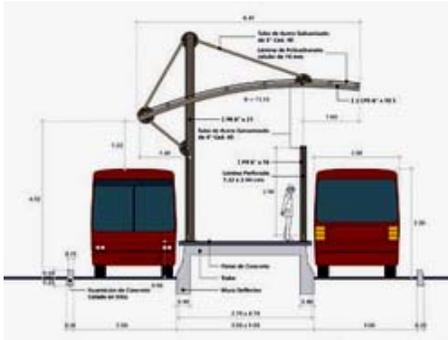


Figura 2.87

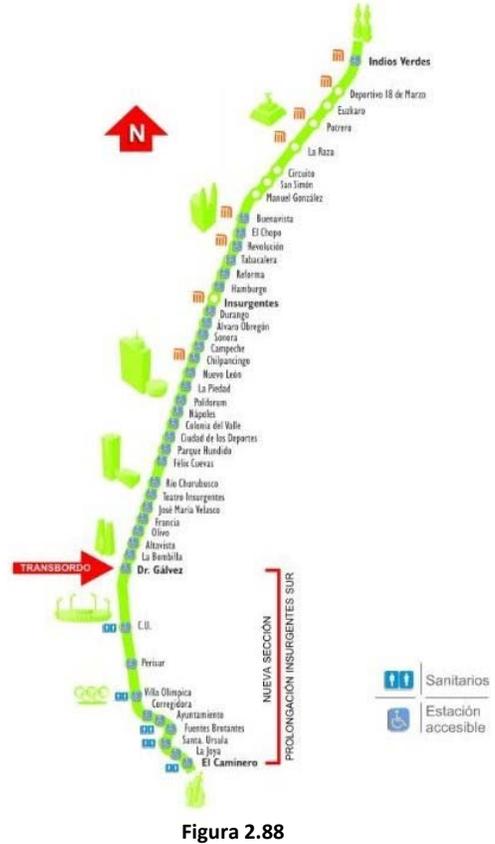


Figura 2.88

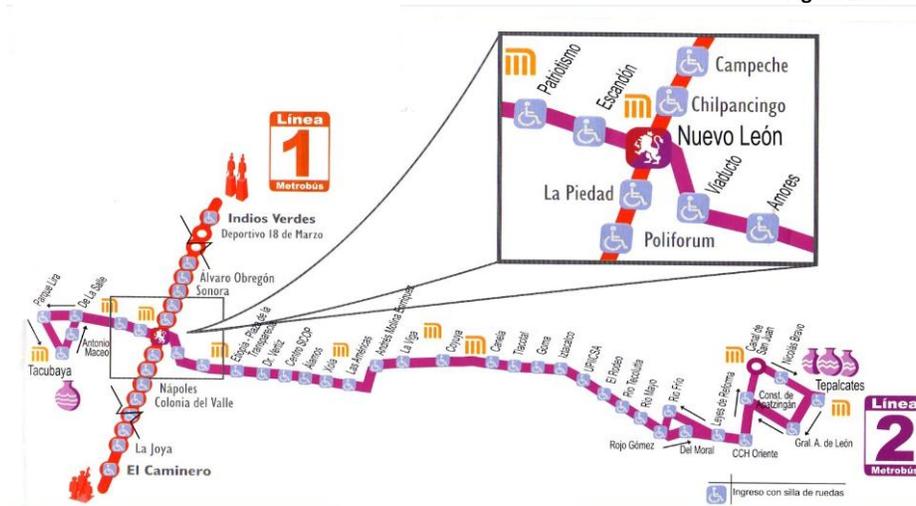


Figura 2.89

Existen otros medios de transporte como los microbuses, trolebuses, camiones, autobuses y combis que no cuentan con rampas o acceso para sillas de ruedas, por lo que el ascender con una silla de ruedas es muy complicado y practicamente imposible.



Figura 2.90



Figura 2.91



Figura 2.92

2.3.4.1. Lista de requerimientos según las condiciones del suelo.

Analizando estas condiciones podemos inferir algunas de nuestras especificaciones técnicas debido a que estos son los problemas que enfrentaremos en las calles del DF.

- ☉ Primeramente, si se considera un tipo de suelo irregular se necesitara evitar las transmisiones de vibraciones al usuario.
- ☉ Se necesita subir y bajar escalones o banquetas de diversos tamaños que no cuenten con rampas sin tirar a la persona. Para ello será ideal reducir el peso de la silla.
- ☉ Se necesitará implementar un sistema de seguridad que ajuste al usuario a la silla para evitar que deslice o caiga al realizar estas maniobras con la silla de ruedas.
- ☉ Es necesario que sea plegable o desmontable para poderse transportar en una cajuela de auto y/o en el transporte público.
- ☉ Será necesario implementar un freno que inmovilice totalmente la silla por un largo tiempo para evitar el rodamiento de esta en bajadas y/o subidas no deseadas que puedan provocar accidentes.

2.4. Estudio Ergonómico

2.4.1. Antropometría

Llamamos antropometría a la ciencia que estudia las medidas del cuerpo humano a fin de establecer diferencias y semejanzas en los individuos. Las dimensiones del cuerpo humano varían de acuerdo al género, edad, raza, nivel socioeconómico, etc.; por lo que esta ciencia dedicada a investigar, recopilar y analizar estos datos, resulta una directriz en el diseño de los objetos y espacios arquitectónicos, al ser estos contenedores o prolongaciones del cuerpo y que por lo tanto, deben estar determinados por sus dimensiones.

Estas dimensiones son de dos tipos esenciales: estructurales y funcionales. Las estructurales son las de la cabeza, troncos y extremidades en posiciones estándar. Mientras que las funcionales o dinámicas incluyen medidas tomadas durante el movimiento realizado por el

cuerpo en actividades específicas. Al conocer estos datos se conocen los espacios mínimos funcionales que el hombre necesita para desenvolverse diariamente, los cuales deben de ser considerados en el diseño de su entorno. Aunque los estudios antropométricos resultan un importante apoyo para saber la relación de las dimensiones del hombre y el espacio que este necesita para realizar sus actividades, en la práctica se deberán tomar en cuenta las características específicas de cada situación, debido a la diversidad antes mencionada; logrando así la optimización en el proyecto a desarrollar. A continuación se presentan algunas representaciones graficas de dimensiones humanas estructurales y funcionales.⁵

2.4.1.1. Mediciones antropométricas

Debido a las variaciones antropométricas que tienen los ancianos de nuestro país, comparadas con los de otras partes del mundo y con la población en general es necesario producir nuestras propias tablas antropométricas. Para ello es necesario realizar mediciones directamente de ancianos del DF y con esto se obtendrá las medidas específicas de nuestra silla de ruedas a diseñar.

Debido a cuestiones ajenas a esta tesis (contingencia ambiental) no se realizaron las tablas antropométricas esperadas, en su lugar se tomaron las medidas de una mujer de 61 años que sirvió como modelo en cuestiones de dimensiones en el diseño de nuestra silla de ruedas. Aún así se presenta una ficha técnica que se propone para realizar este muestreo.

Dicha ficha antropométrica fue llenada con los datos obtenidos de las mediciones de nuestro modelo.

FICHA ANTROPOMÉTRICA

Nombre: Matilde Salinas Delgado **Edad:** 61 años **Sexo:** Femenino **Peso:** 51 kg
Utiliza silla de ruedas: No
Observaciones: Esta persona no padece de ninguna enfermedad

Mediciones de Pie:

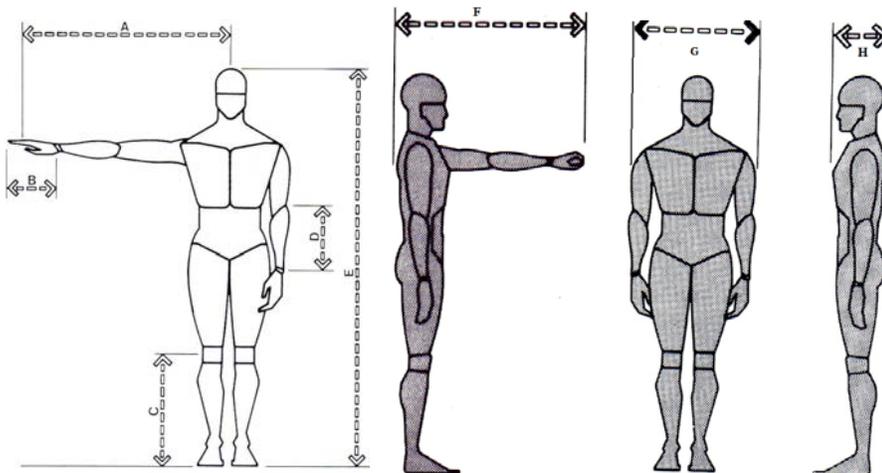


Figura 2.93 (Imágenes extraídas del Libro de Julius Panero “Las dimensiones humanas en los espacios interiores”)

Medida del cuerpo	Símbolo	Dimensiones (mm)
Alcance lateral brazo	A	715
Distancia mano	B	175
Altura rodilla	C	420
Distancia antebrazo	D	230
Estatura	E	1500
Alcance punta mano	F	705
Anchura máxima cuerpo	G	370
Profundidad máxima cuerpo	H	230
Altura codo	I	970
Altura hombro	J	1260

Tabla 2.7

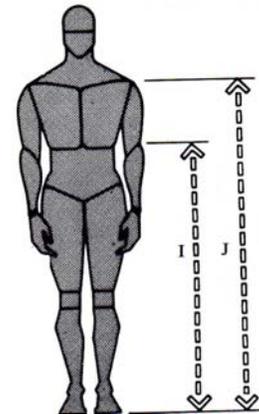


Figura 2.93 (Imágenes extraídas del Libro de Julius Panero “Las dimensiones humanas en los espacios interiores”)

Mediciones en posición sedente:

Medida del cuerpo	Símbolo	Dimensiones (mm)
Altura poplítea	A	400
Largura glúteo-poplíteo	B	415
Altura codo reposo	C	220
Altura hombro	D	530
Altura sentado (normal)	E	790
Anchura codo-codo	F	410
Anchura cadera	G	310
Anchura hombros	H	360
Altura lumbar	I	230
Largura glúteo-punta de pie	J	650
Altura ojo sentado	K	660
Largura glúteo talón	L	990
Altura rodilla	M	480
Largura glúteo-rodilla	N	540
Holgura muslo	O	130

Tabla 2.8

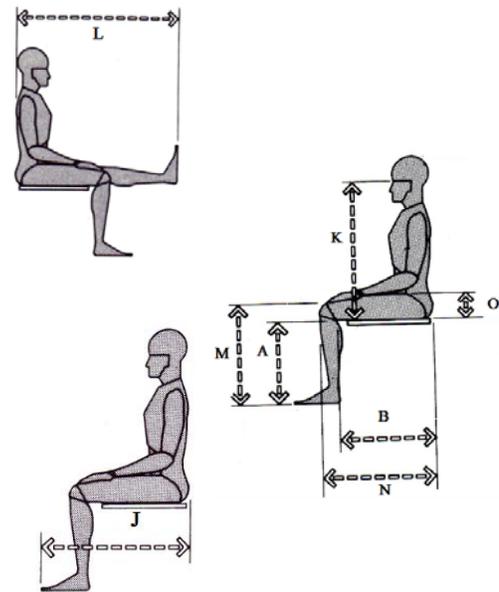


Figura 2.94. (Imágenes extraídas del Libro de Julius Panero “Las dimensiones humanas en los espacios interiores”)

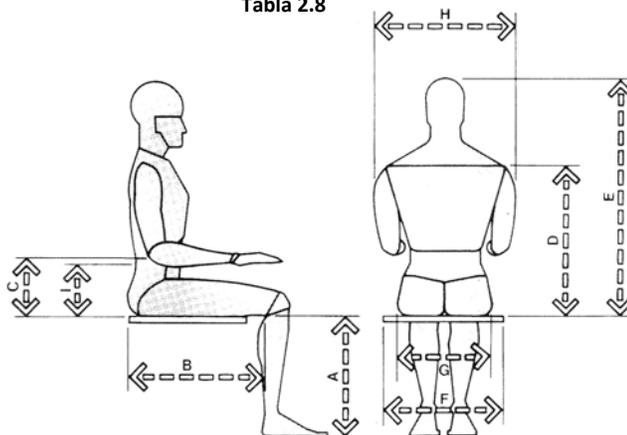


Figura 2.95 (Imágenes extraídas del Libro de Julius Panero “Las dimensiones humanas en los espacios interiores”)

Si utiliza silla de ruedas:

Medición del cuerpo	Símbolo	Dimensiones (mm)
Altura alcance vertical sentado (ángulo de 90°)	A	
Altura mano suelo	B	
Distancia talón punta de pie (ángulo de 30°)	C	
Distancia descansa brazos punta de pie (ángulo de 120°)	D	
Sentado erguido punta de pie	E	
Sentado a tras punta de pie	F	
Altura asiento suelo	G	
Altura brazo en extensión (ángulo de 30°)	H	
Altura brazo en extensión (ángulo de 60°)	I	
Alcance lateral de mano a mano	J	
Alcance lateral silla mano	K	

Tabla 2.9

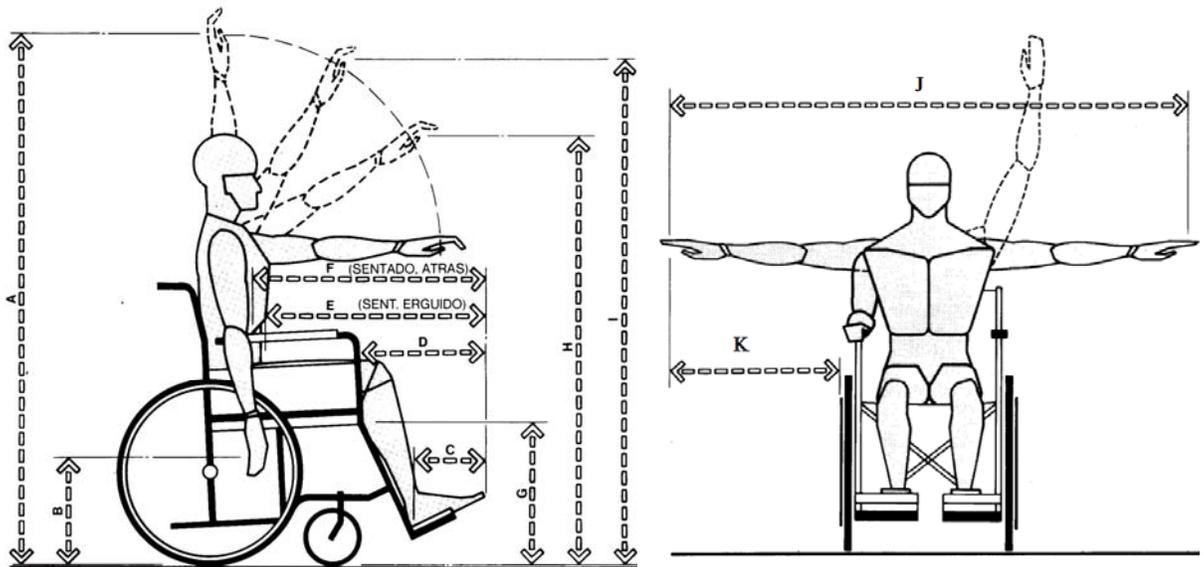


Figura 2.96 (Imágenes extraídas del Libro de Julius Panero “Las dimensiones humanas en los espacios interiores”)

Aspectos ergonómicos

La silla deberá ser adaptable a la población, en rangos de edades de 60 años en adelante, en la medida de lo posible. Se tendrá en cuenta la postura ideal y el confort del usuario en el diseño del asiento.

Las medidas más importantes son:

- ◆ Anchura pélvica
- ✚ Posición pélvica y estabilidad: Un asiento demasiado ancho provocará inestabilidad en el usuario, así como un aumento de riesgo de oblicuidad pélvica. Se cuidará el soporte de los laterales para evitar movimiento excesivo del usuario al ser transportado.

◆ Longitud del muso

- ✦ Distribución de la presión: A mayor superficie de contacto entre el usuario y el asiento, se tendrá, una mejor distribución de presión cuidando los aspectos revisados anteriormente.
- ✦ Posición pélvica y estabilidad: A mayor superficie de contacto mayor estabilidad en el usuario.
- ✦ La longitud total de la silla: Esta nos determinará la maniobrabilidad de la silla.

◆ Longitud de la pantorrilla

- ✦ Distribución de la presión: Un 19% del peso total del cuerpo en posición sedente recae directamente en los pies.
- ✦ Posición pélvica y estabilidad: Determinara la posición de los reposapiés para tener una buena estabilidad.

Medidas obtenidas para el diseño de la silla

Las medidas que utilizaremos para el diseño del asiento y la altura de los reposapiés y reposabrazos son las siguientes:

Medida del cuerpo	Medida de la silla	Medición mm
Altura hombro	Altura del respaldo	530
Anchura hombros	Anchura del respaldo	360
Anchura cadera	Anchura de la base del asiento	310
Largura glúteo-poplíteo	Profundidad del asiento	415
Altura poplíteo	Altura entre el asiento y los reposapiés	400
Altura lumbar	Altura reposabrazos	230
Distancia antebrazos	Longitud del reposabrazos	230
Altura codo reposo	Altura acojinamiento lumbar	220

Tabla 2.10

Al utilizar las medidas en el diseño del asiento, se debe considerar el espesor del acojinamiento para no afectar la postura ideal del usuario, y se debe de considerar una tolerancia para que la persona no quede excesivamente justa y llegue a generar incomodidad y propiciar problemas circulatorios, principalmente de retorno venoso que se manifiestan por edema de tobillos y pueden condicionar la aparición de varices, e inclusive tromboflebitis que al complicarse pudieran ocasionar el fallecimiento del gerente.

Estas medidas las retomaremos en el capítulo 4.

2.4.2. Posturas

Criterios de posición sedente correcta

La posición sedente estable es uno de los parámetros más importantes a la hora de prescribir una silla de ruedas. A veces no es fácil conseguirlo por las características especiales del usuario, ya que la postura en posición sedente es inestable si no se dispone de soportes externos.

La capacidad para funcionar de manera eficaz y realizar actividades depende de la habilidad para adoptar la postura apropiada. Esto hace que si una persona no puede moverse o modifica su postura, puede ser necesario utilizar el asiento para intentar dar externamente lo que está limitado internamente.



Figura 2.97

La posición de estabilidad se consigue teniendo la cabeza y el cuello en posición vertical, las caderas flexionadas 90°, los muslos en ligera abducción (separación) y los hombros en ligera rotación interna. Para mantener esta postura es necesario que los brazos y los pies se apoyen y que la espalda se incline ligeramente hacia atrás.

Muy ligada a la estabilidad aparece la distribución de presiones en la interfase usuario-asiento y su importancia para evitar las úlceras por presión. No existen opciones universales para todos los usuarios en cuanto a estabilidad pero sí unas recomendaciones generales respecto a cada una de las estructuras de la silla que intervienen en una correcta posición sedente: el asiento, el respaldo, el reposabrazos, el reposapiés y el cojín.⁶

Una silla de ruedas únicamente resulta útil para su usuario si le proporciona y una base de asiento estable que le permita:

- ✦ Sentarse erguido en una posición sentada simétrica.
- ✦ Conseguir la máxima capacidad funcional con el mínimo gasto de energía.
- ✦ Reducir la presión que soportan los glúteos y muslos.

A continuación analizaremos los distintos factores de los que depende que el usuario pueda adoptar en su silla la postura correcta.

Posición sedente

El eje de apoyo de un torso sentado es una línea sentada en un plano coronal que pasa por la proyección de un punto inferior de las tuberosidades isquiáticas que descansan en la superficie de asiento.⁷

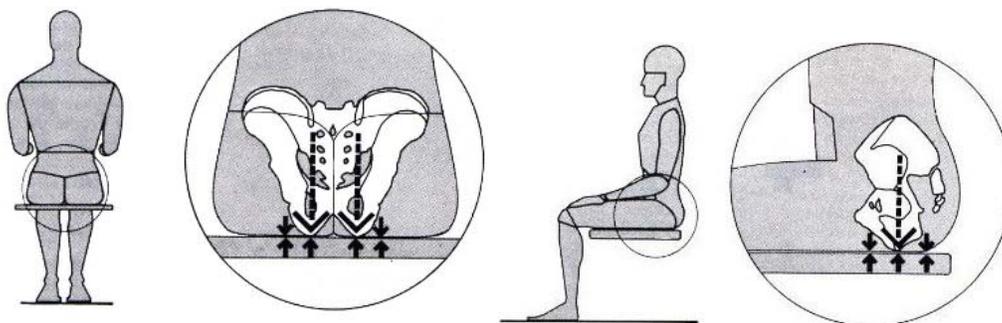


Figura 2.98. Localización de las tuberosidades isquiáticas

En posición sedente cerca del 75% de peso total del cuerpo es soportado únicamente por una superficie de 26 cm² donde se encuentran dichas tuberosidades. Se trata de una carga elevada que se distribuye en una superficie pequeña lo que resulta en compresiones considerables en los glúteos y vasos sanguíneos subyacentes. Valoradas entre 6 y 7 kg/cm². La compresión ocasionada por estas presiones provocando fatiga, riesgo circulatorio e incomodidad y se buscan cambios de postura para aliviar las molestias.

Si se tiene una mala postura, al sentarse en esta pequeña área de piel queda literalmente atrapada entre los huesos de los glúteos (i.e. tuberosidades isquiáticas y el coxis). Cuando la piel es comprimida el suministro de sangre entra en estasis (detención del flujo) lo que expulsa plasma fuera de los vasos sanguíneos y favorece la formación de trombosis. La disminución del suministro de sangre provoca una falta de oxígeno a las células y los tejidos mueren desarrollando rápidamente una infección bacteriana y por consecuencia surgen las famosas úlceras de presión.

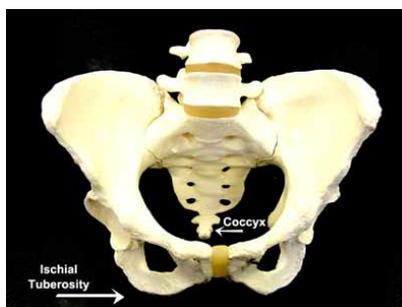


Figura 2.99

En el diseño de un asiento es necesario considerar repartir la carga del cuerpo que recae sobre las tuberosidades isquiáticas sobre una superficie más amplia. La anchura y la profundidad del asiento son partes importantes, pero una estabilidad correcta se consigue con la intervención de piernas, pies y espalda necesitando además un buen apoyo lumbar, así como, de cabeza y brazos.



Figura 2.100. Centro de gravedad de un cuerpo sedente

Si un asiento es demasiado alto se produce una compresión en la cara inferior de los muslos y traerá como consecuencia compresión en la circulación sanguínea e incomodidad, pero si es demasiado bajo las piernas pueden extenderse y echarse hacia delante perdiendo estabilidad.

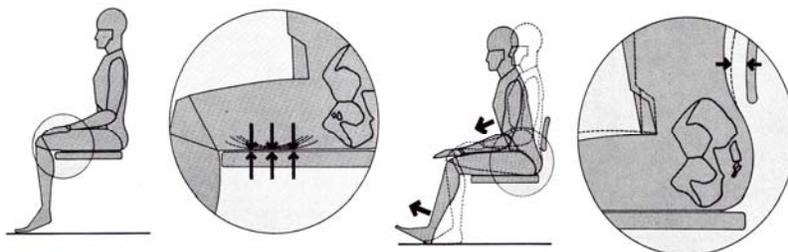


Figura 2.101

Si la profundidad del asiento es excesiva el borde o arista principal del asiento comprimirá la zona posterior de las rodillas y entorpecerá la circulación sanguínea a piernas y pies. Un gran peligro es la formación de coágulos de sangre o tromboflebitis cuando se mantiene en la misma postura. Para eliminar el malestar de las piernas el usuario desplaza los glúteos hacia delante con lo que la espalda queda con poco apoyo y se intensifica el esfuerzo muscular dando como consecuencia dolor de espalda, cansancio e incomodidad.

Però si es demasiado corto, los muslos no se apoyan en el asiento en toda su longitud de forma que se acumula mayor presión en los glúteos.

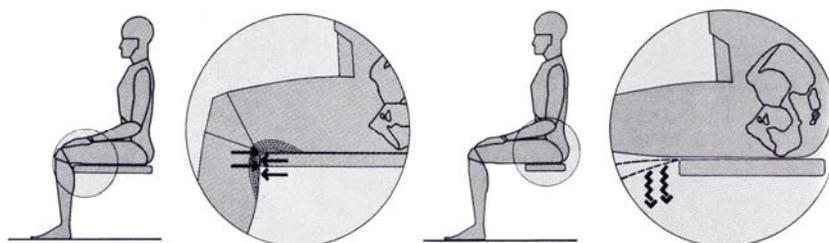


Figura 2.102

La longitud óptima del asiento debe ser aquella que estando el usuario bien sentado (erguido) deja una distancia aproximada de dos dedos de espacio entre el final del espacio y la zona detrás de la rodilla del usuario.

Impedir el suministro de sangre adecuado presionando las venas y disminuyendo el flujo sanguíneo genera la principal causa de las úlceras por presión que afecta principalmente a los usuarios de sillas de rueda, pero hay varios factores que pueden aumentar las úlceras por presión, por ejemplo:

- ◆ Una persona de poco peso tiene un riesgo más alto de las úlceras por presión. Siendo su peso inferior al normal significa que hay menos grasa y músculo para actuar como un amortiguador natural entre los huesos y la piel.
- ◆ La mala nutrición puede causar anemia (disminución del número de glóbulos rojos), que conduce a una falta de oxígeno en la sangre. Las deficiencias nutricionales

también pueden deprimir el sistema inmunológico que puede conducir a una disminución de la cicatrización de los tejidos lesionados.

- ◆ El hábito de fumar puede aumentar drásticamente el problema. Fumar reduce el calibre de los vasos sanguíneos, disminuye el suministro de oxígeno a los tejidos y aumenta la coagulabilidad de la sangre.
- ◆ La mala posición en la silla de ruedas pueden aumentar la presión sobre la piel. Por ejemplo, si los reposapiés son demasiado altos y las piernas no están descansando adecuadamente sobre cojín de la silla de ruedas, el peso de las piernas pueden ser transferidos a los glúteos poniendo mayor presión sobre la piel en esa zona.
- ◆ Si el usuario de silla de ruedas no está estable en la silla, pueden deslizarse hacia los glúteos y los huesos pueden dañar la piel desde el interior. Este daño es conocido como cizalladura. La extrema vibración de la silla de ruedas puede irritar o lesionar la piel.
- ◆ El calor y la humedad puede promover el roce de la piel. El rozamiento provoca una desfacelación de la piel sea más rápido y aumenta la probabilidad de infección por maceración

Hay muchas maneras de disminuir el riesgo de úlceras de presión. Una forma es conseguir colchón para la silla de ruedas que sea adecuado para el usuario.

Los cojines para la silla de ruedas puede disminuir el riesgo de llagas por presión de varias maneras:

- ◆ Un buen colchón de silla de ruedas distribuye el peso del ocupante directamente de las salientes óseas a una zona mucho mayor, incluidos los muslos y las caderas. Esta redistribución de peso disminuye la presión ejercida sobre estos diminutos parches de piel sensible directamente debajo de las salientes óseas del glúteo.
- ◆ Algunos cojines para sillas de ruedas (como los cojines dinámicos) intentan cambiar con frecuencia la zona de mayor presión con el fin de limitar el tiempo que el flujo de sangre es detenido en cualquier lugar.
- ◆ Algunas sillas de ruedas cuentan con materiales que amortiguan y pueden ayudar a mantener la piel fresca y seca. Esto puede minimizar el rozamiento y la maceración de la piel.⁸

El acolchonamiento es esencial para distribuir la presión que ejerce el cuerpo en una determinada superficie. El diseño incorrecto de este elemento conduce a que las fuerzas de presión sean excesivas y aminoren la estabilidad. Se debe ser cuidadoso en la elección del acolchonamiento ya que no debe ser ni muy duro, ni muy blando.

Al ser blando el peso del cuerpo alza el borde frontal del acolchonamiento desplaza la presión al final de los muslos y a los nervios de esta zona. Si el cuerpo se hunde se levantarán los bordes laterales y el posterior generando presiones adicionales en otras partes y el esfuerzo que requerirá para levantarse será mayor.

Al ser duro no existe un amortiguamiento suficiente del cuerpo y produce incomodidad generando cambios de postura que a su vez dan inestabilidad.

Otro de los aspectos que se deben de controlar en el diseño de un asiento es el respaldo. La principal función del respaldo es suministrar soporte a la región lumbar, la configuración del asiento deberá seguir el perfil espinal. La altura dependerá del uso que se lo otorgue. En lesiones medulares es recomendable que el respaldo sea alto para dar soporte al tronco. La posición adecuada del asiento genera un buen apoyo y equilibrio. El respaldo debe estar ligeramente reclinado para que la fuerza de gravedad recaiga sobre el pecho, esto ayudará a la estabilidad de la silla. Pero no debe estar excesivamente reclinado porque el usuario reduce su campo visual. Si el respaldo está recto la fuerza de gravedad recaerá en los hombros y el usuario tendera a inclinarse hacia delante para compensarla.

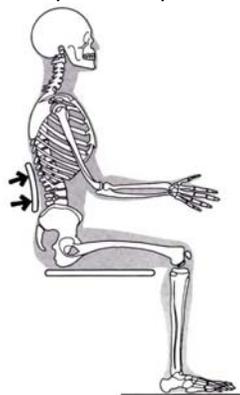


Figura 2.103

Los apoyabrazos tienen la función de cargar con el peso de los brazos y dar apoyo a los usuarios para sentarse y pararse. La altura estará determinada por la que tenga el codo en reposo sin tener los hombros elevados tomando la distancia que separa la punta del codo de la superficie de asiento. Los codos deben tener una flexión de 90°.

Un exceso en la altura obliga al usuario a desplazar el torax hacia fuera provocando una rotación medial de los hombros generando fatiga e incomodidad. Pero si está demasiado bajo el usuario tenderá a dejarse caer hacia un lado cuando los utilice deformando la postura correcta de posición sedente provocando una escoliosis y tensión muscular.

La cadera debe tener un ángulo de 90° con respecto a las rodillas y las rodillas deberán estar flexionadas un ángulo de 90°, procurando que los reposapiés no obstruyan el libre giro de las ruedas. La altura a la que se sitúan las plataformas depende de la longitud de las piernas del usuario, si están más abajo el usuario tendera a deslizarse y desplazará la cadera hacia delante generando presión en la zona poplítea pero se están más altas las rodillas subirán transfiriendo la presión a la zona de los glúteos.

Lista de requerimientos para tener una buena postura:

- Mantener una postura estable: manteniendo cuello y cabeza en posición vertical, las caderas flexionadas de 90° a 100°, muslos en ligera abducción, hombros en ligera rotación interna.
- Espalda pies y brazos apoyados correctamente.
- Plantear las dimensiones de profundidad, anchura y altura del asiento según las tablas antropométricas.
- Que el asiento brinde una correcta postura a la zona lumbar.
- Que el acolchonamiento brinde comodidad y un correcto reparto del peso del usuario.

2.4.3. Gerontología y Geriátrica

El envejecimiento

La expectativa de vida en todos los países ha aumentado de forma notable. Por ejemplo, un niño nacido en 1900 tenía una esperanza de vida de sólo 46 años, mientras que uno nacido hoy en día probablemente vivirá más de 72 años. Una niña nacida en 1900 tenía una esperanza de vida de 48 años, mientras que en la actualidad sería de unos 79 años.

Si bien es significativo el aumento en el promedio de la expectativa de vida, es muy poco el cambio registrado en el límite máximo de edad que se puede alcanzar. A pesar de los avances en genética y en medicina, nadie parece haber conseguido superar el límite de los 120 años. Aunque en todo el mundo aumenta el número de supercentenários (mayores de 100 años de edad)

Teorías del envejecimiento

Todas las especies envejecen y experimentan notables cambios desde su nacimiento hasta la muerte. A partir de esta evidencia la ciencia propone diversas teorías sobre las causas del envejecimiento, aunque ninguna ha sido comprobada. A fin de cuentas, de cada teoría se pueden extraer algunas de las causas por las cuales la gente envejece y muere.

Según la teoría de la senectud programada, los genes predeterminan la velocidad del envejecimiento de una especie porque contienen la información sobre cuánto tiempo vivirán las células. A medida que éstas mueren, los órganos comienzan a funcionar menos y con el tiempo no pueden mantener las funciones biológicas necesarias para que el individuo siga viviendo. La senectud programada contribuye a la conservación de la especie ya que los miembros más viejos mueren a la velocidad requerida para dejar paso a los jóvenes.

Por otro lado, la teoría de los radicales libres expone que la causa del envejecimiento de las células es el resultado de las alteraciones acumuladas debido a las continuas reacciones químicas que se producen en su interior. Durante estas reacciones se producen los radicales libres, sustancias tóxicas que acaban dañando las células y causan el envejecimiento.

La gravedad de la afección aumenta con la edad, hasta que varias células no pueden funcionar normalmente o se destruyen y, cuando esto ocurre, el organismo muere. Las distintas especies envejecen a un ritmo diferente según la producción y la respuesta por parte de las células a los radicales libres.

¿Cómo cambia el cuerpo con la edad?

- Disminuye la cantidad de sangre que fluye hacia todos los sistemas incluyendo los riñones, el hígado y el cerebro.
- La capacidad de riñones para depurar toxinas y fármacos decrece.
- Se constata una menor capacidad del hígado para metabolizar nutrientes y la mayoría de los fármacos.
- La frecuencia cardíaca máxima disminuye pero la frecuencia en reposo no sufre cambios.
- Disminuye el volumen máximo de sangre que pasa a través del corazón.
- Disminuye la tolerancia a la glucosa.
- Disminuye la capacidad pulmonar.
- Se observa a un aumento de la cantidad de aire remanente en los pulmones (volumen residual).
- La resistencia a las infecciones es menor por debajo de la respuesta inmune.
- Decrece la cantidad total de líquido en todo el organismo.

Tabla 2.11

Cambios corporales

Con la edad cambian varios aspectos perceptibles en el cuerpo humano. Tal vez, la primera indicación de envejecimiento aparece cuando el ojo enfoca con dificultad los objetos cercanos (presbicia). La lectura sin usar lentes resulta en general difícil para mucha gente hacia los 40 años. La capacidad auditiva también cambia con la edad, siendo frecuente la pérdida de cierta capacidad para oír los tonos más agudos (hipoacusia). De ahí que las personas mayores pueden considerar que la música del violín ya no suena tan emocionante como cuando eran jóvenes; también, al no percibir la tonalidad aguda de la mayor parte de las consonantes cerradas, pueden pensar que los demás están murmurando. En la mayoría de los individuos la proporción de grasa corporal aumenta con la edad en más del 30 por ciento. Su distribución también varía. En efecto, hay menos grasa bajo la piel y más en la zona abdominal y en consecuencia la piel se vuelve más fina, arrugada y frágil, y también cambia la forma del cuerpo.

Por ello, no es sorprendente que disminuyan con la edad casi todas de las funciones internas, cuyo pico máximo de eficacia se sitúa en la franja de los 35 años. A partir de esa edad se inicia un descenso gradual pero continuo. A pesar de esta pérdida, la mayoría de las funciones continúan siendo adecuadas durante el resto de la vida porque la capacidad funcional de casi todos los órganos es superior a la que el cuerpo necesita (reserva funcional).

Por ejemplo, aunque se destruya la mitad del hígado, el tejido hepático restante es suficiente para mantener un funcionamiento normal. Por lo general, son las enfermedades, más que el envejecimiento normal, las que explican la pérdida de la capacidad funcional en la vejez. Aun así, el decaimiento de las funciones incide en la predisposición de los ancianos a sufrir los efectos adversos de los fármacos, los cambios ambientales, el efecto de las sustancias tóxicas y las enfermedades.

Aunque la calidad de vida se altera poco con el decaimiento de las funciones de algunos órganos, el deterioro de ciertos órganos puede afectar seriamente a la salud y al bienestar.

Por ejemplo, en la vejez la cantidad de sangre que el corazón puede bombear cuando el cuerpo está en reposo no se reduce demasiado; en cambio cuando el esfuerzo es máximo, la disminución que se produce es significativa. Esto supone que los atletas mayores no serán capaces de competir con los atletas más jóvenes.

Por otra parte, los cambios en el funcionamiento del riñón pueden afectar gravemente la capacidad de las personas mayores para eliminar ciertos fármacos del organismo y para depurar los productos nitrogenados.

En general, es muy difícil determinar cuáles son los cambios que se relacionan con el envejecimiento y cuáles dependen del estilo de vida que haya llevado cada individuo. Varios órganos pueden sufrir daños en un grado mucho mayor que el causado por el envejecimiento, como en el caso de las personas que llevan un estilo de vida sedentario, una dieta inadecuada, que fuman y abusan del alcohol y de las drogas. Los individuos expuestos a sustancias tóxicas pueden experimentar un decaimiento más marcado o más rápido en algunos órganos, especialmente los riñones, el páncreas, los pulmones y el hígado. Los individuos que han trabajado en ambientes ruidosos tendrán más probabilidades de perder la capacidad auditiva. Algunos cambios se pueden prevenir si se adopta un estilo de vida más saludable. Por ejemplo, dejar de fumar a cualquier edad, incluso a los 80 años, mejora el funcionamiento de los pulmones y disminuye las probabilidades de un cáncer del pulmón. Y, a cualquier edad, la actividad física ayuda a mantener en forma los músculos y los huesos.

TRASTORNOS QUE AFECTAN PRINCIPALMENTE A LAS PERSONAS DE EDAD AVANZADA

ENFERMEDAD O ALTERACIÓN	EXPLICACIÓN
Enfermedad de Alzheimer y otras demencias.	Trastornos del cerebro que provocan una pérdida progresiva de la memoria y de otras funciones cognitivas.
Úlceras por presión	Úlceras de la piel debido a una presión prolongada.
Hiperplasia prostática benigna	Agrandamiento de la próstata (en los varones) que obstruye el flujo de orina.
Cáncer de Próstata	Cáncer en la glándula prostática (en varones)
Cataratas	Opacidad del cristalino del ojo que impide la visión.
Leucemia linfocítica crónica	Un tipo de leucemia.
Diabetes tipo II (comienzo en el adulto)	No es necesario un tratamiento con insulina en este tipo de diabetes.
Glaucoma	Aumento de la presión en una de las cámaras del ojo que puede disminuir la visión y producir ceguera.
Gammopatías monoclonales	Es un grupo de enfermedades diversas caracterizadas por la proliferación de un tipo específico de células que producen grandes de inmunoglobulina.
Artrosis	Degeneración de cartílago de las articulaciones que produce dolor causado por uso y desgaste.
Osteoporosis	Pérdida de calcio y de número de células óseas de los huesos que los envuelve frágiles y aumenta el riesgo de fracturas.
Enfermedad del Parkinson	Enfermedad degenerativa y progresiva del cerebro que causa temblor, rigidez muscular, dificultad en los movimientos e inestabilidad postural.
Herpeszoster	Una recidiva del virus latente de la varicela que causa una erupción en la piel y puede provocar dolor durante mucho tiempo.
Ictus	Obstrucción o rotura de un vaso sanguíneo del cerebro que provoca debilidad, pérdida de la sensibilidad, dificultad para hablar y otros problemas neurológicos.
Incontinencia urinaria	Disminución o pérdida de la capacidad de continencia urinaria.

Tabla 2.12

Consecuencias de las enfermedades

La geriatría es la especialidad médica que se ocupa de las personas de edad avanzada y de las enfermedades que padecen, y la gerontología es el estudio del envejecimiento. No existe una edad específica que convierta al individuo en "anciano", aunque ésta se establezca frecuentemente en 60 años (según la definición de la OMS), debido a que es la edad habitual de la jubilación.

Ciertas enfermedades, denominadas algunas veces síndromes geriátricos o enfermedades geriátricas, se presentan casi exclusivamente en adultos de edad avanzada. En cambio, otros trastornos afectan a los individuos de cualquier edad, aunque en la vejez sean más frecuentes o más graves, o puedan causar diferentes síntomas o complicaciones.

Las personas mayores padecen la enfermedad de una manera diferente a la de los adultos más jóvenes, e incluso pueden tener síntomas distintos. Por ejemplo, la disminución de la función tiroidea causa en general un aumento de peso y una sensación de pereza en las personas más jóvenes. En los mayores el hipotiroidismo puede además provocar confusión, que por error se puede considerar como demencia. Por el contrario, una glándula tiroides hiperactiva a menudo provoca inquietud y pérdida de peso en los jóvenes; pero en los mayores es causa de somnolencia, introversión, depresión y confusión. En el adulto joven, la depresión aumenta la propensión al llanto, la introversión y la tristeza. Sin embargo, en las personas de edad avanzada la depresión puede causar confusión, pérdida de la memoria y apatía, síntomas que pueden interpretarse por error como los de la demencia. El fallecimiento de la gente mayor ya no se produce necesariamente por afecciones agudas como un infarto cardíaco, una fractura de cadera o una neumonía. Hoy en día se pueden tratar y controlar estos padecimientos.

Una afección crónica no implica necesariamente la invalidez; de hecho, muchos pacientes pueden seguir con sus actividades y no depender de los demás a pesar de tener diabetes, alteraciones renales, enfermedades del corazón y otras enfermedades crónicas.

Los factores socioeconómicos modifican con frecuencia la forma en que las personas mayores buscan y reciben cuidados; a menudo tienden a ocultar los problemas cuando son poco importantes; tampoco solicitan atención médica hasta que los trastornos se vuelven más graves.

En la edad avanzada, se tiende además a padecer más de una enfermedad a la vez, y cada enfermedad puede influir en las otras. Por ejemplo, la depresión puede empeorar la demencia y la diabetes puede agravar una infección.

También es frecuente que, debido a los factores psicosociales, las enfermedades se compliquen en las personas de edad avanzada. Este grupo de personas puede deprimirse si la afección implica una pérdida de independencia temporal o permanente y, en consecuencia, necesitan atención por parte de los servicios sociales, al igual que ayuda psicológica. De ahí que los geriatras recomienden con frecuencia los tratamientos multidisciplinarios bajo la dirección de un médico geriatra, quien a su vez cuenta con la colaboración de un equipo de personal sanitario compuesto de médicos, enfermeras, asistentes sociales, terapeutas, farmacéuticos y psicólogos, los cuales planifican y aplican el tratamiento correspondiente.⁹

2.4.4. Lista de especificaciones según las necesidades de los ancianos

Según las enfermedades antes mencionadas podemos realizar una lista de especificaciones de las limitaciones de los ancianos por sus enfermedades:

- ❶ No debe contener botones y/o letreros pequeños de indicaciones de uso (como frenos, etc.) debido a que presentan pérdida de visión y cataratas.
- ❷ No se debe utilizar mucha fuerza en el despliegado de los reposapiés, frenos, cinturones de seguridad, y otros elementos adaptables porque generalmente existe una reducción de la fuerza corporal.

10. ¿Que tipo de silla de ruedas le gustaría adquirir?



() De traslado



() Manual



() Eléctrica



() Scooter

Figura 2.104

11. ¿Por qué le gustaría este tipo de silla de ruedas? (puede elegir mas de una respuesta)

Se ve atractiva

Es lo que necesito

Es para la que me alcanza

Es la que me gustaría

12. ¿Cuál considera usted que es la característica más importante en una silla de ruedas?

(Puede seleccionar mas de una respuesta):

Costo (que no sea cara)

Comodidad (que el anciano se sienta cómodo y seguro)

Practicidad (que la pueda cargar y guardar y que sea más amigable)

Función habilidad (que sea ideal para la zona en que vivo considerando las calles, la pavimentación y la seguridad del lugar)

Tecnología (que cuente con los mejores materiales y avances tecnológicos)

Estética (que no se vea tosca y que tenga colores agradables)

13. ¿Cuánto dinero estaría usted dispuesto a gastar en una silla de ruedas?

-\$1000

Entre \$1000 y \$20000

Entre \$2000 y \$5000

Entre \$5000 y \$15000

+15000

Otra cantidad

14. ¿Qué forma de compra prefiere?

Internet

Tienda

15. ¿Cuáles son los lugares a donde usualmente lleva a la persona?

Hospital

Iglesia

Supermercado

Restoranes

Paseos por las calles, jardines y/o parques

Visita a otros familiares (casas, deptos., etc.)

Otro

16. Usted considera que existen accesos apropiado para sillas de ruedas en estos lugares:

Todos tienen accesos

La mayoría tienen accesos

La mitad tienen accesos

Muy pocos tienen accesos

- Ninguno tiene accesos
 - No sé
17. ¿Cuál es el sistema de transporte con el que pudiera contar para transportar una silla de ruedas? (puede elegir mas de una respuesta)
- Servicio público
 - Taxi
 - Auto
 - Camioneta

Opinión sobre las sillas de ruedas del mercado

18. ¿Usted ha adquirido una silla de ruedas anteriormente? Si la respuesta es no, pasar a la pregunta 26. SI NO
19. ¿Dónde adquirió la silla de ruedas?
- En una tienda en México
 - En el extranjero
 - La compre por internet
 - Me la vendió o regaló un amigo
 - Otro
20. ¿Qué tipo de silla de rueda es?
- De traslado (las cuatro ruedas son pequeñas)
 - Manual (estándar)
 - Eléctrica
 - Scooter
 - No sé
21. ¿Cuál fue el precio?
- Si no lo recuerda haga un aproximado
- -\$1000
 - Entre \$1000 y \$20000
 - Entre \$2000 y \$5000
 - Entre \$5000 y \$15000
 - +15000
22. ¿De qué material es su silla?
- Acero
 - Aluminio
 - No lo sé
23. A su consideración la silla de ruedas con la que cuenta es (marque Sí o No según su criterio):
- | | | | | |
|-----------------------|----|-----------------------|----|---|
| <input type="radio"/> | SI | <input type="radio"/> | No | Pesada (me cuesta trabajo levantarla yo solo) |
| <input type="radio"/> | SI | <input type="radio"/> | No | Practica (la puedo guardar y no estorba) |
| <input type="radio"/> | SI | <input type="radio"/> | No | Cómoda (para la persona que la usa) |
| <input type="radio"/> | SI | <input type="radio"/> | No | Funcional (la utilizo para lo q necesito) |
| <input type="radio"/> | SI | <input type="radio"/> | No | Segura (no pongo en riesgo ni al anciano ni a mi) |
24. ¿Qué recomendaciones daría para mejorar la silla de ruedas que usted posee?
25. ¿Tiene usted alguna sugerencia para el diseño de una nueva silla de ruedas?

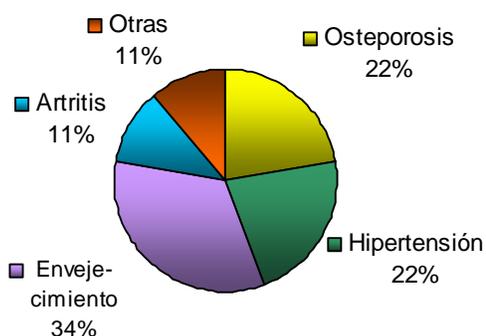
¿Si una silla de ruedas saliera a la venta con las características que usted mencionó la adquiriría? ¿Si, no? ¿Porque?

2.5.1. Resultados de las encuestas

Después de entrevistar a 9 familiares se obtuvieron los siguientes resultados:

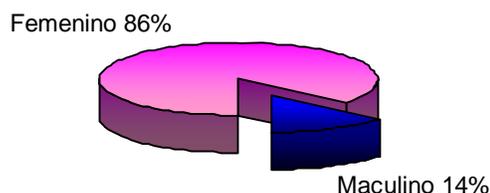
El primer grupo de preguntas nos indica datos personales para identificar mejor al tipo de usuarios. Los datos nos dicen que el 85% de las personas adultas son mujeres, los cuales son cuidados por los hijos y nietos. Las edades varían entre los 75 y 91 años y presentan entidades patológicas como: problemas de fémur, hipertensión, artritis, problema de rodilla, tumor o problemas ocasionados directamente por el proceso de envejecimiento.

Entidades mas comunes



Gráfica 2.13

Sexo de los ancianos encuestados



Gráfica 2.14

El 57% de los ancianos afirman necesitar una silla para trasladarse, aunque tan solo el 28.5% cuentan con una. Un 90% de las personas no se sienten motivados a usar una por pena o para no sentirse inútiles.

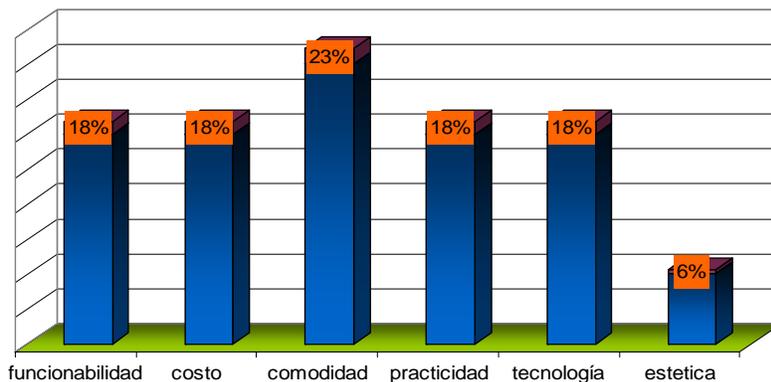
Algunos de ellos, cuentan con andaderas o bastones para facilitar su movilidad aunque los familiares afirman que para trasladarlos a lugares muy retirados estos resultan muy incómodos y cansados, y se vuelven ineficientes.

El segundo grupo de preguntas está enfocado a la opinión personal de las personas acerca de las sillas de ruedas. Los resultados nos dicen que el 70% de las personas no desea invertir en una silla para su anciano debido a que no lo creó necesario y/o desconoce las molestias que le ocasiona la silla actual.

El 42% desearían adquirir una silla eléctrica, el 42% una silla manual y el 12% un Scooter. El principal factor que interviene en la decisión de la adquisición de una silla de ruedas es el costo de la misma.

Las características más importante señaladas por los encuestados es la comodidad (esto se refiere a la comodidad y seguridad del anciano). En segundo lugar están empatados la funcionalidad (Que sea ideal para la zona en que vive considerando las calles, pavimentación y seguridad), la practicidad (que la pueda cargar y guardar y no estorbe), la tecnología con la que cuenta (que la silla cuente con los mejores avances tecnológicos y los mejores materiales) y el costo (que no sea cara) y finalmente en tercer lugar sé ubicó la estética (atractiva y de colores llamativos).

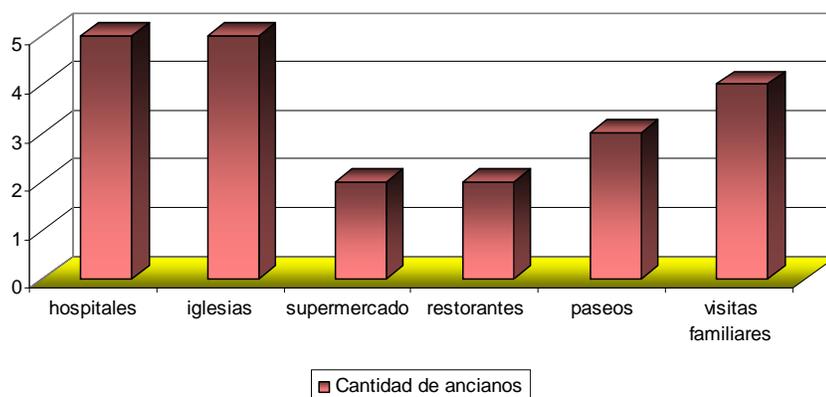
CATACTERÍSTICA MAS IMPORTANTE



Gráfica 2.15

Los lugares que usualmente frecuentan los ancianos son: hospitales e iglesias, seguido por visitas a familiares, paseos a parques y finalmente, restaurantes y supermercados.

Lugares que frecuentan los ancianos

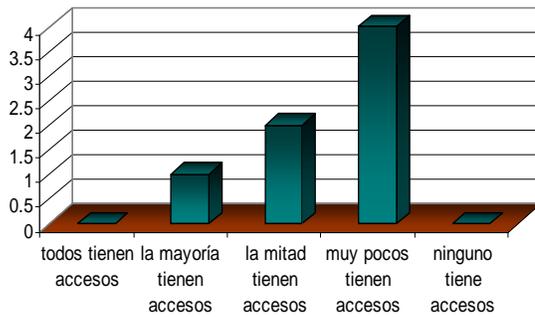


Gráfica 2.16

Según los encuestados, muy pocos de estos lugares tienen accesos para sillas de ruedas, lo que se les dificulta llevar a los ancianos en sus respectivas sillas.

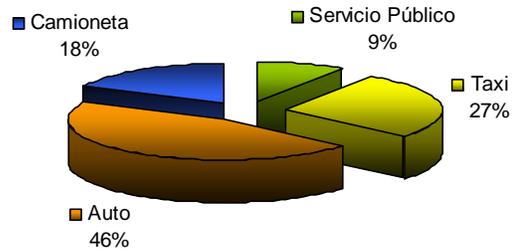
El 46% de los familiares cuenta con auto para transportarlos, el 27% toma taxi, el 18 % tiene camioneta y el 9% utiliza transporte público. Esto debido a que el ascenso y el descenso del servicio público son muy complicados para las personas mayores, sobre todo si viajan en silla de ruedas.

Accesos para sillas de ruedas en los lugares que frecuentan los ancianos



Gráfica 2.17

Forma de trasportar la silla de ruedas



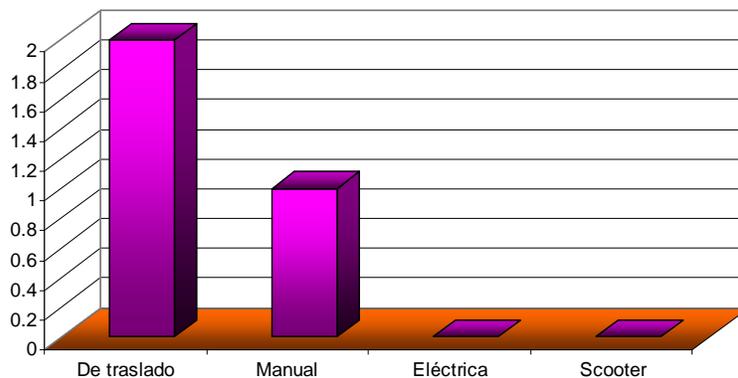
Gráfica 2.18

Las personas indicaron que si tuvieran que comprar una silla de ruedas estarían dispuestos a invertir: el 42% de \$1000 a \$2000, el 28% de \$2000 a \$5000 y el otro 28% más de \$15000. Sacando la media nos da como resultado que en promedio las personas gastarían menos de \$5000 por una silla de ruedas.

Muy pocas personas cuentan con sillas de ruedas y la mayoría de las personas recibieron la silla obsequiada por algún otro familiar o la compraron en tiendas oscilando en los precios de \$1000 a \$2000 en tiendas ubicadas dentro del DF. Estas nos expresaron su opinión de las sillas de redas que existan en el mercado.

La mayoría cuentan con sillas de traslado debido a su bajo costo y a que el anciano aún puede caminar aunque lo hace de una manera muy lenta. Algunos otros cuentan con sillas manuales pero ninguno cuenta con sillas eléctricas o scooters por su alto costo y complejidad de manejo.

Tipo de sillas que poseen los ancianos



Gráfica 2.19

Sus principales quejas, sugerencias e inquietudes fueron:

- Las sillas de rueda de bajo costo poseen poca estabilidad y seguridad para el anciano porque no cuentan con elementos de sujeción (cinturón de seguridad).
- Son incómodas y los materiales del asiento lastiman la piel después de un tiempo por lo que es necesario improvisar el acolchamiento con almohadas ordinarias.

- Son muy pesadas y deben bajar al anciano para subir o bajar escaleras y evitar tirarlo, también son pesadas para levantarse y meterse a la cajuela de un auto.
- No tienen elementos fijos para que una persona externa levante la silla o la cargue con el usuario sentado.
- Los reposapiés no son de fácil manipulación para el anciano por lo que generalmente no los usa y por consecuencia se los quitan a la silla.
- Que el anciano es muy pequeño para el tamaño de la silla.
- Al rodar la silla por la banqueta transmite vibraciones y el anciano se resbala del asiento.
- Las sillas que cuentan con la ergonomía de diseño son muy caras.
- Las sillas eléctricas y los scooters son un blanco fácil para la delincuencia.

2.5.2. Lista de especificaciones y requerimientos

Los principales requerimientos y recomendaciones según las encuestas fueron:

- ✿ Mayor estabilidad de la silla.
- ✿ Seguridad.
- ✿ Bajo costo.
- ✿ Mejorar el acolchonamiento.
- ✿ Que la silla sea ligera.
- ✿ Fácil para subir y bajar escalones.
- ✿ Que sean plegables.
- ✿ Mejorar la configuración de los reposapiés.
- ✿ Mejorar el tamaño de la silla según el usuario.
- ✿ Que no vibre en las banquetas.
- ✿ Que sean cómodas
- ✿ Que tengan elementos fijos para cargarla con el usuario sentado.
- ✿ Que sea fácil de manejar

Para la estructura se necesita cumplir con:

- ◆ Que la silla resista la carga del peso del usuario :Resistencia, Rigidez
- ◆ Ductilidad
- ◆ Peso
- ◆ Resistencia a las inclemencias del día.
- ◆ Que requiera muchos elementos
- ◆ Costo

Cabe mencionar que el muestreo es muy pequeño y para tener valores mas reales se necesitaría realizar un número mayor de encuestas, pero, por cuestiones de tiempo no se realizó.

3. Método TRIZ

3.1. ¿Qué es el método TRIZ?

Entre los sistemas de innovación tecnológica más poderosos y sistemáticos actuales, se encuentra el teoría TRIZ. Sus siglas en ruso se traducen como “Teoría Para Resolver Problemas de Inventiva”. Esta teoría fue desarrollado en la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) por el doctor en ingeniería mecánica Genrich S. Altshuller, aproximadamente hace 40 años.¹⁰

Esta teoría surge del análisis de mas de 2.5 millones de patentes en todo el mundo. Con ello, se han identificado los principios y la organización de conocimientos para la resolución de problemas técnicos de gran dificultad, que requieren de soluciones totalmente innovadoras basadas en el conocimiento de un método que nace del análisis de cientos de patentes de invención. Tras el análisis, se realizan tres hallazgos importantes: por un lado que los problemas y soluciones se repetían en diversas ciencia-sectores industriales; por otro lado que las formas en que los sistemas tecnológicos evolucionan eran iguales, y por ultimo, que las innovaciones más relevantes utilizaban efectos científicos de disciplinas diferentes a donde fueron desarrolladas.¹¹

Según la teoría de TRIZ el proceso creativo que lleva a la innovación de sistemas tecnológicos, trata de un sistema estructurado y basado en una metodología. Esta sustentada en que la mayoría de los problemas de inventiva o innovación tecnológica ya han sido resueltos y las soluciones aportadas se pueden clasificar y ordenar para tener acceso a ellas de una manera fácil y rápida.

El algoritmo de aplicación TRIZ, parte de la identificación de un problema específico, modelarlo y clasificarlo según tipos de problemas estándar, esto nos ayuda a reconocer modelos de solución que nos acercaran a una solución específica que resolverá nuestro problema.

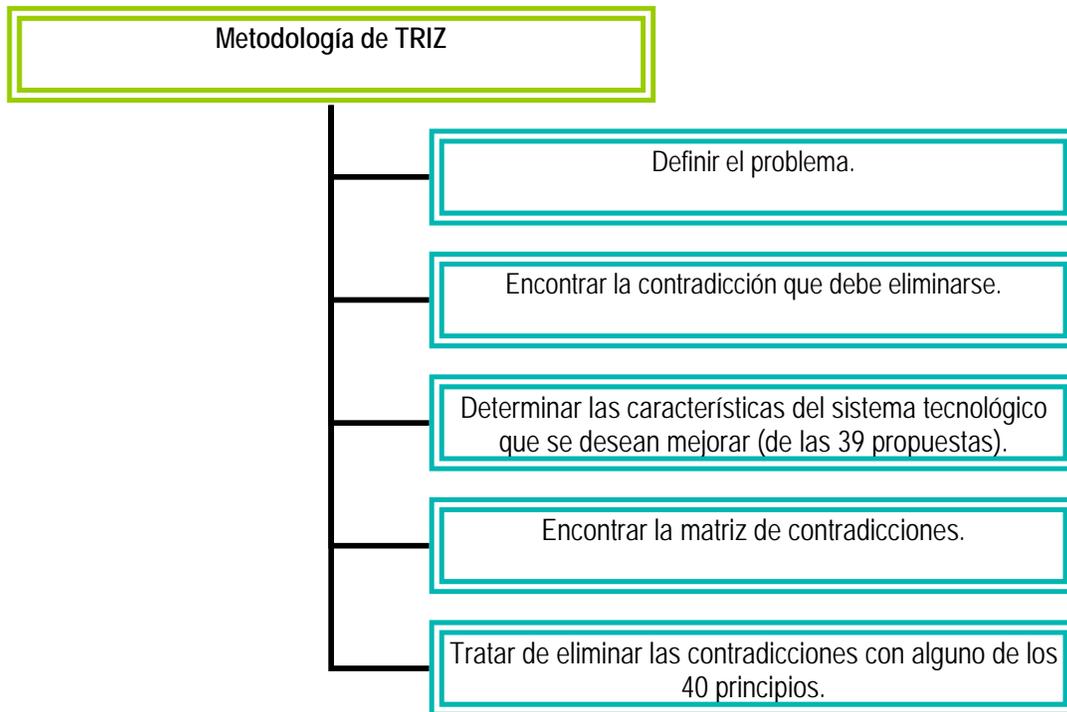
Con la teoría de TRIZ se intenta romper con el azar, ensayo-error, para escoger el camino correcto para la resolución de problemas. En este esfuerzo de generar un método o una teoría TRIZ destaca y conceptualiza teorías como loa funcionalidad y la sistemática, leyes de nacimiento y evolución de sistemas, las contradicciones o conflictos internos de dichos sistemas y el uso de recursos del entorno del problema. Siempre se tiene que tener presente cual es la finalidad del sistema que se quiere mejorar, “cual es su razón de ser”, de esa forma los esfuerzos deberían también verse en aquello que queremos mejorar, su funcionalidad.

En términos generales la teoría consiste en descubrir las principales contradicciones de un problema de innovación tecnológica o las necesidades de generar un invento, dichas contradicciones se dividen en:

- a) Contradicciones técnicas: que son las que involucran a dos elementos de un sistema tecnológico.
- b) Contradicciones físicas: que corresponden a una sola parte del sistema tecnológico.

Altshuller señala que todo sistema tecnológico sufre una serie de transformaciones desde su etapa de concepción hasta su nivel de obsolescencia o senectud, en la cual es superado por otro sistema tecnológico mas avanzado y por lo tanto de mayor eficiencia de funcionamiento o nivel de “idealidad”, a esto le llama evolución de los sistemas tecnológicos.

Mas tarde propone 39 parámetros o características de cualquier sistema así como, su aportación más importante, los 40 principios para inventar o innovar, mismos que son base de la matriz de contradicciones.¹²



3.1.1. Fundamentos de TRIZ

Las siguientes definiciones son las propuestas por el Profesor Altshuller para la aplicación de su matriz de contradicciones y no necesariamente son las definiciones tradicionales de la ciencia y la tecnología. Su objetivo es encontrar un lenguaje común al aplicar el método TRIZ en innovación tecnológica.

1. **Peso del objeto móvil:** Masa del objeto en movimiento, sujeto a un campo gravitacional o fuerza que el mismo objeto ejerce sobre los puntos que lo soportan o lo suspenden.
2. **Peso del objeto estacionario:** del objeto estático en un campo gravitacional o fuerza que el mismo objeto ejerce sobre los puntos que lo soportan o lo suspenden.
3. **Longitud del objeto móvil:** Cualquiera de las dimensiones lineales de un objeto en movimiento, no necesariamente su longitud.
4. **Longitud de un objeto estacionario:** Cualquiera de las dimensiones lineales de un objeto estático, no necesariamente su longitud.
5. **Área del objeto en movimiento:** Área o parte de la superficie que ocupa un objeto en movimiento, ya sea interna o externa.

6. **Área del objeto estacionario:** Área o parte de la superficie que ocupa un objeto estacionario, ya sea interna o externa.
7. **Volumen de un objeto en movimiento:** Espacio volumétrico que ocupa un objeto cuando se desplaza de un punto a otro.
8. **Volumen de un objeto estacionario:** Espacio volumétrico que ocupa un objeto cuando se encuentra estático en un punto.
9. **Velocidad:** Velocidad de un objeto. También: Velocidad a la que se lleva a cabo un proceso o cualquier tipo de acción que involucra a un sistema tecnológico.
10. **Fuerza:** Se refiere a la fuerza que requiere un objeto para cambiar su posición de un punto a otro.
11. **Esfuerzo o presión:** Es la fuerza por unidad de área o la tensión aplicada a un objeto o la que el objeto ejerce sobre su entorno.
12. **Forma:** Contorno externo de un objeto o apariencia de un sistema tecnológico.
13. **Estabilidad de la composición de un objeto:** Integridad del objeto o sistema. Relación entre los distintos constituyentes de un objeto. Un incremento en la entropía (desorden) del objeto o sistema, representa una pérdida de estabilidad.
14. **Resistencia:** Capacidad de un objeto a resistir un cambio en respuesta a una fuerza aplicada. También resistencia a la ruptura.
15. **Duración de una acción del objeto móvil:** Tiempo en el cual un objeto móvil puede llevar a cabo una acción o vida útil de un objeto en movimiento.
16. **Duración de una acción del objeto estacionario:** Tiempo en el cual un objeto estacionario puede llevar a cabo una acción o vida útil de un objeto estacionario.
17. **Temperatura:** Condición térmica de un objeto o sistema tecnológico, lo cual puede incluir su capacidad calorífica.
18. **Brillantez:** Calidad lumínica de un objeto o sistema dado en fluxes por unidad de área.
19. **Uso energético del objeto en movimiento:** Energía requerida, por el objeto en movimiento, para llevar a cabo una acción determinada. También, capacidad para llevar a cabo un trabajo determinado en movimiento.
20. **Uso energético del objeto estacionario:** Energía requerida, por el objeto estático, para llevar a cabo una acción determinada. También, capacidad para llevar a cabo un trabajo determinado en estado estacionario.
21. **Potencia:** Gradiente del uso de energía. También, tiempo en el que se lleva a cabo un trabajo.

22. **Perdida de energía:** *Energía disipada que no contribuye directamente al trabajo requerido.*
23. **Perdida de materia:** *Perdida parcial o total, de manera temporal o permanente, de material de sistema o de los subsistemas del mismo.*
24. **Perdida de información:** *Perdida parcial o total, de manera temporal o permanente, de textura, olor, color, etc.*
25. **Perdida del tiempo:** *Lapso de tiempo que se pierde al llevar a cabo una acción por el objeto o el sistema tecnológico. Reducir la pérdida de tiempo es una característica deseable en un sistema.*
26. **Cantidad de sustancia o de materia:** *Cantidad de sustancia que contiene un objeto, un sistema o los subsistemas que lo integran y que puede cambiar totalmente de manera temporal o definitiva.*
27. **Confiabilidad:** *Seguridad de la Habilidad que tiene un sistema para llevar a cabo la función para la cual fue diseñado, en una forma óptima.*
28. **Precisión en la medida:** *Certidumbre con la que es posible medir el valor o característica, de un parámetro, en un sistema tecnológico.*
29. **Precisión en la Manufactura:** *Grado de exactitud mediante el cual se puede fabricar un objeto en relación a las especificaciones requerida de sus componentes.*
30. **Daño externo que afecta a un objeto:** *Susceptibilidad de un sistema a daños inflingidos desde el exterior.*
31. **Daños generados por el propio objeto:** *Daños producidos durante la operación de un objeto, un sistema o los subsistemas que lo integran.*
32. **Manufacturabilidad o facilidad para la fabricación:** *Facilidad con la que se puede producir un objeto o sistema tecnológico.*
33. **Facilidad de operación:** *Simplicidad en la operación de un objeto o un sistema. Entre menos componentes o etapas tiene un objeto o un proceso, es de más fácil operación.*
34. **Facilidad de reparación:** *Calidad que tiene un objeto, o un sistema de ser reparado de una forma rápida y sencilla.*
35. **Adaptabilidad:** *Flexibilidad con que un objeto o sistema puede responder a cambios externos. También capacidad que tiene un objeto o un sistema para ser empleado en varias tareas y en diferentes circunstancias.*
36. **Complejidad del objeto:** *Diversidad de elementos que se relacionan entre si, durante la operación de un objeto. La dificultad con que se puede controlar la operación de un objeto es su grado de complejidad.*

37. Complejidad de control: Grado de dificultad con que se puede controlar la operación de un objeto o sistema, debido de la complejidad e interrelación de sus componentes.

38. Nivel de automatización: Capacidad para que un objeto o un sistema tecnológico lleve a cabo la función para la cual fue diseñado sin intervención humana. El nivel mas bajo de automatización será el de un objeto operado manualmente, siendo el nivel máximo de operación aquel en el cual el objeto o sistema funciona independientemente del ser humano, monitoreando su propia operación.

39. Capacidad/productividad: Número de funciones o de operaciones que un objeto o sistema lleva a cabo por unidad de tiempo. También, la producción por unidad de tiempo o el costo por unidad de tiempo.¹³

Los 40 principios fundamentales

Al igual que los parámetros técnicos Altshuller extrajo los 40 Principios Inventivos. Se tratan de sugerencias ayudan al ingeniero a encontrar una solución de inventiva al problema.

1. Segmentación. Con tres opciones:

- a) Dividir un objeto en segmentos independientes; por ejemplo: La antena de un automóvil.
- b) Hacer un objeto fácil de desarmar; por ejemplo: Muebles modulares.
- c) Incrementar el grado de fragmentación o segmentación de un objeto; por ejemplo: En lugar de cortinas convencionales emplear persianas.

2. Extracción. Separar o quitar la parte que genera el problema de contradicción, por ejemplo: Emplear el sonido de aves en peligro, mediante altoparlantes, con el objeto de mantener a las aves reales alejadas, de las pistas de de aterrizaje.

3. Calidad local. Con tres alternativas:

- a) Cambio de una estructura homogénea a otra heterogénea de un objeto o a una acción del ambiente externo; por ejemplo: para combatir el fino polvo que se produce dentro de las minas de carbón durante la perforación se aplica agua automatizada, sin embargo eso causa pérdida de visibilidad. La solución es aplicar gotas más grandes con lo que se resuelve el problema.
- b) Que partes de un objeto tenga varias funciones; por ejemplo un lápiz con su goma de borrar.
- c) Colocar cada parte de un objeto bajo las condiciones más favorables para su operación; por ejemplo: Los controles de un monitor se localizan en la parte formal de éste.

4. Asimetría. Con dos opciones:

- a) Reemplazar una forma simétrica con una asimétrica; por ejemplo: El lado externo de una llanta se refuerza más para soportar los golpes contra la banqueta.
- b) Si un objeto es asimétrico, incrementar dicha asimetría; por ejemplo: Cambiar los sellos de hule, de juntas a presión, por sellos de formas especiales, aún más asimétricas, para un sellado perfecto.

- 5. Consolidación o combinación.** Con dos opciones:
- a) *Combinar, en un espacio, objetos homogéneos o que estén destinados a una operación contigua; por ejemplo: Unir dos embarcaciones convencionales con lo que surge el “catamarán”, el cual es mucho más estable que las embarcaciones independientes.*
 - b) *Consolidar, en tiempo, operaciones simultáneas; por ejemplo: Cuando se excava en un terreno congelado, se sugiere instalar aspersores de vapor de agua, junto a las cuchillas de excavación con objeto de reblandecer dicho terreno.*
- 6. Universalidad.** *En este caso se pretende que un objeto lleve a cabo varias funciones que normalmente tienen otros objetos; por ejemplo, la popular multiherramienta de bolsillo que contiene un cuchillo, una lima unas pinzas, etc.*
- 7. Anidación.** Con dos opciones:
- a) *Que un objeto pueda colocarse dentro de otro y ellos dos dentro de un tercero; por ejemplo: un lente zoom de cámara fotográfica.*
 - b) *Un objeto pasa a través de la cavidad de otro; por ejemplo: Una navaja tipo “cutter”, la hoja pasa través del objeto principal*
- 8. Contrapeso.** Con dos alternativas:
- a) *Compensar el peso de un objeto combinándolo con otro de tal manera que se tenga una fuerza elevadora; por ejemplo: Un hidrodensificador, el cual inyecta agua a muy alta presión, bajo la embarcación, para levantarla y avanzar a gran velocidad.*
 - b) *Compensar el peso de un objeto con fuerzas aerodinámicas o hidrodinámicas que fluyan o interactúen con el ambiente; por ejemplo: En los automóviles de carreras se coloca un alerón trasero con objeto de incrementar la presión de los neumáticos sobre el asfalto aumentando la tracción.*
- 9. Acción contraria anticipada.** *Este principio se refiere a llevar a cabo una acción contraria y de manera anticipada para solucionar una contradicción; por ejemplo: El reforzamiento de una columna de concreto.*
- 10. Acción anticipada.** Con dos opciones:
- a) *Llevar a cabo la acción contraria anticipadamente; por ejemplo: De nuevo la navaja tipo “cutter”, la cual contiene una hoja segmentada para que cuando una parte de ella pierda filo, pueda ser fácilmente remplazada por un segmento nuevo.*
 - b) *Arreglar objetos con antelación de tal manera que entre en acción inmediatamente que sea necesario y en el lugar adecuado; por ejemplo: Cuando se lleva a cabo el vaciado de piezas de cerámica, en secciones, entre cada sección se colocan hojas metálicas o plásticas, para que una vez fraguada la pieza se pueda separar fácilmente del molde.*
- 11. Acolchonado anticipado.** *Significa proteger algún objeto contra el daño que puede sufrir en el futuro; por ejemplo: El principio es muy empleado por las empresas que se dedican a la mudanza de muebles y artículos frágiles, consistiendo en empaclar dichos artículos entre plásticos expandidos.*

12. Equipotencialidad. Es un principio que se refiere a evitar levantar o bajar un objeto durante algún tipo de acción; por ejemplo: Para evitar levantar un automóvil durante el cambio de aceite o la revisión de las ruedas, se cuenta con fosas sobre las cuales se coloca el vehículo y el mecánico simplemente baja para llevar a cabo la tarea.

13. Inversión o hacer algo en forma contraria a la convencional. Con tres opciones:

- a) En lugar de llevar a cabo la acción directa, dictada por el propio problema, hace lo contrario; por ejemplo: El ganado se marca tradicionalmente, mediante un hierro al “rojo vivo”, lo cual causa mucho dolor y puede producir infecciones posteriores en el animal. En algunos países europeos se emplea un hierro enfriado con nitrógeno líquido, con lo que el dolor se reduce y la marca es permanente.
- b) Voltear un objeto “boca abajo” para que lleve su función; por ejemplo: Altshuller sugiere un sartén eléctrico invertido que fríe los alimentos de arriba hacia abajo.
- c) Hacer estacionaria la parte móvil de un objeto y lo estacionario móvil, que puede incluir el ambiente; por ejemplo: Una caminadora eléctrica hace que el usuario permanezca en el mismo lugar y lo que se mueve es la banda, contrario a lo que sucede al caminar, que el piso permanece estacionario y la que se mueve es la persona.

14. Esfericidad. Con tres alternativas:

- a) Reemplazar partes lineales con curvas o esferas; por ejemplo: Emplear arcos o domos para reforzar construcciones lineales.
- b) Uso de rodillos o espirales; por ejemplo: Algunos implementos agrícolas, para mover la tierra, usan rodillo dentados en lugar de las tradicionales cuchillas con lo que es posible mover el doble o el triple de tierra que con el sistema tradicional

15. Incremento dinámico o dinamismo. Con tres alternativas:

- a) Hacer que las características de un objeto o el ambiente, se adapten para un rendimiento óptimo en cada etapa de su función; por ejemplo; los alerones que se colocan a las autos de carreras, cuyos ángulos de ataque pueden cambiarse para un funcionamiento óptimo del vehículo.
- b) Dividir un objeto en varios elementos de tal forma que cambien de posición unos con otros: por ejemplo; Los modernos vehículos “todo terreno” que se emplean para explorar Marte, los cuales son muy flexibles con partes móviles en los sistemas de rodado.
- c) Si un objeto es rígido, hacerlo móvil o intercambiable: por ejemplo; Una lámpara de mesa, colocarle un aditamento; flexible, para poner el rayo luminoso a donde sea necesario.

16. Acción excesiva o parcial. Si es imposible obtener un 100% del efecto deseado, mediante un sistema tecnológico tratar de obtener el rendimiento más alto simplificando el sistema; por ejemplo; Cuando se pinta un objeto, por inmersión, siempre queda un exceso de pintura sobre él, para eliminarla se sugiere rotarlo a gran velocidad y así obtener un pintado óptimo recuperando sobrante para su reciclado.

17. Transición a una nueva dimensión. Con tres alternativas:

- a) Cambiar un movimiento unidimensional a dos o tres dimensiones; por ejemplo: el “ratón” de una computadora que funciona mediante luz

infrarroja puede moverse en tres dimensiones en comparación con la tradicional que solo lo hace en dos.

- b) Utilizar objetos ampliados en varios niveles; por ejemplo: Aplicar láminas delgadas de vidrio para poder cortarlas con lo que reduce el peligro de que se rompan si se hace el corte de manera individual.*
- c) Inclinar objetos o colocarlos sobre sus extremos; por ejemplo: Almacenar troncos de árboles verticalmente, uniéndolos adecuadamente para que formen una estructura rígida y estable.*

18. Vibración mecánica. Con tres opciones:

- a) Emplear oscilaciones; por ejemplo: El péndulo de un reloj de pared.*
- b) Si ya existe una oscilación, aumentar la frecuencia e incluso llegar al ultrasonido; por ejemplo; el horno de microondas.*
- c) Usar vibraciones ultrasónicas junto con campos magnéticos; por ejemplo: Actualmente es posible “soldar” hueso humano mediante ultrasonido y campos magnéticos.*

19. Acción periódica. Con 3 opciones:

- a) Reemplazar una acción continuaron con una periódica o con impulsos; por ejemplo: Cuando se riega el césped, se aplica el agua de forma constante, este es dañado, lo mejor es usar aspersores intermitentes.*
- b) Si una acción ya es periódica, cambiar su frecuencia; por ejemplo: En los faros marinos, se cambia a menudo la frecuencia del haz luminoso con objeto de que sea más visible para los navegantes.*
- c) Usar pausas entre los impulsos para obtener una acción adicional; por ejemplo: Usar chimeneas que funcionen mediante pausas para emitir los gases, son capaces de elevarlos hasta 3000 metros, lo que ni se lograría con un chimenea del triple de altura pero que funcione de manera continua.*

20. Llevar a cabo la acción positiva de manera continua. Con las siguientes opciones:

- a) Conducir la acción deseada sin pausa, es decir que todas las partes de un sistema tecnológico deben operarse a su máxima capacidad; por ejemplo: Un equipo automático para soldar tuberías en la industria petrolera está diseñado para operar todo el tiempo a su máxima capacidad y eficiencia.*
- b) Eliminas “tiempos muertos”; por ejemplo: Un barco carguero siempre debe llevarse cargado con mercancía y nunca viajar vacío.*

21. Aumentar la velocidad a la que se lleva a cabo una acción riesgosa o dañina. Por ejemplo: Una sierra cortadora de tubos de plástico, debe de llevar a cabo la acción de corte a la mayor velocidad posible, para evita el calentamiento de los tubos y su deformación.

22. Convertir algo dañino en beneficio. Con las siguientes alternativas:

- a) Convertir dos o varios efectos dañinos en uno benéfico; por ejemplo: Las aguas residuales fuertemente alcalinas, de un empresa pueden mezclarse con las aguas residuales fuertemente ácidas, de otra industria con la cual se neutralizan ambas.*
- b) Incrementar la acción dañina hasta que cesa de serlo; por ejemplo: La arena para construcción, en climas extremadamente fríos, se congela en los contenedores que la transporta a su lugar de uso, por lo que muy difícilmente se descarga. Sin embargo si se enfría muco más mediante nitrógeno líquido, es muy fácil de descargar mediante vibración.*

23. Retroalimentación. Con dos alternativas:

- a) *Si no existe la retroalimentación establecerla; por ejemplo: El funcionamiento de cualquier flotador, en un tanque de agua. Antes de que se inventara el artefacto se determinaba el nivel del líquido cuando este se derramaba.*
- b) *Si ya existe retroalimentación, incrementarla; por ejemplo: En los equipos muy ruidosos, como o tractocamiones, primero se determina el nivel de ruido generado, mediante sensores y después se genera otro sonido, con la misma intensidad pero desfasado 90 grados con lo que elimina ambos ruidos.*

24. Mediador. Con dos opciones:

- a) *Emplear un objeto intermedio para transmitir o llevar a cabo una acción; por ejemplo: Cuando se elaboran artículos de plástico en moldes muy complejos, se inyecta aire a presión con el propósito de Distribuir adecuadamente el polímetro, el aire solo lo “empuja” y después se elimina.*
- b) *Temporalmente conectar un objeto a otro y después quitar uno de ellos; por ejemplo: Cando se desea sembrar hortalizas, de manera muy precisa en el espacio de las plantas, se colocan las semillas distribuidas en un papel biodegradable, mediante un adhesivo orgánico, El papel y las semillas se depositan en la tierra y con el tiempo el papel desaparece dado que ya cumplió su función.*

25. Autoservicio. Con dos alternativas:

- a) *Un objeto debe darse servicio a si mismo y si es necesario remplazarse; por ejemplo: En un restaurante autoservicio los mismos clientes se convierten en sus propios meseros.*
- b) *Aprovechar los materiales y la energía desechada en un proceso; por ejemplo: La producción de composta, de los residuos sólidos biodegradables o el aprovechamiento del calor generado en una chimenea que puede ser recuperado mediante un serpentín que conduzca agua, la cual aumenta su temperatura y así se alimenta a la caldera, obteniéndose un ahorro considerable de combustible.*

26. Copiado. Con tres opciones:

- a) *Emplear una copia barata en lugar del objeto original que es frágil o inconveniente de operar; por ejemplo: Un simulador de vuelo para entrenar pilotos en lugar de un avión verdadero.*
- b) *Remplazar el objeto original con su opción óptica, la imagen obtenida puede ser reducida o agrandada; por ejemplo: La altura de objetos muy altos puede determinarse mediante la sombra que proyectan.*
- c) *Si se está remplazando una copia óptica, esta puede ser remplazada por una copia infrarroja o ultravioleta; por ejemplo: Para determinar el grado en que un cultivo ha sido atacado por plagas, se emplean fotografías infrarrojas.*

27. Desechar. Remplazar un objeto costoso por otro que sea más económico y conveniente; por ejemplo: Aguja hipodérmica de secables.

- 28. Reemplazar un sistema mecánico con otro sistema.** Con las siguientes tres alternativas:
- Reemplazar el sistema mecánico por uno óptico, acústico o térmico; por ejemplo: Un sistema olfatorio es empleado para de terminar el momento en el cuál se rompe un “diente”, de un engrane, en una máquina de perforación.*
 - Emplear campos eléctricos, magnéticos o electromagnéticos para interactuar con un objeto; por ejemplo: Reemplazar el gancho de una grúa para levantar chatarra de Fierro con un electroimán.*
 - Usos de campos magnéticos en combinación con partículas ferromagnéticas; por ejemplo: En el caso ya visto de querer determinar la velocidad de endurecimiento de un plástico e le agrega limadura de Fierro, durante la preparación y se aplica un campo magnético oscilante, durante el fraguado, con lo que se puede determinar el grado de movilidad de las partículas metálicas y por lo tanto la velocidad de endurecimiento.*
- 29. Emplear un sistema hidráulico o neumático.** Por ejemplo: Las bolsas de los automóviles que se inflan rápidamente para evitar lesiones al conductor y los tripulantes, durante una colisión.
- 30. Membranas flexibles o películas delgadas.** Con las siguientes alternativas:
- Separación de varios objetos mediante membranas flexibles; por ejemplo: Altshuller aporta el ejemplo de que en un carro-tanque se puede transportar petróleo, licor y aceite comestible si se colocan dichas membranas adecuadamente dentro del transporte.*
 - Aislar una parte del objeto del ambiente que lo rodea mediante una membrana o película flexible; por ejemplo: Un invernadero es clásico de ese principio ya que el plástico mantiene las condiciones desecas dentro de la construcción.*
- 31. Material poroso.** Con dos opciones:
- Hacer un objeto poroso o emplear algún elemento que lo sea; por ejemplo: Los empaques porosos de poliestireno que se usan para proteger objetos durante su transporte.*
 - Si un objeto es poroso, llenar los poros con algún tipo de substancia; por ejemplo: En metalurgia, la manera más empleada de adicionar un aditivo, a un metal fundido líquido, es llenando los poros de un ladrillo especial con el aditivo introduciéndolo al líquido.*
- 32. Cambio de color.** Con cuatro opciones:
- Cambiar el color de un objeto o de su ambiente; por ejemplo: Una forma muy eficiente de aprovechar el calor del sol, en los calentadores de agua, es pintándolos de negro mate.*
 - Cambiar en nivel de translucidez de un objeto o de su ambiente; por ejemplo: Una venda puede hacerse transparente para observar como cicatriza una herida.*
 - Usar aditivos de un color para resaltar alguna cualidad o proceso de visualizar; ejemplo: En algunos termómetros, el líquido que indica la temperatura se colorea rojo para producir un mayor contraste y hacer más fácil la lectura.*
 - S ya se emplean aditivos, usar un tipo de pintura luminiscente para un mayor contraste; por ejemplo: Algunos termómetros tienen ya luminiscencia agregada en el líquido que indica la temperatura. Otro ejemplo es la carátula fosforescente de algunos relojes.*

- 33. Homogeneidad.** *Objetos secundarios que interactúan con el objeto principal, deben fabricarse del mismo material o de materiales similares al objeto similar; por ejemplo: en metalurgia, cuando es necesario agitar un material fundido, de alta pureza, se introduce un agitador del mismo metal para evitar contaminar el material fundido.*
- 34. Desechando y regenerando partes.** *Con las siguientes alternativas:*
- a) *Después de terminar su función, un elemento de un objeto, debe descartarse (evaporarse, disolverse, etc.) o puede ser modificado durante el proceso en el que se requiere; por ejemplo: Empaques fabricados con harina de almidón que una vez terminada su función se degradan fácilmente en los rellenos sanitarios.*
 - b) *Los componentes usados de un objeto debe ser reutilizados; por ejemplo: En los lanzamientos de naves espaciales, se recuperan los contenedores de combustible y se vuelven a usar varias veces.*
- 35. Transformación de propiedades.** *Con las siguientes opciones:*
- a) *Cambio del estado físico de algún componente del sistema tecnológico, por ejemplo: Para limpiar por erosión mecánica, piezas metálicas sin que el polvo limpiador deje trazas, se usa polvo de bióxido de carbono (“hielo seco”) que una vez cumplida su misión limpiadora se evapora y desaparece sin dejar rastro*
 - b) *Cambio de concentración o densidad; por ejemplo: Una piscina de clavados, en la cual se hace burbujear aire, reduciendo su densidad y así protegiendo a los clavadistas contra alguna lesión al efectuar un mal clavado.*
 - c) *Cambio de temperatura; por ejemplo: Mantener a baja temperatura las muestras médicas de tejidos para su posterior análisis.*
- 36. Transición de fase.** *Emplear el fenómeno de cambio de fase (liberación, absorción de calor, etc.); por ejemplo: Algunas naves espaciales cuentan con una capa protectora de un a sustancia que se evapora, absorbiendo calor, durante la etapa de reingreso a la tierra y con ello protegiendo a los astronautas.*
- 37. Expansión térmica.** *Con dos alternativas:*
- a) *Emplea la expansión o contracción de algún material con el cambio de temperatura ambiental; por ejemplo: Para ajustar correctamente dos parte metálicas, se enfría la interna y se calienta la externa. Una vez lograda, por una parte la contracción y por otra la expansión, se unen y dejan a la temperatura ambiente, logrando un ajuste perfecto.*
 - b) *Usar varios materiales con diferentes coeficientes de expansión térmica; por ejemplo: El termopar (termocople) para el control de temperatura en algunos aparatos industriales.*
- 38. Oxidación acelerada.** *Llevar a cabo la transición de un nivel inferior de oxidación a otro nivel mayor; por ejemplo: El tratamiento de aguas residuales, en las cuales es indispensable dosificar oxígeno a las bacterias que biodegradan la materia orgánica, se cambia de aire común (21% de oxígeno y 78% de nitrógeno) a inyectar oxígeno puro, con lo que se obtiene mayor eficiencia en un menor tiempo.*

39. Ambiente inerte. Con las siguientes alternativas:

- a) *Reemplazar el ambiente natural con otro que sea inerte; por ejemplo: Para evitar que algunas fibras vegetales se incendien en los almacenes se aplica nitrógeno para así desplazar al oxígeno proveniente de la combustión.*
- b) *Llevar a cabo un proceso en el vacío; por ejemplo: Algunos procesos de soldado, muy delicados, se llevan a cabo en cámaras de vacío.*
- c) *Emplear una sustancia inerte; por ejemplo: Para evitar la oxidación, en un proceso de soldado, se hace uso de algún gas inerte al llevar a cabo la acción.*

40. Material compuesto. Usos de los nuevos materiales con características muy especiales; por ejemplo: Algunas bicicletas de carreras, para hacerlas más ligeras y resistentes, tienen partes hechas de fibra de carbono.¹⁴

Tipos de contradicciones

Inventar o innovar significa eliminar una serie de contradicciones que surgen cuando se requiere solucionar un problema tecnológico, a diferencia de la manera en que se “solucionan” los problemas técnicos, de los sistemas convencionales, en los cuales solamente se llega a “compromisos tolerables” entre un aspecto que se mejora y otro empeora, es decir: “mejoramos un poco esto a costa de aquello empeore de manera tolerable”, o “se pegue un precio aceptable”, esto no es realmente innovar o inventa.

En un sistema tecnológico, la contradicción es una condición que surge cuando entra en conflicto un subsistema con otro o cuando las propiedades de un subsistema entran en conflicto con ellas mismas por lo que se hace necesario eliminar tales conflictos mediante una solución novedosa.

Contradicciones Técnicas: Existen cuando, tratando de mejorar un atributo “A” de un sistema tecnológico, otro atributo “B” del mismo sistema tecnológico se deteriora. Este tipo de contradicciones surgen cuando se demandan funciones completamente diferentes o incompatibles de los subsistemas de un sistema tecnológico y generalmente, se refiere a todo el sistema tecnológico.

Contradicciones Físicas: Las contradicciones físicas se generan cuando una característica “X”, de un sistema tecnológico, se requiere cambiar y ese cambio, por otra razón resulta negativo, entrando dicha característica en conflicto consigo misma. La contradicción física normalmente se refiere solamente a una parte del sistema tecnológico.¹⁵

3.2. Aplicación del Método TRIZ

Utilizaremos la metodología TRIZ y la ayuda del programa CREAX Innovation Suite para el planteamiento del diseño de nuestra silla de ruedas según nuestras especificaciones.

Para lograr un resultado óptimo se ha sugerido este método con el fin de generar alternativas de solución a los problemas que se han encontrado a lo largo del desarrollo de esta Tesis.

Para el desarrollo de nuestras soluciones seguiremos los pasos sugeridos anteriormente por el método TRIZ.

3.2.1. Aprovechamiento de los recursos “invisibles”

Cuando se utiliza TRIZ se hace uso de recursos aparentemente invisibles que son gratuitos o que cuestan muy poco, pero que a primera vista se ignoran debido a los bloqueos psicológicos que sufrimos. Para el análisis de estos recursos dividiremos el espacio-tiempo en pasado, presente y futuro, y los sistemas en Supersistema, sistema y subsistema.

En el pasado tendremos todos los recursos que se antepone a nuestro problema en cada una de nuestra división de sistemas. En el presente se indican todos aquellos recursos que podemos utilizar hoy y en el futuro nos indica el destino que tomara cada uno de nuestros sistemas. Para entenderlo mejor utilizaremos el programa CREAX-Resources el cual nos ayuda a plantear mejor nuestros recursos invisibles obteniendo los resultados mostrados en la imagen. Comenzaremos por analizar nuestro supersistema en los distintos tiempos.

	PASADO	PRESENTE	FUTURO
SUPERSISTEMA	Buena salud de las personas. Practicar ejercicio. Adelantos médicos.	Antropometría de los ancianos. Peso de los ancianos. Accesos para sillas de rueda. Existencia del INAPAM.	Miramiento en los servicios públicos. Nuevas curas para algunas enfermedades. Modernización de las ciudades.
SISTEMA	Utilización de bastones y/o andaderas.	Silla de traslado Bajo costo Ligera Ergonómica Geriatrica	Reutilización de la silla Adaptación para otra persona
SUBSISTEMA	Seleccionar materiales de los componentes. Manufactura de las piezas. Compra de algunos elemento. Diseño de algunos elementos.	Asiento. Estructura tubular. Reposapiés. Llantas. Mecanismo de amortiguamiento. Sistema de seguridad. Frenos.	Mantenimiento de piezas Sustitución de piezas y/o elementos. Cambio de llantas

Tabla 3.1

Supersistema

El supersistema en el pasado nos muestra todos aquellos recursos fuera del sistema ,que se pueden ocupar antes del uso de nuestro producto, en este caso nuestra silla de ruedas; aquí encontramos el cuidado de la salud que evitaría el desarrollo de múltiples enfermedades y el habito de practicar deporte para mantener activo nuestros músculos y articulaciones. Otro recurso que podemos aprovechar son los avances médicos que. En algún momento, ayudaron a las personas a superar enfermedades y/o accidentes fatales.

En el presente encontramos todos aquellos recursos que podemos utilizar a nuestro favor en el diseño de la silla de ruedas; la antropometría de los ancianos puede ser un factor favorable debido, a que las medidas de los ancianos son mas pequeñas que el resto de la población adulta, de la misma manera ocurre con el peso; la existencia de accesos de sillas de rueda, debido a que estas nos facilitan, en cierta manera, el acenso y descenso de escalones y banquetas; La existencia del INAPAM es otro recurso favorable debido a que es un instituto especializado en la asistencia de los adultos mayores la cual se dedica a apoyarlos brindándoles la atención necesaria.

En el futuro podemos pensar que uno de nuestros recursos será el mejoramiento de servicios públicos para la transportación de nuestra silla; el desarrollo de nuevas curas para algunas enfermedades, porque talvez reduciría las limitaciones de los ancianos y la modernización de las ciudades para mejorar el traslado de las sillas en las calles y puentes, etc.

Sistema

El sistema en sí es nuestra silla de ruedas vista como un todo o como un solo elemento. Para el sistema en el pasado encontramos que hay antes de ser creada la silla, podemos encontrar los elementos que auxilian a las personas a caminar antes de adquirir la silla como son los bastones y las andaderas. En el presente encontramos a la silla de ruedas con sus características específicas como es el bajo costo, la ligereza, ergonómica, que es una silla geriátrica y de traslado, etc. Podemos combinar estas características a nuestro favor para generar una propuesta equilibrada, por ejemplo: si tomamos en cuenta la pequeña antropometría de los ancianos podemos reducir las dimensiones, u por consecuencia el peso, volviéndola más ligera. Para el futuro podremos considerar la reutilización de la silla y adaptarla a otra persona ajustando reposapiés, acolchonamiento y algunos otros elementos.

Subsistema

El subsistema será todo lo que encontremos dentro de mismo sistema. En el pasado nos podemos enfocar en los métodos de manufactura de las piezas, algunos procesos son más sencillos y bajan el costo de la pieza final y otros procesos hacen que las piezas sean más confiables, mas precisas, y que tengan un mejor acabado. También podemos hacer uso de la compra de algunos elementos que se encuentran disponibles en el mercado como son los tornillos, los resortes, amortiguadores, etc. En el presente tenemos todos aquellos elementos que la componen directamente como son: el asiento, la estructura tubular, los reposapiés, las llantas, el mecanismo de amortiguamiento, el sistema de seguridad y los frenos. Estos elementos también se pueden combinar o fusionar para bajar el grado de complejidad de la silla, para aligerarla y reducir su costo.

El subsistema en el futuro puede ser visto como el destino de las piezas de nuestra silla como es el mantenimiento y la sustitución de algunas piezas como es el cambio de llantas. Esto puede ser un recurso debido que podremos sustituir algunas piezas viejas por otras con mayor avance tecnológico y/o nuevos materiales.

RESTRICCIONES

Al igual que los recursos invisibles también existen restricciones en los sistemas que obstaculizan la solución de nuestro problema. Estos se visualizan de la misma manera que los recursos invisibles divididos en espacio-tiempo. Podemos llegar a encontrar casos en los que los recursos sean a su vez restricciones vistos desde otro punto de vista.

	PASADO	PRESENTE	FUTURO
SUPERSISTEMA	<p>No hay una buena cultura del deporte en México.</p> <p>No recibir la atención médica adecuada.</p> <p>Mala alimentación</p> <p>No existe la cultura de prevención de enfermedades.</p>	<p>Irregularidades en el pavimento.</p> <p>Pocos accesos para sillas de ruedas.</p> <p>Salarios bajos.</p> <p>Poca conciencia de las personas.</p> <p>Transporte publico inadecuado.</p>	<p>Aparición nuevas enfermedades.</p> <p>Crisis mundial.</p>
SISTEMA		<p>No incrementar costo</p> <p>No incrementar peso</p>	<p>Desgaste de la silla.</p>
SUBSISTEMA	<p>No tener acceso a máquinas de manufactura avanzadas.</p> <p>Alto costo de las piezas.</p>	<p>No existen muchas piezas en el mercado.</p> <p>No utilizar piezas pesadas.</p> <p>No incrementar la cantidad de los sistemas.</p>	<p>Mantenimiento de las piezas.</p> <p>Corrosión.</p>

Tabla 3.2

Supersistema

Las restricciones que tenemos del supersistema en el pasado son las siguientes: En México no existe una buena cultura del deporte sobre todo en el DF donde la cultura urbanizada no sale de sus casas y pasan su mayor tiempo libre viendo la TV. Otro factor negativo es la mala alimentación que sufre el país ya que tiene un alto nivel de obesidad en la población. Estos factores llevan a que las personas adultas generen mayores enfermedades. También encontramos que muchas personas no reciben la atención médica adecuada y con el paso de los años estas enfermedades se complican y crecen. Otro de los principales factores por los cuales las personas sufren tantas enfermedades en la vejez es porque en México no existe la cultura de la prevención de enfermedades, ya que las personas solo acuden al médico cuando están enfermas y no realizan chequeos médicos regularmente.

Las restricciones con las que contamos en el presenta para nuestro supersistema son: el mal estado de las banquetas y el pavimento, debido al poco mantenimiento que se les dan, esto genera baches, hoyos y fracturas en al suelo lo que impide el libre desplazamiento de la silla de ruedas generando la transmisión de vibraciones al usuario, provocando incomodidad y poniendo en peligro su seguridad. Otro gran impedimento son los pocos accesos para sillas de

rueda. En la actualidad existen leyes que normalizan esto, desde el diseño y tamaño de la banqueta como la obligación de contar con rampas para discapacitados en edificios y lugares públicos. Desgraciadamente estas leyes son aplicadas muy poco, una de las razones es no restar estética algunos edificios, la falta de interés, y el poco presupuesto para la remodelación de edificios antiguos. En cuanto a las banquetas, solo se han remodelado pocas zonas de la Ciudad de México como el centro histórico y colonias muy visitadas como Coyoacán, etc. Pero en comparación con el número de colonias con las que cuenta en DF son muy pocas. Las personas no tiene accesos de sillas de ruedas para llega a sus casas, en su banqueta o en el edificio donde viven y tienen que improvisar un acceso con el riesgo de que este falle. De igual manera el transporte público inadecuado evita el libre desplazamiento de las personas con su silla de ruedas, puesto que, pocos servicios públicos cuentan con accesos para discapacitados por lo que es complicado el acenso y descenso de ellos. Otra causa que nos afecta externamente son los bajos salarios y la falta de conciencia. Las personas no invierten en los ancianos porque creen que es un gasto innecesario y que no vale la pena. Además de que no pueden invertir mucho dinero en esto.

Para el futuro podemos pensar un poco el las cosas que pueden llegar a afectar a nuestro supersistema. Las crisis mundiales, como en todos los países, podría generar más pobreza en nuestro país y con ello evitar la difusión y el uso de las sillas de ruedas para ancianos. La aparición de nuevas enfermedades que puedan disminuir la población de ancianos en nuestro país.

Sistema

Las restricciones que encontramos en el presente para nuestro sistema son: el no poder incrementar el costo de la silla debido a que es una de las características que se debe mejorar, es importante que la silla sea ligera para poder cargarse con facilidad inclusive con el usuario sobre ella. Tampoco puede ser costosa porque la gente no la compraría. Optaría por comprar una silla de bajo costo como las que existen en el mercado actualmente pero que no cumple con las necesidades propias de los ancianos.

En el futuro el desgaste de la silla puede ser un problema al no poder continuar con sus funciones y requerir la adquisición de otra silla de ruedas.

Subsistema

Una de las restricciones que podemos encontrar en pasado para nuestro subsistema es el no tener acceso a maquinarias de manufactura avanzadas en el diseño de piezas complejas, esto nos limita a utilizar piezas de poca complejidad. Otra limitación que encontramos es el no poder utilizar piezas de alto costo, esto nos obligará a realizar un análisis de costo para determinar si es más caro comprar las piezas o fabricarlas.

Otra restricción será el no poder utilizar piezas pesadas. Esto nos lleva a no poder implementar una cantidad grande de sistema y/o reducir la complejidad de estos para evitar el incremento de peso.

3.2.2. Identificación del Problema

Primero para resolver un problema de cualquier ámbito es necesario conocer y definir muy bien dicho problema esto lo obtenemos fijando las necesidades y las características que hay que cumplir.

Nuestro objetivo es diseñar una silla de ruedas para ancianos y desplazarnos con ella en el DF. Con esta información haremos la pregunta principal. **¿Cómo diseñar una silla geriátrica que se pueda desplazar en la Ciudad de México?**

Para explorar mejor nuestro problema podemos hacerlo más amplio o restringirlo hasta donde nosotros queramos. Pero tenemos que tener mucho cuidado de no generar posibles soluciones porque el objetivo de esto es solo reconocer todos los problemas que nos rodean.

Regresando a la pregunta original: **¿Cómo diseñar una silla de ruedas geriátrica que se pueda desplazar en la Ciudad de México?** pensemos: **¿Por qué queremos resolver este problema?** Una respuesta es porque no existen sillas de ruedas que cumplan con las necesidades específicas de los ancianos y las sillas actuales no tienen un buen desplazamiento en las calles del DF, nos seguimos preguntando, **¿Cuál es el principal problema de esto?** Los ancianos son fisiológicamente diferentes que el resto de la población y tienen necesidades diferentes. También existe el problema de que el desplazamiento en silla de ruedas por el DF es muy complicado debido al mal estado del pavimento y a la escasez de accesos para las sillas de ruedas. **¿Por qué queremos resolver este problema?** Para facilitar el desplazamiento de los ancianos porque a para ellos es muy complicado o en algunos casos nulo el caminar y moverse por si mismos.. **¿Cuál es el principal problema de esto?** Los ancianos sufren mucho al tener que trasladarse a lugares alejados y los familiares necesitan ayudarlos. Aunque para ellos sería complicado cargarlos. **¿Por qué quiero resolver este problema?** Para hacer conciencia en las personas y fomentar en la cultura de cuidar a nuestros ancianos y así mejorar el trato y los cuidados que necesitan.

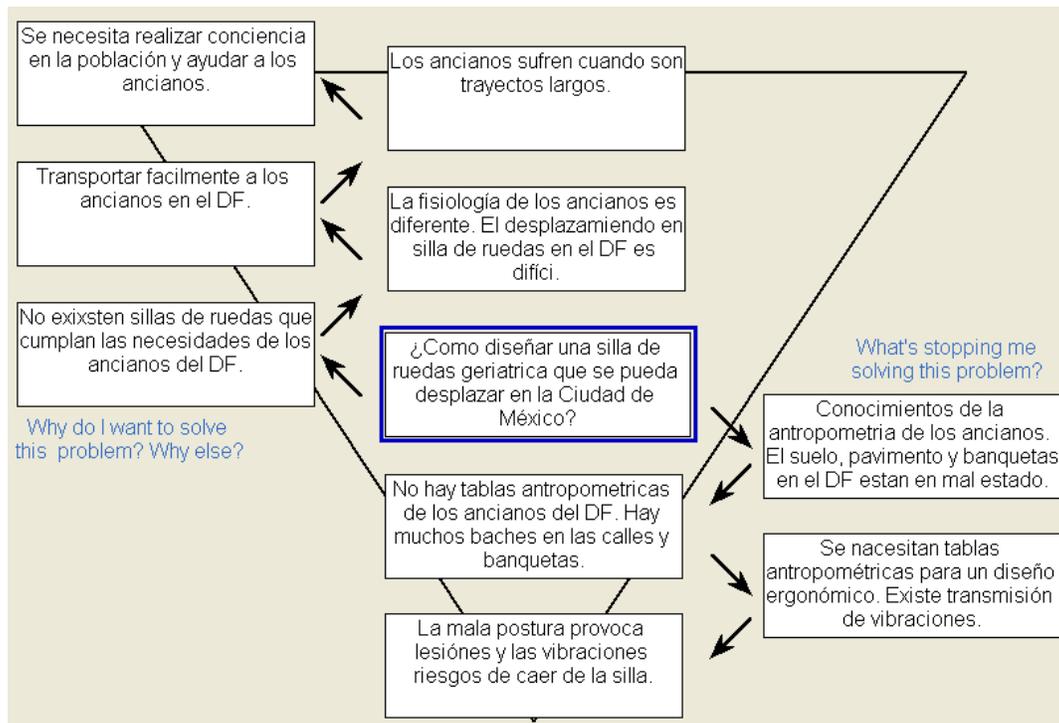


Diagrama 3.1

Ya que exploramos la magnitud de nuestro problema ahora lo restringiremos. Retomaremos la idea principal **¿Cómo diseñar una silla de ruedas geriátrica que se pueda desplazar en la Ciudad de México?** Ahora responderemos a la pregunta **¿Qué me impide resolver este problema?** El no conocer la antropometría de los ancianos del DF y el mal estado del pavimento. **¿Cuál es el principal problema de esto?** No existen tablas antropométricas de los

ancianos del DF, por otro lado el mal estado del pavimento genera irregularidades, baches, fracturas, etc. En el suelo por donde se desplazan las sillas de rueda. **¿Qué me impide resolver este problema?** Al no contar con tablas antropométricas no se puede tener una buena ergonomía en el asiento. Además las irregularidades en el suelo producen transmisión de vibraciones al usuario generando un riesgo para el usuario e incomodidad. **¿Cuál es el principal problema de esto?** La mala ergonomía puede generar lesiones por mala postura y la transmisión de vibraciones puede causar que el usuario caiga de la silla.

Este análisis nos es de mucha utilidad ya que nos lleva a las siguientes conclusiones:

Nuestros principales problemas son ergonómicos y de amortiguamiento por lo que al restringir el problema podemos comenzar a pensar en las posibles soluciones para el problema original: **¿Cómo diseñar una silla de ruedas geriátrica que se pueda desplazar en la Ciudad de México?**

Aplicando ergonomía e implementando un sistema de amortiguamiento.

3.3.3. Modelo del sistema

Otra de las herramientas que nos brinda CREAM es la de crear el **system model** en donde se involucran todos aquellos elementos que intervienen en nuestro sistema y se muestra la forma en que interactúan señalándonos los puntos donde existen contradicciones. Esta teoría es conocida como: "interacciones sustancia-campo". Entendiendo como sustancia "toda cosa tangible, con una estructura definida y que es posible detectarla con los 5 sentidos". Siendo el campo la relación que existe entre ellas. Los principales campos son:

- Gravitacional
- Electromagnético (eléctrico/magnético)
- Campo nuclear de interacción débil
- Campo nuclear de interacción fuerte
- Campo magnético
- Campo térmico
- Campo óptico
- Campo acústico¹⁶

Para realizar el diagrama debemos meter todas aquellas sustancias o elementos que están relacionados con nuestro sistema. Las flechas nos indican el tipo de relación que guarda así como su función dentro del sistema.

- Línea llena: Efecto deseado
- Línea punteada: Efecto deseado pero insuficiente
- Línea curva: Efecto dañino, indeseado o nulo.
- Línea doble : Efecto bueno¹⁷

Las sustancias de nuestro sistema son:

- Silla de ruedas
- Persona externa
- Anciano
- Destino
- Pavimento
- Auto
- Escalones
- Rampa

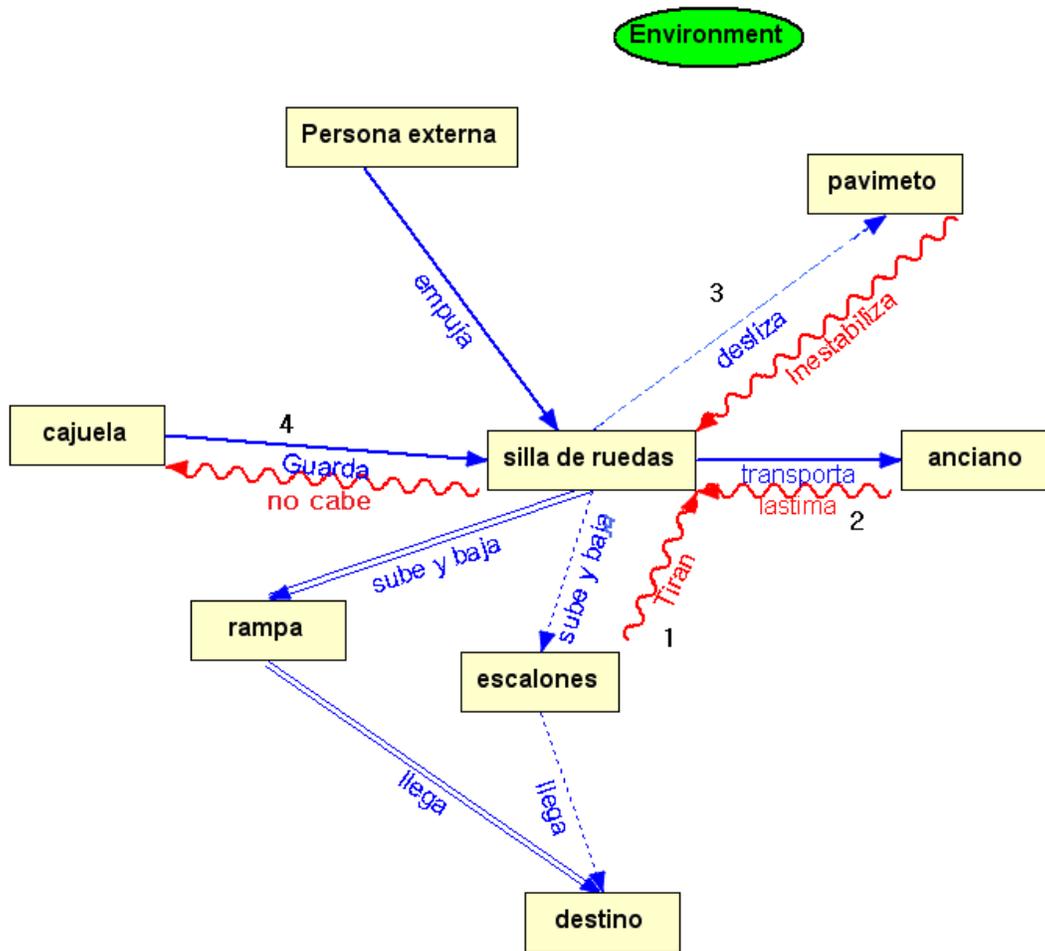


Figura 3.1

Comenzaremos a analizar los puntos que nos generan contradicciones:

1. Silla de Ruedas – Escalones

La primera relación que analizaremos será la que guarda la silla de ruedas con los escalones. La silla de ruedas baja por la rampa, que tiene una interacción ideal con la silla debido a que puede subir y bajar con facilidad, pero, al bajar por los escalones presenta una relación insuficiente porque los escalones inestabilizan y llegan a tirar a la silla debido a que estos no son precisamente ideales para el descenso de una silla de ruedas, al contrario, lo complica más. Aquí se presenta nuestra primera contradicción, poder subir y bajar la silla de ruedas sin tirar la silla por los escalones, ni poner en riesgo al usuario. Teniendo en cuenta que no en todos los lugares existen rampas.

Necesitamos hacer que la persona pueda bajar la silla por los escalones sin que esta le pese tanto y que esto no represente un peligro para el usuario, no pierda estabilidad, sea resistente, confiable y fácil de adaptar a las nuevas condiciones de uso (en este caso el descenso y ascenso de escalones).

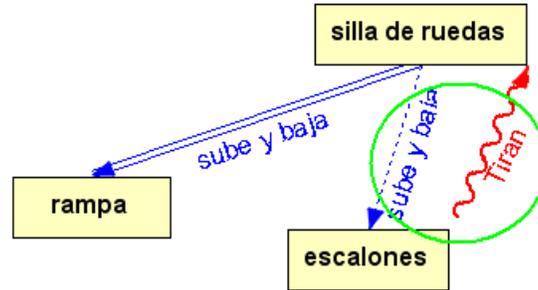


Figura 3.2

2. Silla de ruedas – Anciano

La segunda interacción importante, es la que se genera entre la silla de ruedas y el anciano. El anciano es transportado por la silla, esta es una relación deseada, pero a su vez la silla de ruedas lastima al anciano porque no cuenta con una buena ergonomía, generando una mala postura al sentarse. Esta es nuestra segunda contradicción. Necesitamos resolver el conflicto para que la silla de ruedas cuente con una buena ergonomía, sea segura, ligera, no aumenten las dimensiones ni el peso y pueda ser plegable.

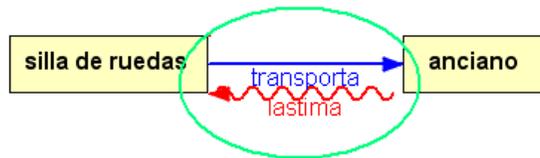


Figura 3.3

3. Silla de ruedas – Pavimento

La relación que existe entre la silla de ruedas y el pavimento es una de las más relevantes debido a que la silla se desliza por el pavimento, pero como este tiene muchas irregularidades, no lo hace óptimamente. Estas irregularidades que son baches, rupturas en el suelo, etc. Generan inestabilidad a la silla. Esta inestabilidad puede llegar a generar desgaste de la silla y lesiones al usuario. Esta es nuestra tercera contradicción. Necesitamos estabilizar la silla y que a su vez, esta se ruede sobre el pavimento sin incrementar la fuerza de empuje de la persona externa, buscando no incrementar el peso de la silla, buscar que sea segura, fácil de manejar y que pueda ser plegable.

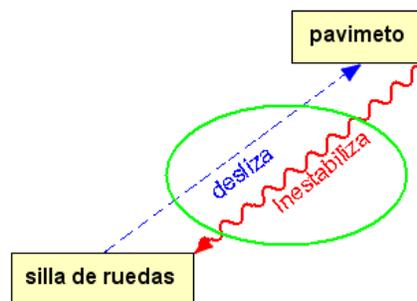


Figura 3.4

4. Silla de redas – Cajuela

La cuarta relación que observamos es la silla y la cajuela de auto. La cajuela debe guardar la silla para trasportes largos (siendo este transporte público o privado) pero la silla no cabe en la cajuela. Aquí el problema es muy claro, necesitamos que la silla sea portátil y que se pueda guardar en la cajuela de cualquier auto por lo q necesitamos que el volumen sea el menor sin afectar la confiabilidad, la estabilidad, la adaptabilidad y la resistencia.



Tabla 3.5

Estas son nuestras principales contradicciones que nos dedicaremos a resolver. Cada una debe se confrontada en la matriz de contradicciones para generar posibles soluciones.

3.2.4. Características y requisitos del producto

Para poder evaluar y resolver nuestras contradicciones necesitamos tener muy claras los requerimientos de nuestra sillas. Estos fueron determinados con los estudios mostrados en los capítulos anteriores.

Requisitos según las condiciones de las calles del DF:

- ⊗ Evitar las transmisiones de vibraciones del suelo al usuario.
- ⊗ Se necesita subir y bajar escalones o banquetas de diversos tamaños.
- ⊗ Reducir el peso de la silla.
- ⊗ Sistema de seguridad que ajuste al usuario a la silla.
- ⊗ Plegable y/o desmontable. Esta debe de caber en la cajuela de un auto.
- ⊗ Freno que inmovilice totalmente la silla por un largo tiempo.

Lista de requerimientos según las limitaciones de los ancianos por sus enfermedades:

- ⊗ No debe contener botones y/o letreros pequeños de indicaciones de uso.
- ⊗ No se debe utilizar mucha fuerza en el desplegado de los reposapiés, frenos, cinturones de seguridad, y otros elementos adaptables al usuario.
- ⊗ Realizarse con medidas antropométricas
- ⊗ Asiento de textura suave y fácil de limpiar.
- ⊗ Facilidad para el levantarse y sentarse de la silla.
- ⊗ Contar con un accesorio para porta vaso y de medicinas.
- ⊗ Silla de tipo de traslado.
- ⊗ Contar con un sistema de seguridad.
- ⊗ Acolchonamientos laterales.

Requerimientos y recomendaciones según las encuestas:

- Mayor estabilidad de la silla.
- Seguridad.
- Bajo costo.
- Mejorar el acolchonamiento.
- Que la silla sea ligera.
- Fácil para subir y bajar escalones.
- Que sean plegables.
- Mejorar la configuración de los reposapiés.
- Mejorar el tamaño de la silla según el usuario.
- Que no vibre en las banquetas.
- Que sean cómodas
- Que tengan elementos fijos para cargarla con el usuario sentado.
- Que sea fácil de manejar

Lista de requerimientos para una buena postura:

- Mantener una postura estable: manteniendo cuello y cabeza en posición vertical, las caderas flexionadas de 90° a 100°, muslos en ligera abducción, hombros en ligera rotación interna.
- Espalda pies y brazos apoyados correctamente.
- Plantear las dimensiones de profundidad, anchura y altura del asiento según las tablas antropométricas.
- Que el asiento brinde una correcta postura a la zona lumbar.
- Que el acolchonamiento brinde comodidad y un correcto reparto del peso del usuario.

Estos requisitos los traduciremos al lenguaje TRIZ buscando en los 39 parámetros aquellos que describan mejor nuestras características y contracciones dividiéndolos en tres tipos:

Parámetros físicos

- 1. Peso del objeto móvil**
- 2. Peso del objeto estacionario**
- 8. Volumen de un objeto estacionario.**
- 10. Fuerza**
- 11. Esfuerzo o presión**
- 12 Forma**
- 13. Estabilidad de la composición de un objeto**
- 14. Resistencia**

Parámetros negativos

- 26. Cantidad de sustancia o de materia**
- 27. Confiabilidad**
- 31. Daños generados por el propio objeto**

Parámetros positivos

- 33. Facilidad de operación**
- 35. Adaptabilidad**
- 36. Complejidad del objeto**

Ya que seccionamos nuestros parámetros buscaremos propuestas de solución dentro de la matriz de contradicciones aplicando los principios de sugerencia en la solución de nuestras contradicciones.

3.2.5. Contradicciones

1. Silla de ruedas-Escalones

La primera contradicción que resolveremos es: Hacer que la persona pueda bajar la silla por los escalones sin que esta le pese tanto y que esto no represente un peligro para el usuario, no pierda estabilidad, sea resistente, confiable y fácil de adaptar a las nuevas condiciones de uso (en este caso el descenso y ascenso de escalones).

Característica que mejora	Característica que empeora	Principios recomendados.
1. Peso del Objeto en movimiento.	13. Estabilidad	1. Segmentación 19. Acción periódica 35. Transformación de propiedades 39. Ambiente inerte
	14. Resistencia	18. Vibración mecánica 27. Desechar 28. Reemplazar un sistema mecánico con otro sistema. 40. Materiales compuestos
	27. Confiabilidad	1. Segmentación 3. Calidad local 11. Acolchonado anticipado 27. Desechar
	35. Adaptabilidad	5. Consolidación o combinación 8. Contrapeso 15. Incremento dinámico 29. Emplear un sistema hidráulico o neumático

Tabla 3.3

De los principios recomendados revisaremos los siguientes:

1. Segmentación. Con tres opciones:

- a) Dividir un objeto en segmentos independientes.
- b) Hacer un objeto fácil de desarmar.
- c) Incrementar el grado de fragmentación o segmentación de un objeto.

5. Consolidación o combinación. Con dos opciones:

- a) Combinar, en un espacio, objetos homogéneos o que estén destinados a una operación contigua.
- b) Consolidar, en tiempo, operaciones simultáneas.

11. Acolchonado anticipado. Significa proteger algún objeto contra el daño que puede sufrir en el futuro.

15. Incremento dinámico o dinamismo. Con tres alternativas:

- a) Hacer que las características de un objeto o el ambiente, se adapten para un rendimiento óptimo en cada etapa de su función.
- b) Dividir un objeto en varios elementos de tal forma que cambien de posición unos con otros.

c) *Si un objeto es rígido, hacerlo movable o intercambiable.*

18. Vibración mecánica. Con tres opciones:

- a) *Emplear oscilaciones.*
- b) *Si ya existe una oscilación, aumentar la frecuencia e incluso llegar al ultrasonido.*
- c) *Usar vibraciones ultrasónicas junto con campos magnéticos.*

40. Material compuesto. Usos de los nuevos materiales con características muy especiales.

Solución

Para mejorar el peso sin afectar la estabilidad el método TRIZ nos propone aumentar el grado de **segmentación** y dividir la estructura de la silla. Proponemos que sea en tres secciones: base inferior, respaldo y soporte para llantas traseras. Así, analizaremos cada sección por separado, reforzando más la base inferior de nuestra silla sin necesidad de hacerla más grande y mas estorbosa.

Para mejorar el peso de la silla sin alterar la resistencia se propone aplicar el principio de **vibraciones mecánicas**. Necesitamos implementar un amortiguador que absorba las vibraciones producidas por el suelo y así darle más grados de libertad a la silla para que esta no se dañe con el uso frecuente y al subir y bajar escalones.

En este mismo punto se sugiere el uso de **materiales compuestos** en la fabricación de algunas piezas como son los reposapiés, reposabrazos, etc. Asiéndoles su análisis de de esfuerzos pertinente.

Para no alterar la confiabilidad se sugiere implementar el principio de **acolchonamiento anticipado** escogiendo con mucho cuidado el tipo de material del asiento para que este no cause molestias al usuario.

En cuanto a la adaptabilidad de la silla a nuevas funciones se utilizará el principio de **consolidación o combinación** quien propone que un elemento realice diversas funciones simultaneas. En este caso nuestro principal sistema de desplazamiento son las ruedas por lo que les implementaremos también la tarea de subir y bajar escaleras. Para esto nos ayudaremos también con el principio de incremento dinámico, el cuál sugiere dividir un objeto en varios elementos de tal forma que se combinen de posición unos con otros. Las ruedas delanteras son las que sostienen la menor de las cargas y las primeras en enfrentarse a los escalones. Aquí se sugiere dividir las llantas delanteras en tres, implementando una configuración triangular que nos dará un nuevo rin. Así las llantas tendrán dos movimientos: uno de rotación en su propio eje y otro de traslación con un eje en común. Al llegar a un escalón la llanta superior tomara el lugar de la inferior y todas rotarán facilitando el acenso y descenso en los escalones.

2. Silla de ruedas-Anciano

Nuestro siguiente conflicto a resolver será: Que la silla de ruedas sea segura, confiable, que no aumente de peso y que sea plegable. Una buena ergonomía nos indica tener una buena postura, seguridad para el usuario, que el asiento tenga las medidas adecuadas basándonos en la antropometría específica del usuario (que se adapte al usuario) y buscar la comodidad en posición sedente.

Característica que mejora	Característica que empeora	Principios recomendados.
27. Confiabilidad	2.Peso del objeto estacionario	3. Calidad local 8. Contrapeso 10.Acción anticipada 28. Reemplazar un sistema mecánico con otro sistema.
	8.Volumen del objeto estacionario	2. Extracción 24. Mediador 35.Transformación de propiedades
	33. Facilidad de operación	14.Esfericidad 27.Desechar 40.Materiales compuestos
	36. Complejidad del objeto	1. Segmentación 13.Inversión 35.Transformación de propiedades

Tabla 3.4

Los principios que utilizaremos son los siguientes:

2. Extracción. Separar o quitar la parte que genera el problema de contradicción.

3. Calidad local. Con tres alternativas:

- a) Cambio de una estructura homogénea a otra heterogénea de un objeto o a una acción del ambiente externo.
- b) Que partes de un objeto tenga varias funciones.
- c) Colocar cada parte de un objeto bajo las condiciones más favorables para su operación.

10. Acción anticipada. Con dos opciones:

- a) Llevar a cabo la acción contraria anticipadamente.
- b) Arreglar objetos con antelación de tal manera que entre en acción inmediatamente que sea necesario y en el lugar adecuado.

13. Inversión o hacer algo en forma contraria a la convencional. Con tres opciones:

- a) En lugar de llevar a cabo la acción directa, dictada por el propio problema, hace lo contrario.
- b) Voltear un objeto "boca abajo" para que lleve su función.
- c) Hacer estacionaria la parte móvil de un objeto y lo estacionario móvil, que puede incluir el ambiente.

24. Mediador. Con dos opciones:

- a) *Emplear un objeto intermedio para transmitir o llevar a cabo una acción.*
- b) *Temporalmente conectar un objeto a otro y después quitar uno de ellos.*

20 Material compuesto. Usos de los nuevos materiales con características muy especiales.

Solución

Para mejorar la confiabilidad de la silla sin empeorar el peso de esta cuando se encuentra estática se propone utilizar el principio de **calidad local**, haciendo un cambio de estructura homogénea a una heterogénea el cual puede ser aplicable en la estructura y en el asiento. En la estructura se monta una base para colocar el asiento, este puede ser de algún polímero que sea suficientemente resistente, pero q a su vez estará ayudada con la estructura tubular.

Para garantizar la seguridad del usuario se utilizará el principio de **acción anticipada**. Este nos hace referencia arreglar objetos con antelación de tal manera que entren en acción inmediatamente que sea necesario en el lugar adecuado. Para esto se propone un chaleco de seguridad que tendrá la función de un cinturón de seguridad, intentando no ser tan incomodo y evitar lastimar al usuario. Este sistema de seguridad garantizará que el usuario no caiga de la silla al realizar algún tipo de movimiento brusco. Se propone que sea de tela para no incrementar significativamente el peso.

Para mejorar la confiabilidad sin alterar el volumen de la silla se propone el principio de **extracción** que sugiere separar o quitar la parte que nos genera problema. En este caso es el asiento. Para contar con una buena ergonomía el asiento debe ser suficientemente grande y acolchonado de acuerdo con las medidas antropométricas del usuario evitando disminuir las medidas de este. Un asiento de estas características genera un mayor volumen en la silla y por consiguiente suele ser más pesada. Si nosotros separamos el acolchonamiento de la silla de la base del asiento, podremos quitar el asiento una vez que la persona no lo ocupe y el volumen de esta disminuirá significativamente. Para realizar esta tarea podemos utilizar el principio del **mediador**, el cual nos facilitará el montaje y desmontaje del acolchonamiento de nuestro asiento.

Para no incrementar la dificultad de operación se puede hacer uso del principio de **materiales compuestos**. En el caso del mediador se puede utilizar velcro entre nuestra base y el acolchonamiento, esto facilitará el montaje y desmontaje y evitará que el asiento deslice.

Para mejorar la confiabilidad sin incrementar la complejidad del objeto se recomienda utilizar el principio de **inmersión**. Este nos propone hacer estacionaria la parte móvil de un objeto y lo estacionario móvil. Por lo que cambiaremos la forma de plegar la silla. Normalmente las sillas son simétricas y se pliegan transversalmente manteniendo la estructura rígida a lo alto y doblando el asiento de la parte ancha de este. Nosotros doblaremos la silla de una forma diferente. El respaldo del asiento se doblará hacia el frente evitando cambiar la anchura del asiento, por lo que la silla será rígida en la sección transversal y se doblará a lo alto.

3. Silla de ruedas-Pavimento

Esta es nuestra tercera contradicción. Necesitamos estabilizar la silla debido a que esta transmite vibración al usuario cuando está en movimiento pero sin incrementar la fuerza de empuje de la persona externa, no incrementar el peso de la silla, que esta sea resistente para no poner en peligro al usuario y pueda ser plegable.

Característica que mejora	Característica que empeora	Principios recomendados.
13. Estabilidad	1. Peso del objeto móvil	2. Extracción 21. Aumentar la velocidad 35. Transformación de propiedades 39. Ambiente inerte
	10. Fuerza	10. Acción anticipada 16. Acción excesiva o parcial 21. Aumentar la velocidad 35. Transformación de propiedades
	11. Esfuerzo o presión	9. Acción contraria anticipada 15. Incremento dinámico 17. Transición a una nueva dimensión

Tabla 3.5

Los principios a revisar son los siguientes:

2. Extracción. Separar o quitar la parte que genera el problema de contradicción.

15. Incremento dinámico o dinamismo. Con tres alternativas:

- a) Hacer que las características de un objeto o el ambiente, se adapten para un rendimiento óptimo en cada etapa de su función.
- b) Dividir un objeto en varios elementos de tal forma que cambien de posición unos con otros.
- c) Si un objeto es rígido, hacerlo movable o intercambiable.

16. Acción excesiva o parcial. Si es imposible obtener un 100% del efecto deseado, mediante un sistema tecnológico tratar de obtener el rendimiento más alto simplificando el sistema.

17. Transición a una nueva dimensión. Con tres alternativas:

- a) Cambiar un movimiento unidimensional a dos o tres dimensiones.
- b) Utilizar objetos ampliados en varios niveles.
- c) Inclinar objetos o colocarlos sobre sus extremos.

Solución

En este caso se busca mejorar la estabilidad de la silla sin aumentar su peso de la misma por lo que se utilizará el principio de **extracción** el cual nos sugiere separar la parte que nos genera el conflicto. Las ruedas tienen contacto directo con el pavimento transmitiéndoles vibración generada por las irregularidades del pavimento. Esta vibración se propaga a toda la silla que funciona como un cuerpo rígido. Al separar las ruedas traseras y los soportes de las mismas de la estructura y unirlos con un amortiguador se pretende absorber una gran parte de esta energía para dar mayor estabilidad a la silla y al usuario mismo.

También se desea que la fuerza de empuje no sea mayor por lo que se utiliza el principio de **acción excesiva o parcial** que nos pide tratar de obtener el rendimiento más alto del sistema simplificándolo. Esto puede ser reflejado en las llantas, que son el amortiguador más común y simple que se encuentra en un vehículo y que al ser neumático amortigua una parte de las vibraciones. Para las llantas traseras se proponen llantas neumáticas de un diámetro mínimo de 20 in para darle altura a nuestra silla y para optimizar estas mismas. Para las llantas delanteras se propone utilizar llantas semineumáticas debido al tamaño pequeño y la configuración en triángulo que presentan.

Para no aumentar el esfuerzo que se realiza al subir y bajar escalones se propone utilizar el principio de **transición a una nueva dirección**, el cual nos lleva a la misma solución resuelta en las contradicciones pasadas, dar mayor grado de libertad a las llantas delanteras generando además de su movimiento convencional rotatorio, generar otro de traslación y así de igual forma utilizar el concepto de principio del **incremento dinámico**. Para este último principio se sugiere revisar los movimientos que tendrán las llantas delanteras, porque además de su nueva función deben seguir cumpliendo con las ordinarias, que es, darle dirección y sentido a la silla. Se propone conectar el nuevo rin que contiene las tres llantas a un buje que rota en sí eje dándole movimiento de izquierda a derecha, teniendo como topes físicos la propia silla.

4. Silla de ruedas-Cajuela

La última relación que observamos es la silla y la cajuela de auto. Necesitamos que la silla sea portátil y que se pueda guardar en la cajuela de cualquier auto por lo que necesitamos que el volumen sea el menor sin afectar la confiabilidad, la estabilidad, la adaptabilidad y la resistencia.

Característica que mejora	Característica que empeora	Principios recomendados.
8. Volumen del objeto estacionario.	12. Forma	2. Extracción 7. Anidación 35. Transformación de propiedades.
	14. Resistencia	9. Acción contraria anticipada 14. Esfericidad 15. Incremento dinámico 17. Transición a una nueva dimensión
	26. Cantidad de materia	3. Calidad local 35. Transformación de propiedades.
	27. Confiabilidad	2. Extracción 16. Acción excesiva o parcial. 35. Transformación de propiedades.
	31. Daño generado por el propio objeto.	4. Asimetría 18. Vibración mecánica 30. Membranas flexibles o película delgada. 35. Transformación de propiedades.

Tabla 3.6

2. Extracción. Separar o quitar la parte que genera el problema de contradicción.

3. Calidad local. Con tres alternativas:

- a) Cambio de una estructura homogénea a otra heterogénea de un objeto o a una acción del ambiente externo.
- b) Que partes de un objeto tenga varias funciones.
- c) Colocar cada parte de un objeto bajo las condiciones más favorables para su operación.

7. Anidación. Con dos opciones:

- a) Que un objeto pueda colocarse dentro de otro y ellos dos dentro de un tercero.
- b) Un objeto pasa a través de la cavidad de otro.

9. Acción contraria anticipada. Este principio se refiere a llevar a cabo una acción contraria y de manera anticipada para solucionar una contradicción.

16. Acción excesiva o parcial. Si es imposible obtener un 100% del efecto deseado, mediante un sistema tecnológico tratar de obtener el rendimiento más alto simplificando el sistema.

18. Vibración mecánica. Con tres opciones:

- d) Emplear oscilaciones.
- e) Si ya existe una oscilación, aumentar la frecuencia e incluso llegar al ultrasonido.
- f) Usar vibraciones ultrasónicas junto con campos magnéticos.

Solución

El volumen de nuestra silla es un factor que se debe reducir para poder transportarse si empeorar otras características como la forma. Para ello se propone utilizar el principio **extracción** que nos sugiere quitar la parte que nos genera problema. En este caso el asiento, como se había planteado anteriormente, será desmontable. Podemos desmontar también las llantas traseras para que esta sea más portátil. Este mecanismo de desmonte es muy común en las sillas de rueda.

De igual forma podemos aplicar el principio de **anidación** que nos sugiere que un objeto pase a través de la cavidad de otro, y así guardar dentro de la estructura las llantas delanteras y algunos otros miembros como los reposabrazos.

Para no afectar la resistencia se puede aplicar el principio de **acción contraria anticipada**. Este principio nos sugiere llevar a cabo una acción contraria de manera anticipada por lo que se propone realizar un análisis de esfuerzos al modelo de la silla para saber cuáles son los puntos más débiles de esta y colocar refuerzos antes de construir la silla.

Para no variar la cantidad de materia se propone utilizar el principio de **calidad local** el cual indica que es necesario colocar cada parte de un objeto bajo las condiciones más favorables para su operación. Esto nos lleva a realizar una buena selección de materiales los cuales deben cumplir su función de manera óptima y excesiva para evitar incrementar el volumen de esta. Así como un buen análisis de cada uno de los elementos de la silla.

Para no disminuir la confiabilidad de la silla se propone el principio de la extracción de algunas partes de la silla. Esta idea fue desarrollada con anterioridad en la **extracción** del asiento para que no sea necesario afectar las medidas del asiento y en consecuencia la comodidad del

usuario. También se propone el principio de **acción excesiva o parcial** aplicado de igual forma al asiento. Este nos habla de obtener el 100% del efecto deseado, en este caso será la comodidad del usuario. Esto se lograría con pruebas ergonómicas individuales para los usuarios así como el uso de los materiales adecuados para el asiento.

Por último deseamos eliminar los daños generados por el propio objeto. Esto se logra utilizando el principio de **vibración mecánica** el cual fue aplicado en los puntos anteriores con el desarrollo del amortiguador. Este sistema reduce daños al usuario, así como a la propia silla.

5. Facilidad de operación – Usuario

Existen otras pequeñas contradicciones que surgen por las necesidades del usuario. Revisaremos la más importante:

Se pide que sea de fácil operación porque debido a que los usuarios no pueden manejar una complejidad de control muy elevada. Por lo que revisaremos las sugerencias de la matriz de contradicción.

Característica que mejora	Característica que empeora	Principios recomendados.
33.Facilidad de operación	12. Forma	15. Incremento dinámico 28. Reemplazar un sistema mecánico por otro sistema. 29. Emplear sistema hidráulico o neumático. 32. Cambio de color
	36. Complejidad del objeto	12. Equipotencialidad 17.Transición a una nueva dimensión 26. Copiado 32. Cambio de color

Tabla 3.6

El principio que utilizaremos es el siguiente:

32. Cambio de color. Con cuatro opciones:

- a) *Cambiar el color de un objeto o de su ambiente.*
- b) *Cambiar en nivel de translucidez de un objeto o de su ambiente.*
- c) *Usar aditivos de un color para resaltar alguna cualidad o proceso de visualizar.*
- d) *Si ya se emplean aditivos, usar un tipo de pintura luminiscente para un mayor contraste.*

Solución

Podemos utilizar el principio de **cambio de color** para que las indicaciones de armado y desarmado no sean complejas. Igualmente en algunos controles como frenos, ajustes de tamaño, montado y desmontado de piezas, etc. Algunos de los otros principios podrían considerarse pero primero tendríamos que definir la configuración total de nuestra silla.

Resumen

Las principales características que se extrajeron para resolver nuestras contradicciones son las siguientes:

- ✿ Dividir la estructura en 3 parte: base inferior, respaldo y soporte para llantas traseras.
- ✿ Implementar un amortiguador.
- ✿ Utilizar materiales compuestos en los reposapiés, reposabrazos y algunos otros elementos.
- ✿ Separar el asiento en dos secciones: base del asiento y acolchonamiento.
- ✿ Generar un arreglo triangular con tres ruedas para la parte delantera que las une un rin común que las traslada en un mismo eje.
- ✿ Que la base del asiento sobre la tubular sea de algún polímetro resistente.
- ✿ Colocar un chaleco de tela en el asiento como cinturón de seguridad.
- ✿ Extraer el acolchonamiento del asiento de la silla.
- ✿ Doblar el respaldo hacia el frente para guardarse.
- ✿ Separa el soporte de las llantas el amortiguador y las llantas traseras para disminuir vibraciones.
- ✿ Que las llantas traseras sean neumáticas y de 20in de rodada como mínimos y las llantas delanteras más pequeñas y semineumáticas.
- ✿ Colocar un buge en el rin delantero para dar al arreglo de llantas con rotación en un eje y así controlar la dirección de la silla.
- ✿ Desmontar llantas traseras para guardarse.
- ✿ Realiza análisis de esfuerzos a la estructura para reforzar las zonas débiles.
- ✿ Seleccionar materiales resistentes para todas las piezas en general con un factor de seguridad elevado.
- ✿ Seleccionar un asiento ergonómico y cómodo para cada uno de los usuarios.
- ✿ Utilizar distintos colores para facilitar instrucciones de montaje y desmontaje, frenos, etc.

3.3.6. Matriz de contradicciones

A continuación se muestra la matriz de contradicciones reducida, ya que solo contiene los parámetros utilizados anteriormente. De esta matriz se extrajeron los resultados analizados anteriormente de los diversos parámetro que necesitábamos mejorar.

		Característica que empeora .														
		1. Peso del objeto	2. Peso del obj. estacionario	8. Volumen del objeto estacionario.	10. Fuerza	11. Esfuerzo o presión	12. Forma	13. Estabilidad	14. Resistencia	26. Cantidad de materia.	27. Confiabilidad	31. Daño generado por el propio objeto.	33. Facilidad de operación	35. Adaptabilidad	36. Complejidad del objeto	
Característica que mejora	1. Peso del objeto							1,35 19,39	18,27 28,40			1,11 3,27			5,15 8,29	
	2. Peso del obj. estacionario															
	8. Volumen del objeto estacionario.						2,7 35		9,14 15,17	3,35	2,16 35	4,18 30,35				
	10. Fuerza															
	11. Esfuerzo o presión															
	12. Forma															
	13. Estabilidad	2,21 35,39			10,35 21,16	9,15 17			16,15 17							
	14. Resistencia															
	26. Cantidad de materia.															
	27. Confiabilidad		3,10 8,28	2,24 35										27,14 40		35,1 13
	32. Manufacturabilidad															
	33. Facilidad de operación							12,17 26,32								12,17 26,32
	35. Adaptabilidad															
	36. Complejidad del objeto															

Tabla 3.7

4. Propuesta de diseño

El siguiente paso a realizar en esta tesis será el desarrollo y la presentación de una propuesta de diseño que retomará los resultados obtenidos en el capítulo anterior del método de inventiva TRIZ. Para tener más claro la metodología a seguir mostramos la siguiente imagen (Figura 5.1) con las fases del proceso de diseño:

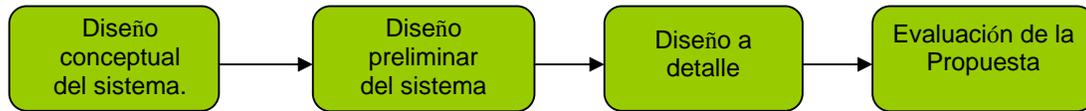


Figura 4.1

Por razones de extensión y fines de esta tesis solo desarrollaremos las dos primeras etapas del proceso de diseño. Para el desarrollo de estas etapas utilizaremos ingeniería concurrente.

“El diseño conceptual es aquella etapa del proceso de diseño y desarrollo del producto en la que mediante un proceso de esencialización (abstracción), se identifican los problemas principales a resolver en el diseño y desarrollo desde una visión unidimensional de la complejidad del producto.” ¹⁸

La ventaja que representa el proceso de abstracción en la fase de diseño conceptual es verificar las posibles soluciones o alternativas sin eliminar, de primera instancia, ninguna opción, dando pie a generar nuevas tecnologías, utilización de nuevos materiales, posibilidades de nuevas síntesis de combinaciones y nuevos descubrimientos científicos.

Para comenzar el desarrollo de nuestra propuesta consideraremos nuestra silla de ruedas como un sistema. El diagrama de caja negra (figura 5.2) nos muestra las funciones de entrada y salida de nuestro sistema que en este caso son la fuerza de empuje y el desplazamiento.



Figura 4.2

4.1 División de sistemas

La teoría de sistemas sugiere dividir el producto en conjuntos de elementos dotados de propiedades, en interacción dinámica que operan o se mueven al unísono.

Podríamos definir un sistema como un conjunto de subsistemas interrelacionados entre ellos y el medio ambiente constituyendo una función global que satisface una función dada. Esta conceptualización del producto permite definir las propiedades de los sistemas.

Estos pueden ser mecanismos articulados en un sentido abstracto. Los niveles de jerarquización dependen de la complejidad del propio sistema y son parcialmente descomponibles en subsistemas considerando de suma importancia las interfaces que los conectan. Y que deben de responder la necesidad planteada.

El sistema de la silla de ruedas se puede dividir en subsistemas para analizarlo por separado, discutiendo más adelante los diversos conectores que los relacionan entre si.

Para realizar la propuesta de diseño se sugiere dividir la silla en 4 sistemas independientes (figura 5.3) para determinar mediante matrices de decisión las características de cada sistema por separado y al final se unirán las ideas y se evaluarán los sistemas en conjunto.

Los sistemas son:

- ◆ Estructura
- ◆ Asiento
- ◆ Suspensión
- ◆ Llanta y frenos

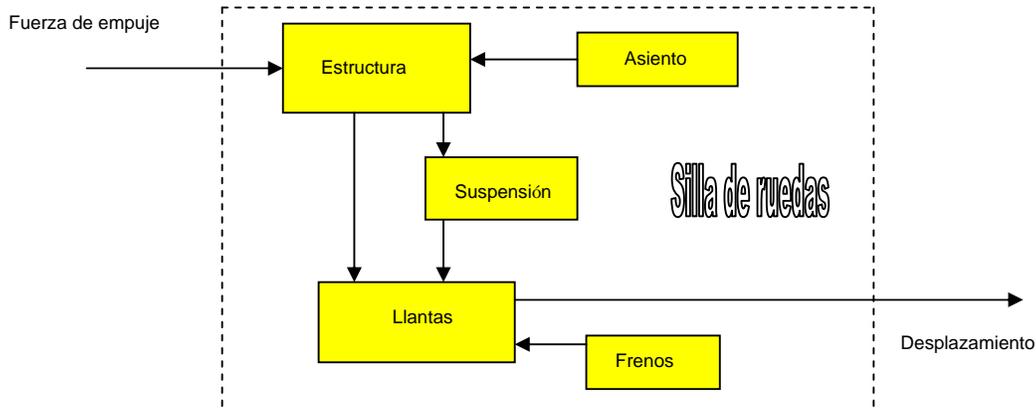


Figura 4.3

Estos a su vez se pueden dividir en subsistemas que se analizarán más adelante.

La teoría de los sistemas plantea las siguientes etapas a seguir para el desarrollo de cada sistema:

1. Estudio del sistema: Análisis del estado y definición clara del problema.
2. Objetivo: Establecer objetivo y lista de criterios.
3. Síntesis de sistema: Desarrollo de varias soluciones.
4. Análisis de sistema: Propiedades y comportamiento de varias alternativas.
5. Toma de decisión: Seleccionar el sistema óptimo.
6. Plan de implementación del sistema: Análisis de interfaces.
7. Costo y tiempo: El costo del material y la manufactura así como el cálculo del tiempo.

Criterios a evaluar de los sistemas

En los estudios anteriores hemos planteado las características y los requerimientos con los que necesita contar nuestra silla. Estos parámetros serán nuestros principales criterios a evaluar en todos los sistemas en la etapa de la toma de decisión. A continuación los enlistaremos:

- Bajo costo (en los casos donde la pieza se fabrica se evaluará el precio del material y la manufactura, en el caso de que la pieza fuese comprada se evaluará su precio comercial).
- Ligereza (peso de la pieza y sus componentes).
- Resistencia (confiabilidad en la configuración y el material de la pieza).
- Ergonomía (cómodo, práctico y seguro para el usuario).
- Facilidad de operación (Que el uso no sea muy complejo).
- Que sea portátil (la facilidad con la que esta se pueda desarmar, doblar y/o guardar).

4.2 Estructura

4.2.1 Estudio del sistema

Para el diseño de la estructura se necesita identificar las necesidades que se tienen que cumplir realizando una especificación funcional del sistema, la relación que guarda con los otros sistemas, los subsistemas que contiene y las soluciones propuestas por la teoría de TRIZ.

Función principal:

La estructura es el cuerpo de la silla es el principal sistema debido a que esta es la estructura base de la silla y en ella se montan todos los sistemas; directamente sobre ella se encuentra el asiento y esta interrelacionado con la suspensión y las llantas. Debe soportar su propio peso y el de sus componentes y algunos sistemas, así como el del usuario, que en este caso se considerará como un máximo de 90kg, por ello el material debe ser confiable y resistente. Debe ser ergonómica, brindar seguridad y comodidad al usuario, debe ser plegable y practica para guardarse en espacios pequeños. En la medida de lo posible esta estructura debe tener una amplia adaptabilidad para usuarios de distintas tallas, sin perder su ergonomía. Este sistema tendrá dos subsistemas: Los reposapiés y los reposabrazos.

Los resultados brindados por el análisis realizado en el capítulo anterior nos da las siguientes características referidas a la estructura de la silla.

- Dividir la estructura en 3 parte: base inferior, respaldo y soporte para llantas traseras.
- Utilizar materiales compuestos en los reposapiés, reposabrazos y algunos otros elementos.
- Doblar el respaldo hacia el frente para guardarse.
- Realiza análisis de esfuerzos a la estructura para reforzar las zonas débiles.
- Seleccionar materiales resistentes para todas las piezas en general con un factor de seguridad elevado.

Estas características nos ayudarán a realizar nuestros bosquejos iniciales.

Objetivo

Necesitamos elegir la estructura que cumplan mejor con los parámetros a evaluar que serán los siguientes (planteados en el capítulo 2):

- Bajo costo 30% (se evaluará el precio del material y la manufactura,).
- Ligereza 20%(peso de la estructura y sus componentes).
- Resistencia 20%(confiabilidad en la configuración y el material).
- Ergonomía 15% (cómodo, práctico y seguro para el usuario).
- Facilidad de operación 5%(Que el uso no sea muy complejo).
- Que sea portátil 10%(la facilidad con la que esta se pueda desarmar, doblar y/o guardar).

4.2.2. Síntesis del sistema

Para realizar las propuestas de nuestra carrocería hay que resaltar los siguientes puntos que se deberán contener como generales:

- ◆ La estructura será independiente del amortiguador. Ambos tendrán una interfaz que los conecte, lo cual, se resolverá una vez seleccionados los sistemas.
- ◆ Las ruedas traseras estarán conectadas al sistema de amortiguación por lo que no se considerarán en la estructura.
- ◆ La llanta delantera está unida directamente a la estructura por un soporte donde se montaran un buje de conexión al rin. Este elemento se desarrollará junto con el rin delantero en el sistema de llantas y rines.
- ◆ El respaldo del asiento de la estructura se doblará hacia delante para guardarse, por lo que deberá considerar una articulación que la une al asiento y así al resto de la estructura.
- ◆ La estructura tiene dos subsistemas que son los reposapiés y los reposabrazos, los cuales serán seleccionados de una gama de posibilidades existentes.
- ◆ La forma del asiento se profundizará al analizar el propio sistema.
- ◆ Se realizará la selección del material de la estructura tubular y se propondrá el material de los reposapiés y reposabrazos.
- ◆ Se realizará un análisis de esfuerzo en la estructura seleccionada.

Las propuestas generadas son las siguientes:

Estructura 1

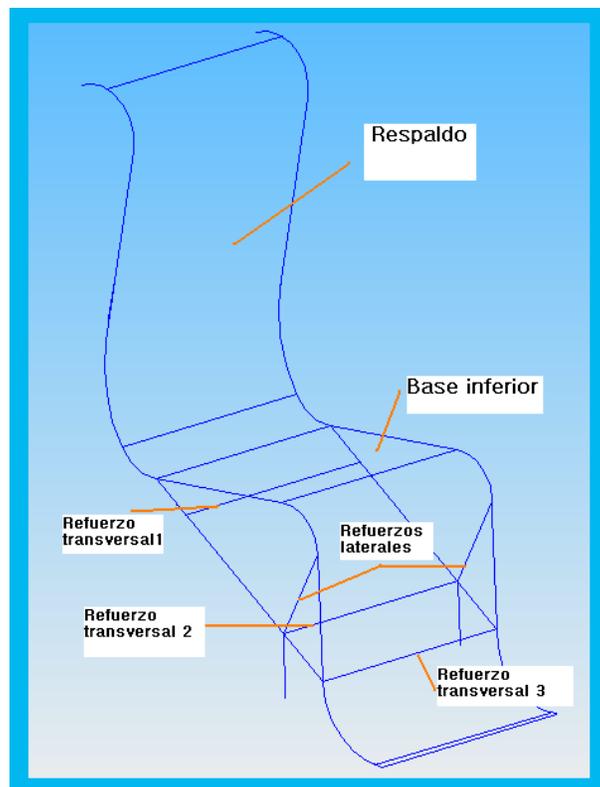


Figura 4.4

El asiento de esta silla presenta curvaturas en el respaldo, este se cuenta con una articulación para doblarse hacia el frente y guardarse.

La base inferior de la estructura no tiene articulaciones y funciona como una estructura rígida. Tiene dos miembros laterales los cuales le brindan rigidez y van conectados desde el asiento hasta los reposapiés formando una estructura triangular con profundidad igual al asiento. Estos miembros, a su vez, se encuentran atravesados horizontalmente por tres refuerzos transversales (Figura 5.4) y dos refuerzos laterales.

El reposapiés es una barra que alojara a los dos pies, el diseño de esta será independiente. El mostrado en las figuras es meramente ilustrativo para ubicarlo dentro de nuestra estructura.

La principal ventaja que representa esta opción es la ergonomía con la que cuenta el asiento y la rigidez de la base inferior de la silla. La principal desventaja es la poca adaptabilidad del respaldo a todos los usuarios y la complejidad de fabricación del respaldo.

Estructura 2

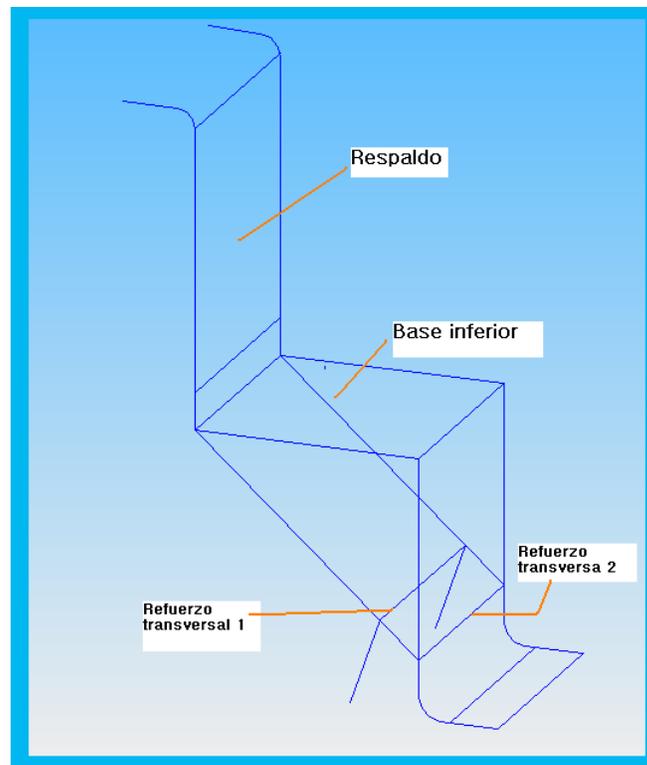


Figura 4.5

El segundo diseño de la estructura muestra un respaldo perfectamente horizontal que no tiene curvatura alguna. Este también posee una articulación en el respaldo para doblarse hacia el frente y guardarse.

La base inferior de la estructura no es rígida, posee dos articulaciones. Los miembros laterales se desmontan de los soportes de la silla permitiendo que estos se doble hacia adentro hasta topar con la base del asiento y así los miembros laterales se puedan colocar por encima de estos. Esta estructura solo cuenta con dos refuerzos transversales pero no cuenta con refuerzos laterales.

Como podemos observar, la característica más grande de esta estructura es la facultad de doblarse para guardarse en lugares pequeños. La principal desventaja es que al tener tres articulaciones esta se vuelve inestable y poco confiable.

Estructura 3

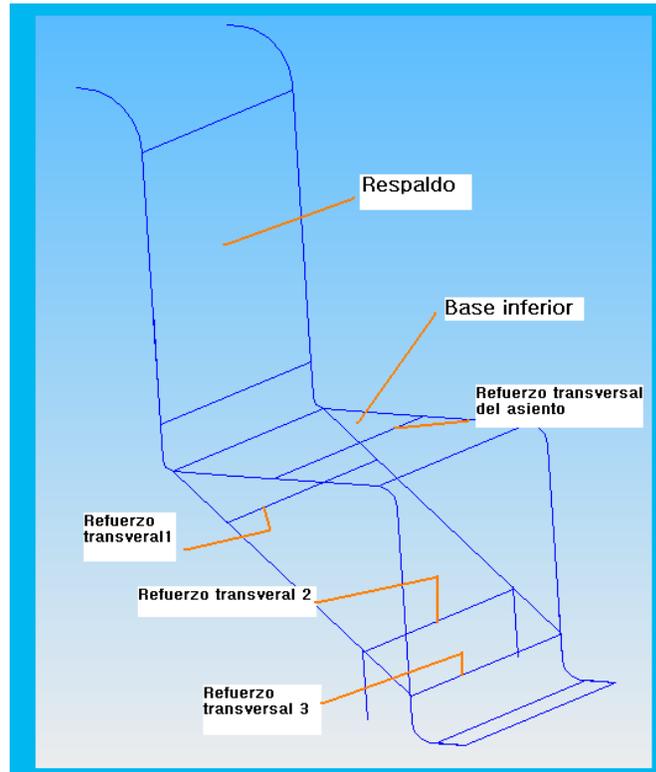


Figura 4.6

La tercera propuesta presenta un ángulo de 90° en el respaldo y tiene una articulación con la cual es flexionada, al igual que los demás, hacia el frente de la silla.

La parte inferior de la silla es completamente rígida conteniendo dos miembros transversales los cuales se conectan desde el término del respaldo hasta los reposapiés. Estos miembros laterales son atravesados por 3 refuerzos transversales dándole mayor rigidez y estabilidad a la estructura. Esta propuesta cuenta con un refuerzo más en la base media del asiento (Figura 5.6) dándole mayor seguridad al usuario.

La mayor ventaja que presenta esta estructura es la resistencia que brinda, la simplicidad de la estructura y el refuerzo contenido en la sección transversal.

Para evaluar nuestras propuestas de estructura utilizaremos una matriz de criterios.

- **Bajo costo:** En este criterio se tomará en cuenta la cantidad de material así como el costo cualitativo de la manufactura.
- **Ligereza:** Esta determinado por la cantidad de material utilizado, así como por el número de miembros que posee.
- **Resistencia:** Lo brinda la configuración de la base de la estructura, se puede determinar por el número de miembros por el que esta compuesto, así como por la cantidad de articulaciones que posee.

- Ergonomía: Forma del asiento, así como la adaptabilidad de los reposapiés y los reposabrazos.
- Facilidad de operación: La facilidad con la que se doblan los elementos flexibles, así como la cantidad de los mismos.
- Que sea portátil: La cantidad de elementos flexibles y el tamaño final de las estructura al doblarse.

Los criterios se evaluarán de la siguiente forma:

- 2 Cumple con el criterio
- 1 Cumple poco con el criterio
- 0 No cumple con el criterio

Ahora estas propuestas se evaluarán en una matriz de decisión por criterios.

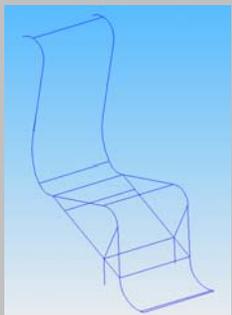
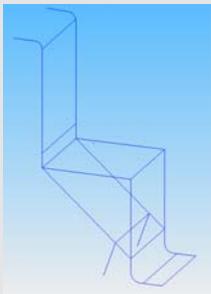
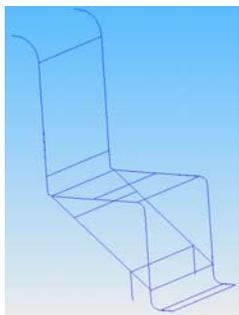
Propiedad	Estructura 1		Estructura 2		Estructura 3	
Imagen						
Bajo costo 30%	1	0.3	1	0.3	2	0.6
Ligereza 20%	1	0.2	2	0.4	1	0.4
Resistencia 20%	2	0.4	0	0	2	0.4
Ergonomía 15%	2	0.3	0	0	1	0.15
Facilidad de operación 5%	2	0.1	1	0.05	2	0.1
Portabilidad 10%	1	0.1	2	0.2	1	0.1
Resultados	1.6		0.95		1.75	

Tabla 4.1

Por los resultados generados en nuestra matriz de decisión se utilizará la propuesta 3. El siguiente paso es definir el material a utilizar para la propuesta seleccionada.

4.2.3. Análisis del sistema

Los materiales más comunes a utilizar para la fabricación de la estructura tubular de las sillas de rueda son generalmente metales, aunque, algunas de sus piezas pueden llegar a ser de distintos materiales como fibras y plásticos.

Los metales por lo general se utilizan para miembros que soportan cargas gracias a su alta resistencia, ductilidad y rigidez. Otro factor que los hace atractivo en el diseño es la facilidad para trabajarse, ya que las herramientas para esto, son accesibles y el bajo costo.

Los materiales que se propone revisar son los siguientes:

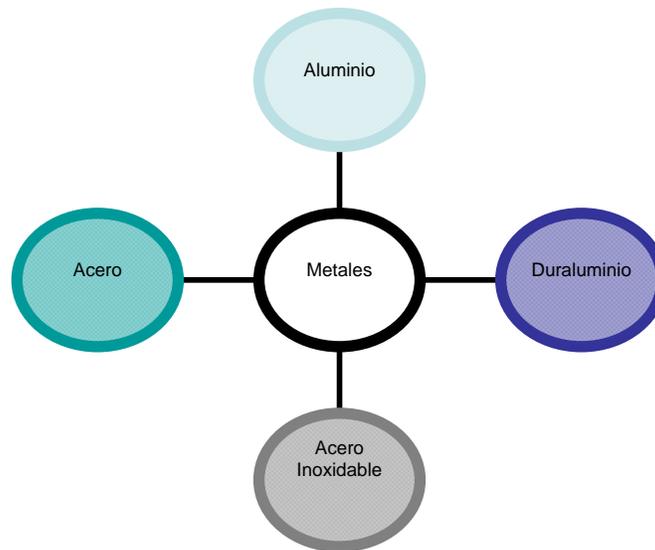


Figura 4.7

Acero

Los aceros están compuestos de hierro y carbono y en muchos casos de otros elementos. Este material es muy resistente pero es muy pesado. El acero no es muy dúctil, pero a pesar de eso es manipulable y fácil de soldar. Tiene baja resistencia a la corrosión. Los aceros estructurales se producen en forma de láminas, planchas, barras, tubos y perfiles estructurales como vigas, canales y ángulos. Nosotros nos enfocaremos en los tubos. Su precio es bajo y es muy fácil de conseguir. Algunos de estos aceros reciben tratamientos térmicos con el fin de mejorar, aun más, sus propiedades mecánicas.¹⁹

Aceros inoxidables

Reciben su nombre por su resistencia a la corrosión. El principal elemento de aleación en los aceros inoxidables es el cromo que se presenta hasta en un 17%. Aunque existen más de 40 grados de aceros inoxidables se categorizan en función a su microestructura en: martensítica, ferrítica y austenítica. Los aceros inoxidables austeníticos son utilizados normalmente en estructuras soldadas. Estos tienen la su propiedad de resistencia alta, pero a su vez aumenta su grado de manufacturabilidad. Tienen un costo ligeramente mayor que los acero comunes.²⁰

Aluminio

El aluminio es muy ligero y dúctil pero posee bajas propiedades mecánicas como una resistencia menor al acero y al titanio. Posee buena resistencia a la corrosión. Es más caro que el acero, pero es muy fácil de adquirir. Es fácil de manipular. Este metal también es sometido a tratamientos térmicos para mejorar sus propiedades mecánicas. Su costo es accesible, aunque mayor que el de los aceros comunes.²¹

Duraluminios

Los duraluminios son un conjunto de aleaciones de forja de aluminio, cobre (0,45%-1,5%) y magnesio (0,45%-1,5%) así como manganeso (0,6%-0,8%) y silicio (0,5%-0,8%) como elementos secundarios. Pertenecen a la familia de las aleaciones aluminio-cobre (2000).

Presentan una elevada resistencia mecánica a temperatura ambiente como la del acero, y es ligero y dúctil como el aluminio, sin embargo, su resistencia a la corrosión, Soldabilidad y aptitud para el anodizado son bajas. Su costo es un poco elevado.²²

Propiedades de los materiales

Materiales	Resistencia a la tensión (MPa)	Resistencia a la cedencia (MPa)	Modulo de elasticidad (psi)	Densidad (lb/plg ³)	% de alargamiento
Acero (1020)	393	296	E=29X10 ⁶	0.283	36
Acero inoxidable (AISI 301)	758	276	E=28X10 ⁶	0.290	60
Aluminio (6063-T6)	240	276	E=10x10 ⁶	0.098	17
Duraluminio (Al 2014-T6)	483	414	E=10.6x10 ⁶	0.10	13

Tabla 4.2 (Datos obtenido de tablas de propiedades de los materiales del libro “Resistencia de materiales aplicada, Autor Mott”)

La selección de materiales requiere considerar muchos factores, siendo los más importantes (Cap 2):

- Resistencia 10%
- Rigidez 10%
- Ductilidad 10%
- Peso 40%
- Resistencia a la corrosión 10%
- Soldabilidad 10%
- Costo 10%

Criterios de evaluación:

La puntuación se dará de la siguiente forma: 3 cumple y es la mejor, 2 es buena y 1 es baja.

Factor		Acero		Acero inoxidable		Al		Duraluminio	
Resistencia	10%	1	.1	3	.3	1	.1	2	.2
Rigidez	10%	3	.3	2	.2	1	.1	1	.1
Ductilidad	10%	2	.2	3	.3	1	.1	1	.1
Peso	40%	1	.4	1	.4	3	1.2	2	.8
Resistencia a la corrosión	10%	1	.1	3	.3	3	.3	1	.1
Soldabilidad	10%	3	.3	1	.1	2	.2	1	.1
Costo	10%	3	.3	2	.2	2	.2	1	.1
Resultados		1.7		1.18		2.2		1.5	

Tabla 4.3

El material seleccionado para nuestra estructura tubular es el Al 6063 T6.

4.2.4. Subsistemas

Reposabrazos

Los reposabrazos sirven de apoyo a los brazos en la posición de reposo. Con ello disminuye la presión sobre la superficie corporal en contacto con el asiento, mejora la estabilidad, facilita el hecho de ponerse de pie. La altura ideal es de 2.5 cm. mayor que la altura del codo. Esta dependerá de la antropometría del usuario. Cuando los reposabrazos son demasiado bajos el usuario se inclina para obtener algún soporte, mientras que si son demasiado altos aparece dolor en hombros y cuello, al mantener los hombros elevados continuamente.

Para la propuesta de los subsistemas tenemos la implementación de los reposabrazos y los reposapiés los cuales serán seleccionados de una gama de posibilidades ya existente. Se proponen tres modelos diferentes para cada uno (Tabla 4.4):

Modelo de Reposabrazos	Descripción	Imagen
Modelo 1	Los reposabrazos son horizontales y no cuentan con un elemento de refuerzo ni protección lateral.	
Modelo 2	Los reposabrazos son horizontales y cuentan con un elemento de refuerzo, pero no con protección lateral.	
Modelo 3	Los reposabrazos son laterales y cuentan con un elemento de refuerzo y protección lateral.	

Tabla 4.4

Para los reposabrazos se sugiere ocupar el modelo 3 debido a sus características. El elemento de refuerzo vertical tubular le brinda mayor estabilidad y rigidez y la protección lateral de polipropileno da protección al usuario.

Reposapiés

Su función es servir de soporte a los pies para que no rocen en el suelo ni cuelguen sin control. La correcta situación de los reposapiés aumenta la estabilidad al evitar el deslizamiento hacia delante y facilita la recuperación de la postura estable si se había perdido. Además, su altura influye en la distribución de presiones sobre los glúteos y la cara inferior de los muslos. Los reposapiés buscan conseguir un apoyo completo de la planta del pie quedando el tobillo en posición neutra, en la que el pie forma un ángulo de 90º con la pierna.

En el siguiente cuadro (Tabla 4.5) se muestran algunas propuestas para el diseño de los reposapiés.

Modelo de Reposapiés	Descripción	Imagen
Modelo 1	Lo dos pies se encuentran apoyados sobre una base tubular, la cual tendrá un tope físico transversal.	
Modelo 2	Pose dos bases separadas de poliuretano las cuales están unidos a la estructura tubular y cada uno soporte un pie.	
Modelo 3	<i>Cuenta con una base de poliuretano para sostener los dos pies. No posee estructura de metal y está unido a la silla horizontalmente.</i>	

Tabla 4.5

Se propone utilizar el modelo 1 debido a que los reposapiés deben de cargar el peso total de la persona ya que este es un apoyo para subir y bajar de la silla. La estructura tubular soldada nos brinda mayor rigidez, seguridad y estabilidad gracias a su configuración y a las propiedades del material.

4.2.5. Desarrollo de la propuesta

Como se mencionó anteriormente la estructura tubular esta dividida en dos secciones respaldo y base inferior.

El respaldo cuenta con dos miembros transversales (figura 4.8), los cuales cumplen con dos funciones: son la base para unir el asiento y son un refuerzo que brinda mayor rigidez y seguridad a esta sección de la estructura. Las medidas del respaldo fueron tomadas de la tabla de medidas de la silla del capítulo 2. Este respaldo también cuenta con agarraderas en la parte superior de este, para que la persona externa que auxilia al usuario pueda empujar la silla.



Figura 4.8

La base inferior de la estructura es un elemento rígido, el cual, en la vista superior pose una estructura cuadrada y un elemento de refuerzo en el centro (Figura 4.9). Las medidas de la silla

fueron tomadas de la tabla de medidas del capítulo 2, que contiene las dimensiones exactas de nuestro modelo.

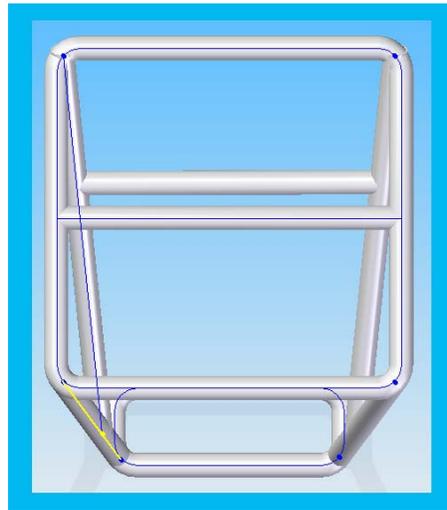


Figura 4.9

En la vista lateral se nota que los miembros no se encuentran a 90° , estos tienen un ángulo de 13° (Figura 4.10). La finalidad de esto es que las piernas del usuario estén contenidas dentro de la estructura, al igual que los reposapiés, para evitar lesiones al usuario en caso de un choque frontal. Para mantener las pernas a 90° se colocó un refuerzo transversal que evita que el usuario flexione las piernas más de lo recomendado ergonómicamente.

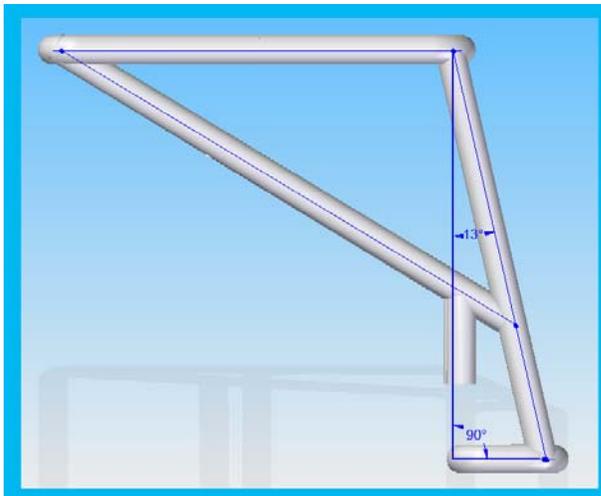


Figura 4.10

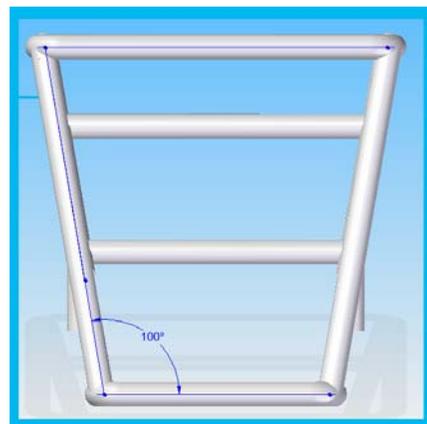


Figura 4.11

En la vista frontal de la base podemos apreciar que los miembros principales se encuentran en un ángulo de 100° . Esto permitirá que el arreglo de llantas sea colocado a 90° sin que estos lleguen a tocar o a coincidir con la posición de las piernas (Figura 4.11). En la figura 4.12 podemos apreciar el isométrico de nuestra base terminado con todas las características antes mencionadas.

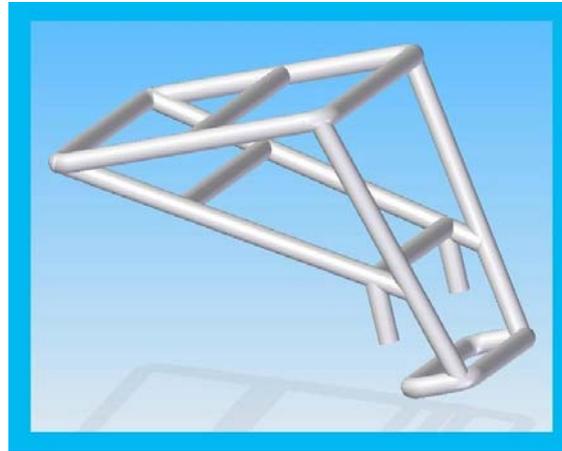


Figura 4.12

La base inferior y el respaldo están conectados por una pequeña articulación que le permite doblar el respaldo hacia el frente (Figura 4.13).



Figura 4.13

La estructura se conectará directamente con la suspensión por medio de un miembro estructural fijo que se encuentra en la base del asiento de forma transversal figura 4.8. El refuerzo transversal que atraviesa los miembros laterales tendrá la función de tope físico para el amortiguador. Esto le brindará más seguridad y evitará que este realice una flexión excesiva.

La unión con el asiento es directamente sobre la tubular del respaldo y de la base del mismo, permitiendo montar libremente este sistema sobre la tubular.

Diseño de reposapiés y reposa brazos

Como se eligió anteriormente los reposabrazos tendrán una base tubular así como un refuerzo vertical y a los lados estarán cubiertos con una protección lateral. Estos elementos no van soldados a la silla, por lo que se pretende unirlos por un conector que les permita montarse y desmontarse a la estructura. (Figura 4.14) Las protecciones laterales se sugiere que sean de polipropileno debido a su bajo costo y que estas partes no soportan ninguna carga.

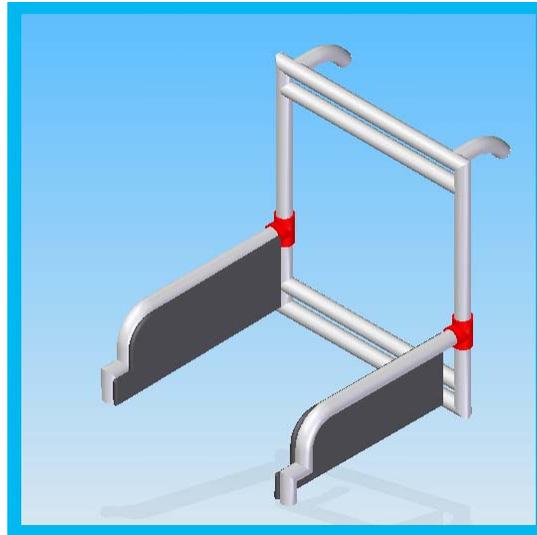


Figura 4.14

Los reposapiés serán de un solo miembro el cual es fabricado de la misma estructura tubular para darle mayor rigidez. Este también llevará una pequeña base que se propone sea de polipropileno de un espesor de 2 cm, el cual, irá montado por encima de la sección tubular (Figura 4.15).



Figura 4.15

4.2.6. Análisis en elemento finito

La base de la estructura es el principal elemento que soportará la carga directa del usuario, por ello es necesario realizar un análisis de elemento finito para saber si la geometría y las propiedades del material, en conjunto, soportarán la carga, evitando así una deformación

plástica e incluso la ruptura. Para este análisis se utilizó el software Algor y se tomaron en cuenta las siguientes especificaciones de restricción y carga:

Para el modelo se propone una carga máxima de 90kg, pero debido al factor de seguridad se utiliza una carga repartida en 5 puntos de 1200N. Las restricciones de nuestra estructura están fijadas en el punto de contacto de las llantas con la base de la estructura. Obteniendo como resultado de la gráfica de Von Mises un esfuerzo máximo de 77 MPa (Figura 4.16). Las propiedades del Al 6063 T6 nos indican un esfuerzo de cedencia es de 240 MPa por lo que nuestro modelo se encuentra en la zona elástica en donde las deformaciones no serán permanentes y nuestro material regresará a su forma original. Teniendo un fctor de seguridad de 3.11.

Las deformaciones máximas de desplazamiento nos indican que el material se desplazara una longitud de 0.019mm (Figura 4.17). Esta magnitud es minima y a simple vista es imposible de apreciar.

Se realizo un segundo análisis en donde se incrementa la carga para una persona de 200kg. Se utiliza una carga repartida de 2000N y se aplican las mismas restricciones. El fin de esta es conocer las limitaciones de nuestro modelo y conocer las condiciones en las que puede llegar a fallar. Los resultados obtenidos en la gráfica de Von Mises nos indican un esfuerzo máximo de 129 Mpa (Figura 4.18), de nueva cuenta nos colocamos en la zona elástica de nuestro material. Esto nos indica que la base de nuestra estructura pose un buen diseño debido a que resiste más del 100% de la carga para la cual fue diseñada.

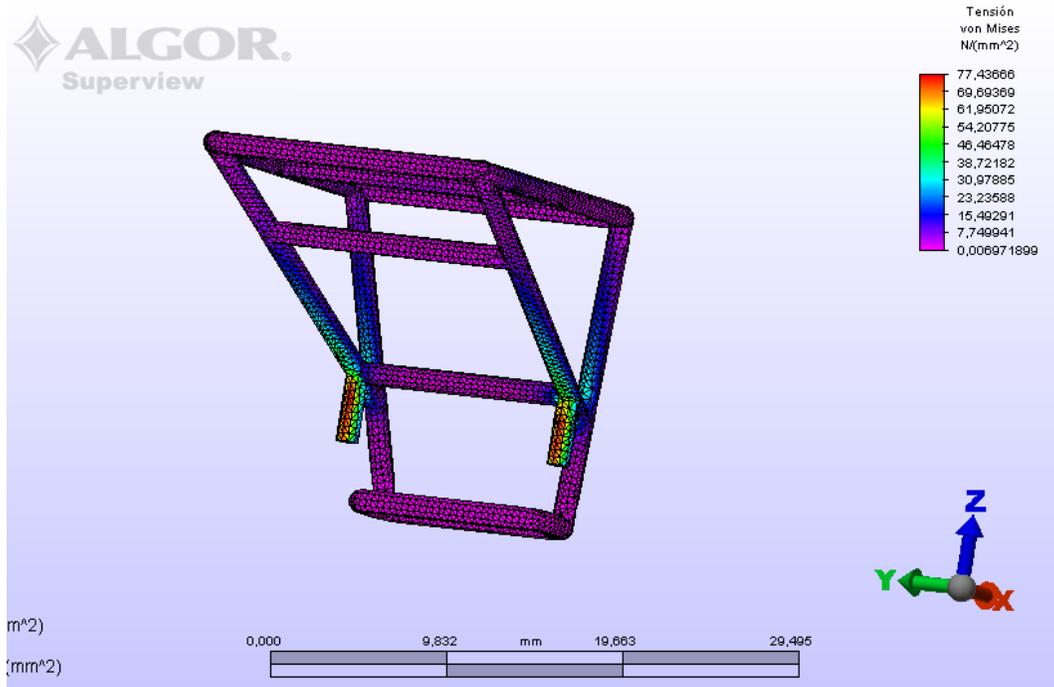


Figura 4.16 (El esfuerzo máximo registrado en la figura se muestra en la zona roja)

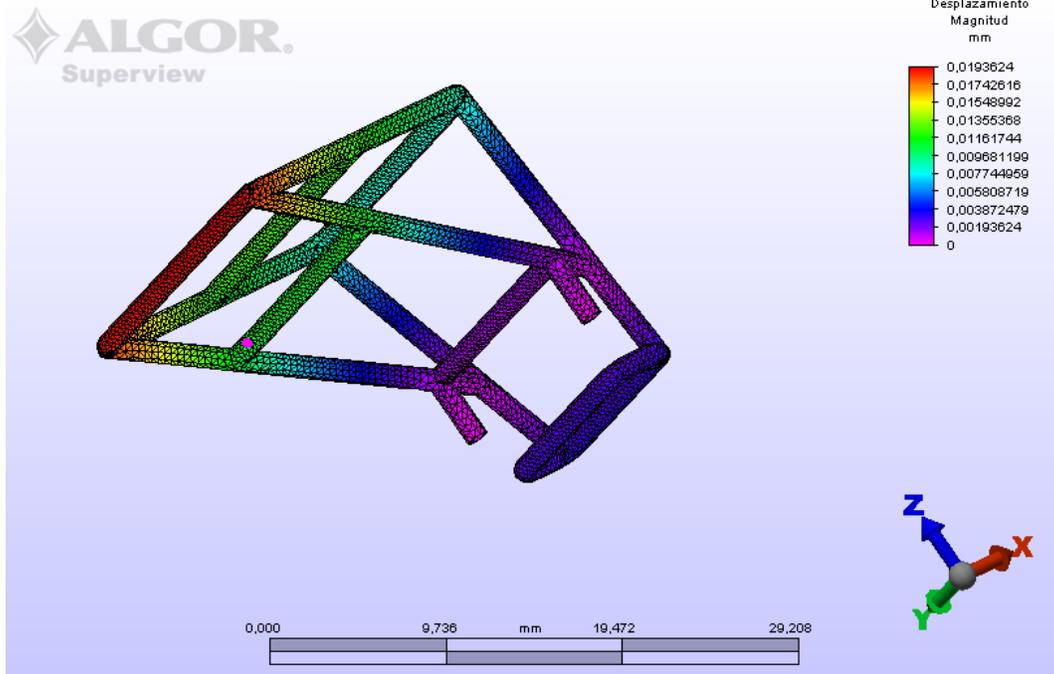


Figura 4.17 (La zona donde se genera mayor desplazamiento es indicada en color rojo)

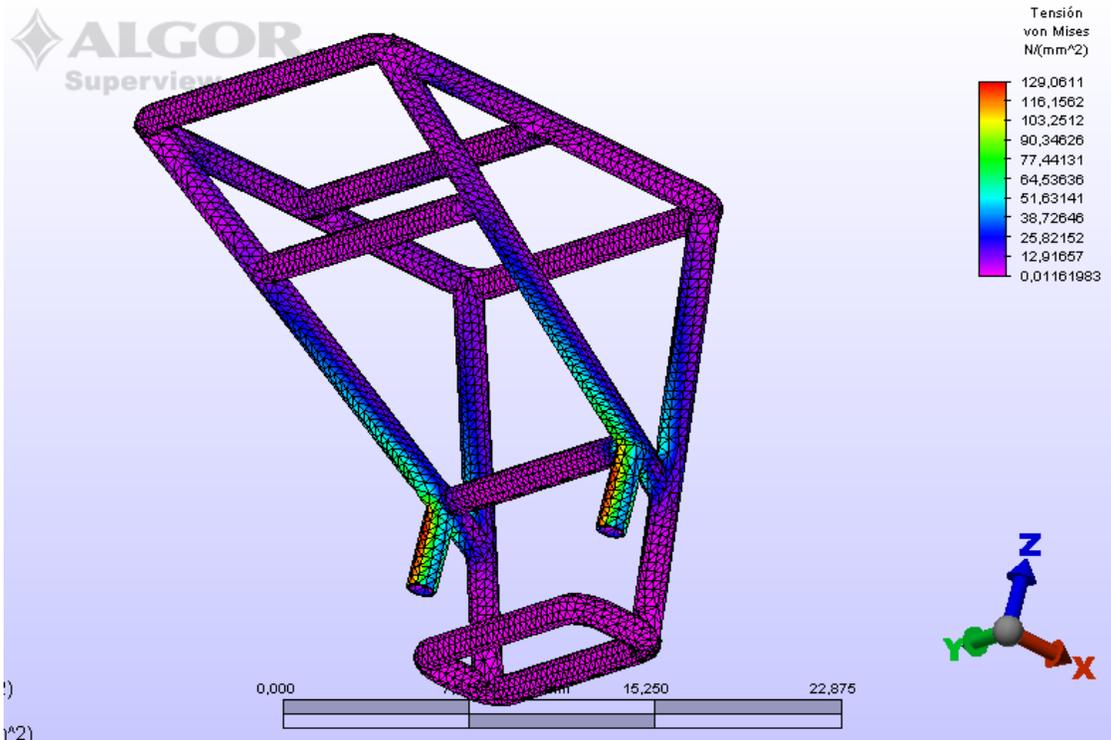


Figura 4.18 (El esfuerzo máximo registrado en la figura se muestra en la zona roja)

Características generales:

Especificación	Medidas mm
Altura total de la estructura	997.44
Altura del respaldo	555.11
Altura reposabrazos	195.61
Anchura del asiento	450
Anchura de los reposapiés	300
Altura del asiento- reposapiés	431.44
Peso de la estructura	9.07 kg

Tabla 4.6

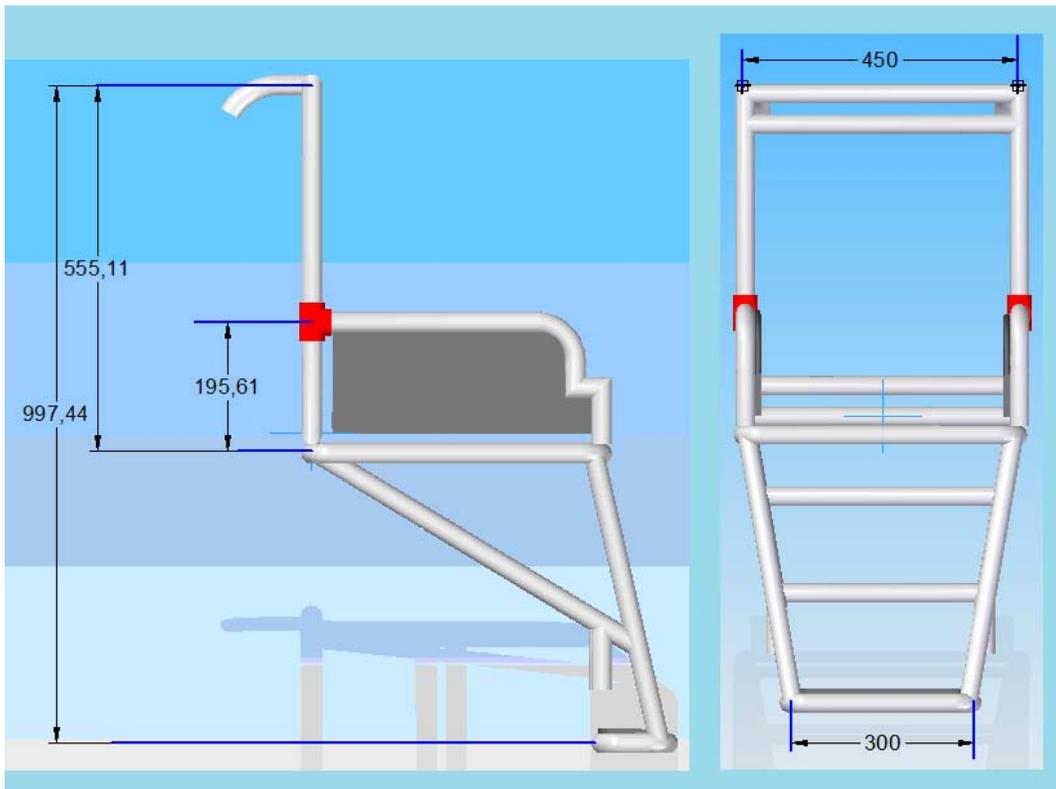


Tabla 4.19

Tabla de costo de la estructura, los reposapiés y los reposabrazos.

Pieza	Costo material	Costo fabricación	Costo total
Estructura	448	\$1200	\$1648
Reposabrazos	\$100	\$100	\$ 200
Reposapiés	\$100	\$100	\$200
Total			\$2048

Tabla 4.7

4.3. Asiento

4.3.1. Estudio del sistema

El asiento es el sistema que interactúa directamente con el usuario, su buen desempeño evitará lesiones al usuario o incomodidad generada por un largo periodo sentado y es, en primera instancia, la evaluación subjetiva que dará el usuario a la silla. Es decir, si el usuario determina que la silla es cómoda, es más probable que sea de su agrado. Esto puede ser el factor decisivo que lleve al usuario a la adquisición del producto.

Para el enfoque ergonómico que se le viene dando a esta tesis, este elemento es primordial para evitar lesiones y traumatismos en la columna, problemas circulatorios, mala postura etc. dándole prioridad a las dimensiones del asiento según el usuario.

Las características que se generaron a raíz de la matriz de contradicciones con ayuda de la teoría TRIZ en listan los siguientes puntos:

- ✿ Dividir el asiento en dos partes, base y acolchonamiento.
- ✿ La base estará pegada a la estructura.
- ✿ El acolchonamiento será extraíble.
- ✿ Es necesario contar con un acolchonamiento ergonómico.
- ✿ La base del asiento y el acolchonamiento se unirán con velcro.
- ✿ Contará con un chaleco de seguridad para evitar que el usuario caiga de la silla.

El separar el acolchonamiento de la base nos brinda la opción de personalizar el asiento de acuerdo a la antropometría del usuario y sus necesidades específicas generalizando en lo posible el resto de la estructura. Así el usuario tiene la libertad de escoger el material y la forma de su asiento utilizando la misma silla.

La forma en que se realizara nuestro diseño será de la siguiente forma:

- ◆ Se propondrán modelos existentes en el mercado y se seleccionará uno. Cabe resaltar que lo primordial de estos modelos es el acolchonamiento.
- ◆ Se realizará un bosquejo de este.
- ◆ Se propondrán distintos materiales para el acolchonamiento utilizados en la fabricación de asientos ergonómicos y se elegirá uno.
- ◆ Se propondrán diversos chalecos de seguridad existentes y se elegirá uno.
- ◆ Se diseñará la base del asiento y se montará al modelo de la estructura.
- ◆ Seccionará un material para la base del asiento.

Objetivo

El objetivo de nuestro asiento es que cumpla con los siguientes requisitos:

- 📄 Bajo costo (Materiales de la base y del acolchonamiento).
- 📄 Ligereza (Que su peso no sea muy elevado).
- 📄 Resistencia (Que el material no sea ni muy blando, ni muy duro).
- 📄 Ergonomía (Que tenga un buen apoyo para que la persona mantenga su postura y evite incomodidad).
- 📄 Facilidad de operación (Que se pueda montar y desmontar fácilmente, también que se pueda limpiar con regularidad).
- 📄 Que sea portátil (Que al separarlo del resto de la silla se pueda guardar fácilmente).

4.3.2. Síntesis del sistema

La principal desventaja que tienen las sillas manuales y de transporte estándar es la mala ergonomía del asiento que generalmente es consecuencia del bajo peso que se busca en ellas. Esto proporciona incomodidad, lesiones de columna por mala postura, llagas en las piernas por el tipo de material, etc.

Nuestro principal objetivo del asiento es que este sea ergonómico y no propicie lesiones al usuario. Es ideal que sea cómodo para conservar una buena postura de posición sedente. Desgraciadamente la comodidad es muy subjetiva, lo que es cómodo para una persona no es generalizable para los demás. Es por eso que se sugiere que el propio usuario elija su asiento. La adaptabilidad de distintos asientos en nuestro modelo será el factor ergonómico controlable, en cuanto a las medidas de la estructura serán más estandarizadas. En este caso las medidas fueron tomadas de un solo modelo, pero se sugiere que estos datos sean tomados de tablas antropométricas de ancianos del Distrito Federal.

Para la selección y el diseño del asiento es necesario contemplar los siguientes puntos:

- ☉ Es deseable disponer de un asiento rígido para evitar que la pelvis se deslice hacia delante y que las caderas se dispongan en abducción (aproximación) y rotación interna. El asiento no debe ser ni demasiado ancho, que propicie inclinaciones laterales, ni demasiado estrecho que limite la movilidad y provoque roces.
- ☉ En general se recomienda dejar un espacio de 1.2-2.5 cm. al lado de cada trocánter mayor.
- ☉ La profundidad correcta debe ajustarse a la longitud glúteo - hueco poplíteo menos 5-8 cm., que corresponde a la holgura necesaria entre el borde anterior del asiento y la cara posterior de la rodilla para evitar compresión venosa.
- ☉ A veces, es necesaria una inclinación posterior del asiento, de tal forma, que las rodillas se sitúen a una altura más elevada que las caderas favoreciendo que la espalda se ajuste contra el respaldo y que la pelvis permanezca en el extremo posterior del asiento.
- ☉ Esta modificación se recomienda en casos de personas con un precario control de tronco (lesiones medulares dorsales altas o cervicales, parálisis cerebral, distrofias musculares, etc.).
- ☉ Al igual que el asiento, es recomendable un respaldo duro, puesto que el blando tipo hamaca, condiciona la aparición de cifosis lumbar que favorece la presencia de deformidades y de dolor. Debe ser lo suficientemente alto como para proporcionar un apoyo adecuado y no tan bajo que disminuya la estabilidad y resulte incómodo. Se recomienda que llegue hasta unos 2.5 cm. por debajo del borde inferior de la escápula.

La inclinación hacia atrás del respaldo ayuda a evitar la tendencia a caer hacia delante. Este efecto puede ser logrado por el propio acolchonamiento para evitar variar la postura vertical, debido a que después de un largo tiempo puede llegar a resultar incómodo.

Las propuestas de asientos son las siguientes (Tabla 4.6):

Modelo	Característica	Imagen
Modelo 1	El respaldo es corto y se encuentra separado en dos secciones. El acolchonado es aproximadamente de 8cm de espesor. La cubierta del asiento es piel.	
Modelo 2	El asiento es alto, las dos secciones se encuentran unidas. Tiene ligeras curvaturas en la zona lumbar. Tiene acolchonamiento para recargar la cabeza. El espesor del acolchonamiento es de 5cm de espesor aprox. La cubierta del asiento es de neopreno.	
Modelo 3	El asiento es alto y sección del respaldo y la base se encuentran unidas. Pose acolchonamientos laterales y curvatura en la zona lumbar. El espesor es aproximadamente de 7 cm. Tiene acolchonamiento para la cabeza. La cubierta es de piel.	
Modelo 4	Muestra las dos secciones unidas y cuenta con acolchonamiento para la cabeza. Pose dos pequeños acolchonamiento laterales y uno en la zona lumbar. La cubierta es de piel.	

Tabla 4.8

Todas las propuestas a simple vista parecen cómodas por el tipo de acolchonamiento y el material de la cubierta, pero utilizaremos la propuesta 3 debido a que cuenta con acolchonamientos laterales amplios.

El siguiente paso en la elección de nuestro asiento es el acolchonamiento del mismo, este se considera un componente más del asiento, y su selección se incluye en el proceso de selección de una silla de ruedas. Entre sus funciones destacan dos: contribuir a la estabilidad y mejorar a la distribución de presiones en el asiento, previniendo así las úlceras por presión, aunque no existe cojín que por sí sólo prevenga la aparición de estas lesiones.

La elección del acolchonamiento debe de ser individualizada. Se pueden diferenciar cuatro grandes grupos de cojines: espuma, flotación, híbridos y de presión alternante. La adaptación incorrecta o la falta de mantenimiento del cojín pueden provocar problemas. Así, un cojín

demasiado alto modifica la postura del usuario en relación con el respaldo, reposabrazos y reposapiés.

Cojines de silla de ruedas

Un buen acojinamiento en la silla de ruedas puede disminuir el riesgo de llagas por presión de varias maneras:

- Un buen colchón de silla de ruedas distribuye el peso del ocupante directamente en los huesos de los glúteos a una zona mucho mayor, incluidos los muslos y las caderas. Esta redistribución de peso disminuye la presión ejercida en parte de piel sensible colocada directamente debajo del hueso del glúteo.
- Algunos cojines para sillas de ruedas (como cojines dinámicos para sillas de ruedas) intentan cambiar con frecuencia la zona de mayor presión con el fin de limitar el tiempo que el flujo de sangre es apretado a cualquier lugar.
- Algunas sillas de ruedas cuentan con materiales que amortiguan y pueden ayudar a mantener la piel fresca y seca. Esto puede minimizar el rozamiento y la piel de los daños. ²³

Materiales de acojinamiento

- **Acojinamiento de espuma para la silla de ruedas:** Son livianos, baratos y en comparación con otros, son de bajo mantenimiento. La espuma también puede ser personalizada para adaptarse a reducir la necesidad del usuario. Si usted tiene una zona especialmente sensible de la piel, un pedazo de espuma se puede cortar directamente debajo con el fin de reducir la presión sobre esa zona. Sin embargo, el acojinamiento de espuma para sillas de ruedas pueden perder su forma con el tiempo y comprimirse. Esto puede causar que el cojín de la silla de ruedas llegue a "tocar fondo", que significa que el usuario de silla de ruedas es efectivamente sentado en la base de la silla. Por esta razón, el acojinamiento de espuma para sillas de ruedas, se deben revisar y sustituirse con frecuencia. Este tipo de acojinamiento también tiende a guardar humedad como una esponja, que puede provocar que la piel se roce.
- **Acojinamiento de gel para silla de ruedas:** La principal ventaja es que el peso se distribuye bien a través de una gran área del cuerpo que pueden disminuir de manera muy eficaz la presión sobre la zona afectada. La desventaja es que los cojines de gel de silla de ruedas puede llegar a tocar fondo, por fugas y puede ser menos eficaz contra las vibraciones e impactos. El Gel en cojines para sillas de ruedas no comprimen el aire que genera la espuma y no tienen propiedades de absorción de choque para absorber impactos, como cuando golpeas un bache en el camino. Por esta razón, el gel es a menudo combinado con otros materiales en haciendo cojines híbridos. Además, el gel es bastante pesado, aunque se están desarrollando algunos ultra ligeros.
- **Acolchonamiento de aire para silla de ruedas :** Se componen de muchas bolsas de aire que están interconectadas de manera que el aire puede pasar rápidamente de un bolsillo a otro. Esto permite que el peso corporal, se distribuya en una zona mas grande y permite que se absorbe rápidamente el choque. Además, como los cojines de espuma, los cojines de aire para sillas de ruedas pueden ser modificados con el fin de aliviar la presión sobre un punto sensible del cuerpo. Esto se hace a menudo mediante la manipulación de la celda de la silla de ruedas que se encuentra directamente debajo de la zona sensible. La desventaja de cojines de aire en silla de ruedas es que se pueden hacer inestable y el ocupante se mueve de un lado a otro. También el aire puede fugarse fácilmente de las celdas del cojín y este tipo de colchón tiende a ser caro. La

presión del aire debe controlarse frecuentemente para asegurarse de que usted no "tocar fondo". Este tipo de colchón a menudo necesita elevados requisitos de mantenimiento.

- **Acojinamiento de Nido de abeja de poliuretano:** Tienen grandes propiedades de absorción de choque. Este material es muy ligero y permite la circulación del aire que ayuda a mantener la piel fresca y seca. También es fácilmente lavable. Las desventajas son que el material puede apachurrarse con un fuerte choque o carga, es caro y algunas personas se quejan de que con el tiempo, el material pierde sus propiedades de absorción de choque.
- **Compuesto de las espumas:** Se están desarrollando y tienen muchas ventajas con respecto a regular la espuma con otros materiales. Este nuevo material no retiene el agua, puede limpiarse fácilmente y es muy ligero. Sin embargo, el compuesto de espuma es mucho más caro que la espuma ordinaria.
- **Acojinamiento Híbrido para silla de ruedas:** Estos acojinamientos para sillas de ruedas combinan dos o más de los materiales anteriormente, esto nos da como resultado, que un material puede compensar con fuerza la debilidad del otro material y viceversa. Pero también puede tener las desventajas que poseen ambos materiales. Por ejemplo, un cojín de espuma que tiene alrededor de los lados una hoja de celdas de aire incorporadas en el centro pueden tener mejor posicionamiento y a su vez la estabilidad del colchón de aire mejora la absorción de impactos que un colchón de espuma. Sin embargo, también tendrá la negativa de ambas propiedades y pueden necesitar ser reemplazados cuando uno de los materiales se rompe. Además, cada tipo de material tendrá que ser limpiados por separado que de acuerdo con las necesidades de material. En resumen, los híbridos pueden funcionar mejor, pero también puede requerir más mantenimiento.
- **Acojinamientos dinámico-hidráulico para sillas de ruedas:** Es una combinación de los anteriores, Los materiales tales como el aire la presión de las zonas y reducen al mínimo la cantidad de tiempo que la presión es presionada en cualquier zona del cuerpo. Desventaja es que usted puede sentirse inestables, ya que estás sentado sobre un objeto en movimiento. ²⁴

Al diseñar un cojín para silla de ruedas se tiene que buscar una buena postural que proporcione apoyo y sostenga las piernas y el cuerpo para evitar que se mueva mientras viaja.

Características importantes en la selección de los acojinamientos de la silla de rueda:

- ◆ **Durabilidad:** un cojín de silla de ruedas se suelen durar 2-5 años, con aire de espuma y probablemente dura menos. Sin embargo, la experiencia varía mucho con esto.
- ◆ **Peso:** la espuma de poliuretano de nido de abeja de los cojines de sillas de ruedas por lo general pesan aproximadamente 3 libras (1.5kg), Air 5ibs (2,5 kg) y 8-Gel 12 libras (4-6kg). Sin embargo, los cojines de gel ligeros pronto llegará al mercado.
- ◆ **Garantía:** Generalmente tienen una garantía de dos años. Esto es particularmente importante para un colchón de aire en silla de ruedas porque las fugas son un peligro frecuente.
- ◆ **Mantenimiento:** los cojines de aire para sillas de ruedas son a menudo de alto mantenimiento, usted deberá comprobar que la presión de aire con frecuencia. Además, pregunte acerca de la limpieza. Todos los cojines de sillas de ruedas deben limpiarse con regularidad, pero algunos son más fáciles de limpiar que otros.

- ◆ **Precio:** Normalmente por un cojín de sillas de ruedas cuesta alrededor de \$ 100 (o 80 euros) de material de espuma y más de \$ 300 (euro 250) para un cojín de silla de ruedas híbrido. ²⁵

Para nuestro modelo se propondrá un relleno de espuma y forro de neopreno. El costo aproximado se cotiza en \$400 y el tiempo de entrega es de 3 días.

CHALECOS DE SEGURIDAD

El sistema de seguridad se propone que sea un chaleco para evitar lastimar al usuario y protegerlo de caer de la silla en algún movimiento brusco. La siguiente tabla muestra algunos modelos (Tabla):

Modelo	Características	Imagen
Modelo 1	Sujeción silla de Ruedas forma X. Por su configuración es adaptable a diversas personas y es fácil de colocar con broches. Es pequeño y no estorba.	
Modelo 2	Chaleco con cremallera y arnés abducción piernas. Su configuración es más compleja y más difícil de colocar por el arnés de las piernas. Es más grande y estorboso.	
Modelo 3	Chaleco Texas con pieza perineal. Por su configuración es más difícil de colocar pero es menos estorboso.	
Modelo 4	Chaleco Nessie. Es muy fácil de colocar pero es muy grande y estorboso. Es poco adaptable porque debe de ser de la medida del usuario para que funcione al 100%.	

Tabla 4.9

Para nuestra silla se ha sugerido el modelo 1 debido a que es pequeño, no estorba, es adaptable y fácil de poner. Su precio oscila entre los 300 pesos.

4.3.3. Desarrollo de la propuesta

Para la base del asiento se sugiere utilizar dos placas de poliuretano debido a su bajo costo. Estas placas se montan directamente en la estructura tubular como se muestra en la figura 4.20. Esta base es recubierta de velcro para montar, sobre esta base, directamente el acolchonamiento. Se modeló un acolchonamiento acercándose un poco al modelo acogido anteriormente (Figura 4.21).



Figura 4.20



Figura 4.21

Medidas del Asiento

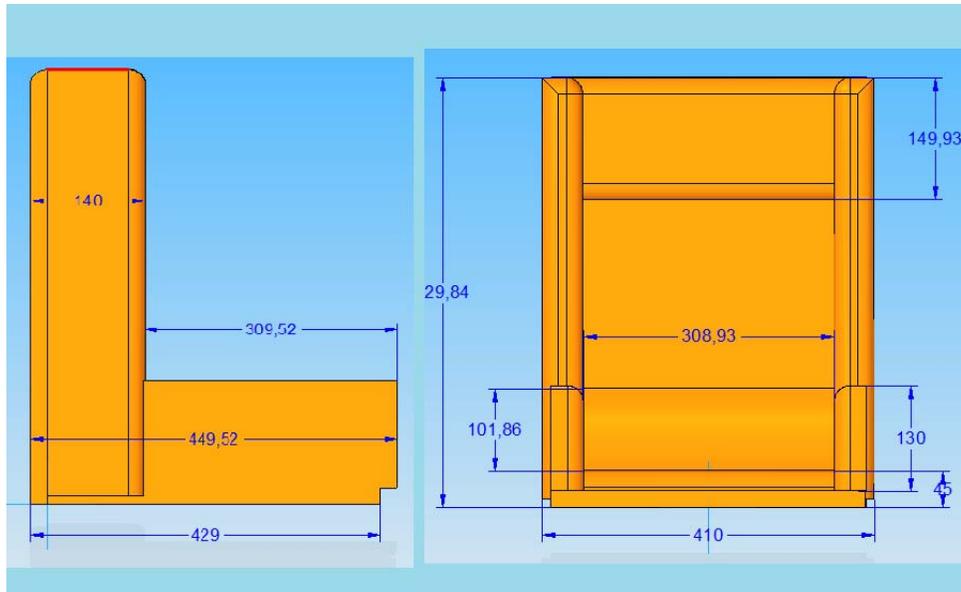


Figura 4.22

El costo aproximado de nuestra silla de ruedas será:

Pieza	Costo
Base asiento	\$100
Base del respaldo	\$100
Acolchonamiento del asiento	\$1500
Chaleco de seguridad	\$500
Total	\$2200

Tabla 4.9

Tiempo aproximado de fabricación 1 semana.

4.4. Suspensión

4.4.1. Estudio del sistema

Debido a las condiciones desfavorables del pavimento en el Distrito Federal, las sillas de rueda transmiten vibraciones al usuario, por lo que se busca un sistema para eliminarlas o disminuirlas. En el capítulo anterior se han propuesto algunas soluciones:

- Dividir la estructura en 3 parte: base inferior, respaldo y soporte para llantas traseras.
- Implementar un amortiguador.
- Separa el soporte de las llantas el amortiguador y las llantas traseras para disminuir vibraciones.
- Realiza análisis de esfuerzos a la estructura para reforzar las zonas débiles.
- Seleccionar materiales resistentes para todas las piezas en general con un factor de seguridad elevado.

Aquí se propone diseñar una estructura movable donde se soporte las llantas traseras y el amortiguador. La estructura movable conecta directamente al soporte de las llantas con la estructura por medio del amortiguador. Cabe mencionar que el amortiguador que se propone implementar es utilizado normalmente para bicicletas (figura 4.24), por lo que este elemento no será analizado en esta tesis. Se tomará como funcional y se inferirá que soporta la carga deseada. Este tipo de amortiguador también es utilizado en algunas sillas deportivas (Figura 4.23).



Figura 4.23

Figura 4.24

Objetivo

El amortiguador es un elemento que absorber energía cinética y cuya finalidad es amortiguar las oscilaciones dentro de un movimiento periódico, y que también permiten neutralizar la energía originada en golpes e impactos.

El objetivo principal de implementar un sistema de amortiguación es cumplir con las siguientes características:

- Bajo costo (se evaluará el precio del material y la manufactura del soporte de las llantas y del amortiguador).
- Ligereza (peso del soporte de las llanta).
- Resistencia (confiabilidad en la configuración del soporte de las llantas y el comportamiento del material).
- Funcionabilidad (Que realice la función para la cual está siendo diseñado).

4.4.2. Síntesis del sistema

Bajo las condiciones planteadas anteriormente se comienza el diseño de la propuesta. Necesitamos diseñar una estructura que soporte la carga total del usuario y el peso de la silla misma. A su vez esta tendrá dos brazos que soportarán las llantas traseras. Se propone utilizar llantas R-20 y se presenta la siguiente configuración (Figura 4.25):

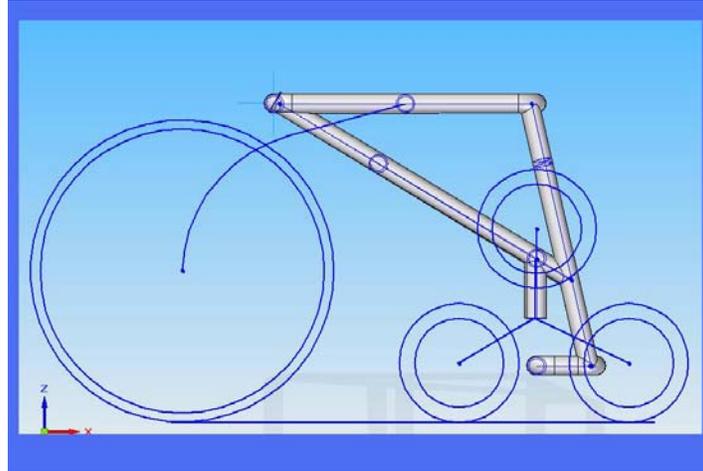


Figura 4.25

La geometría propuesta para esta estructura debe de tener refuerzos en la zona donde va a soportar la carga puntual del amortiguador por lo que se utiliza una geometría triangular. Los soportes del amortiguador son curvos y proponen sacar el centro de las llantas traseras fuera de la estructura para que el centro de gravedad se desplace a la zona trasera trasladando la mayor carga a las llantas traseras. Esto es recomendable debido a que en esta parte se encuentra el amortiguador y se espera que este nos ayude a disipar las vibraciones. También se busca tener una distancia de ejes grande para tener mayor estabilidad. En la figura 4.26 se muestra nuestro modelo.

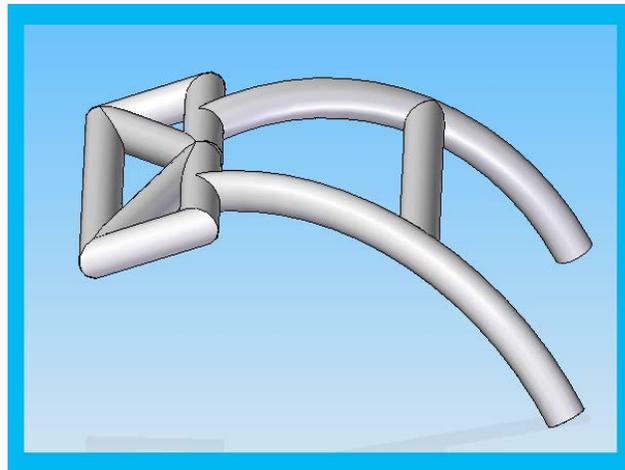


Figura 4.26

4.4.3. Análisis en elemento finito

A este modelo se le realizó un análisis de esfuerzos para saber si esta geometría es óptima y el material tiene un comportamiento adecuado, resistente las cargas aplicadas por el peso del

usuario. Se aplica una carga puntual de 1200N y se tomarán como restricciones la parte inferior de los soportes de las llantas donde interactúan directamente con las llantas traseras.

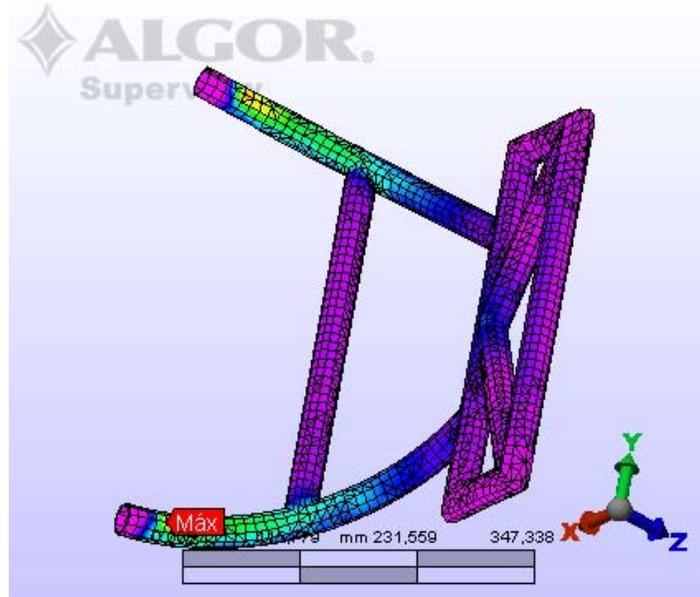


Figura 4.27 (La falla de la estructura se encuentra en la zona roja)

De acuerdo con la gráfica de Von Mises el esfuerzo máximo es de 347 Mpa registrados en la zona de los soportes de la llantas (Figura 4.27). Esto nos indica que la pieza fallará y alcanzará la zona plástica debido a que el esfuerzo máximo permisible para el Al 6063 T6 es de 240 MPa. Se necesita reforzar esta zona con algún otro elemento para que nuestro diseño soporte las cargas de aplicación. (Ver figura 4.29)

La gráfica de desplazamiento nos indica que la zona afectada será donde se colocó la carga puntual y el desplazamiento será de 0.11 mm. Esta deformación es muy pequeña por lo que no es apreciable a simple vista. (Figura 4.28)

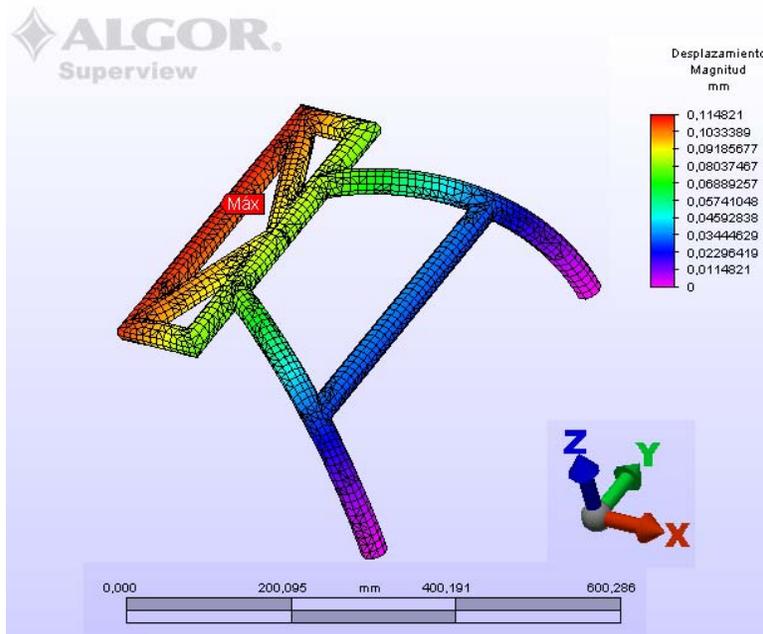


Figura 4.28 (El máximo desplazamiento se encuentra en la de color rojo)

Para optimizar nuestro modelo y evitar que la pieza falle se colocaron dos refuerzos en la zona donde se registraron los esfuerzos máximos (figura 4.29) donde la base de las llantas interactúa directamente. El principal objetivo es distribuir mejor las cargas en esta zona y que la pieza soporte la carga deseada.

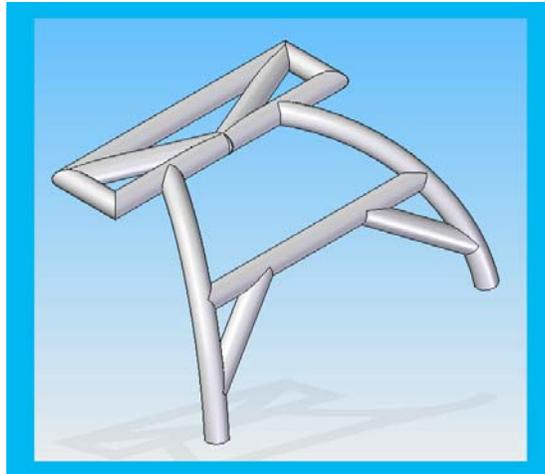


Figura 4.29

Para realizar el ensamble de nuestra pieza se diseña un bosquejo del amortiguador (4.31), el cual nos indica la zona y la posición en donde estará colocado. (Figura 4.30)

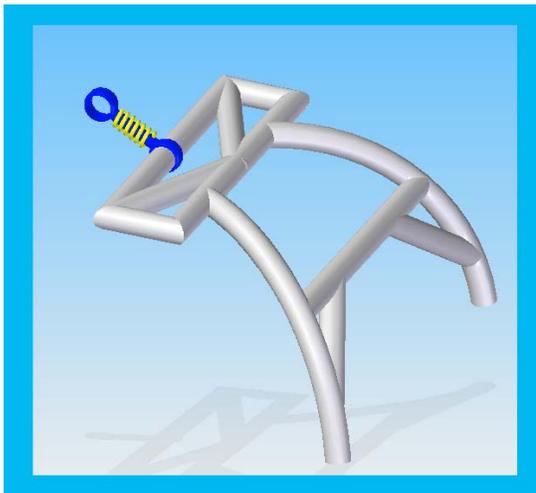


Figura 4.30

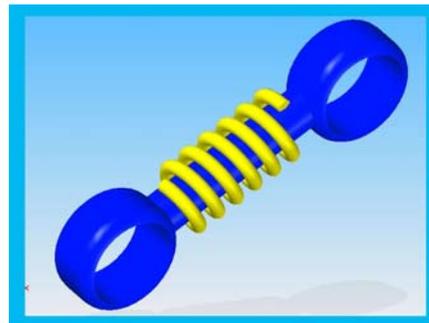


Figura 4.31

Después se monta sobre nuestra estructura final presentando el ensamble final como se muestra en las figuras 4.32, 4.33 y 4.34.



Figura 4.32



Figura 4.33

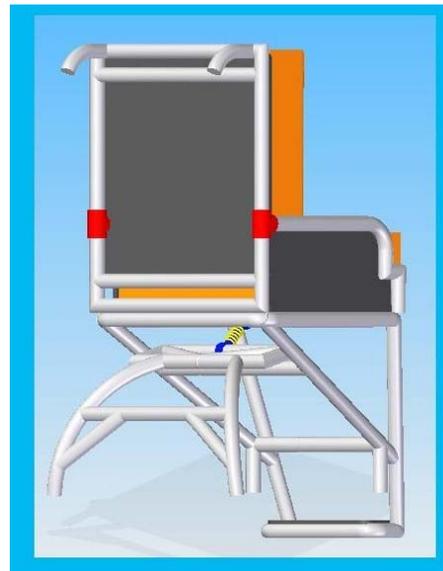


Figura 4.34

Tabla de costos de la base del asiento y el acolchonamiento

Pieza	Material	Fabricación	Total de la pieza
Estructura amortiguador	\$224	\$1500	\$1724
Amortiguador			\$3660
Total			\$5384

Tabla 4.10

4.5. Llantas y frenos

4.5.1. Estudio del sistema

Las llantas son el principal sostén de la silla, son los elementos que interactúan directamente con el suelo y con la estructura de la silla. Se pueden considerar como amortiguadores debido a que su forma y su material pueden llegar a disipar un poco de la energía cinética transmitida.

En este caso se propone dividir este sistema en llantas traseras y llantas delanteras. Esta división tiene a su vez una serie de subsistemas como son rines, rallos, masas, frenos, etc. Por el propósito de esta tesis no se analizará muy profundamente cada uno de los sistemas, solo se limitará a elegir los distintos componentes que se encuentran en el mercado. En cuanto al rin delantero, se propone una nueva configuración y un nuevo elemento. Esta propuesta se planteará, pero su análisis no se realizará a profundidad por la complejidad de la misma y los elementos de conexión con los que necesitará interactuar.

Antes de comenzar con el diseño de las llantas se revisarán los aspectos que llegan a afectar la propulsión y el desempeño de las ruedas.

El montaje de la silla de ruedas debe procurar una propulsión eficaz junto con un gasto mínimo de energía por lo que existen factores que deben de ser controlados para la optimización del efecto deseado. La altura de las llantas en este caso no será tan importante debido a que el usuario no se impulsará por si mismo, sino que estará auxiliado por una persona externa.

La posición de la rueda trasera afecta la estabilidad de la silla. Si la silla se encuentra más retrasada la silla será más estable.

Una distancia larga de ejes trasero y delantero permite mantener un rumbo más recto, pero también las ruedas recorren mayor distancia por lo que es necesaria más energía para su propulsión. Una distancia de ejes corta gira con mayor facilidad y se maneja más fácilmente.

La propuesta surgida con la teoría TRIZ tiene las siguientes características:

- Generar un arreglo triangular con tres ruedas para la parte delantera que las une un rin común que las traslada en un mismo eje.
- Colocar un buge en el rin delantero para dar al arreglo de llantas con rotación en un eje y así controlar la dirección de la silla.
- Desmontar llantas traseras para guardarse.
- Utilizar distintos colores para facilitar instrucciones de montaje y desmontaje, frenos, etc.

Objetivos

En el caso de las llantas y los frenos se buscarán las siguientes características:

- Bajo costo (Que las piezas seleccionadas sean de bajo costo)
- Ligereza (Que las piezas sean lo más ligeras posible)
- Resistencia (confiabilidad en la configuración de la colocación de las piezas).
- Funcionabilidad (Que las piezas cumplan lo mejor posible con su función)
- Facilidad de operación (Que el uso no sea muy complejo).
- Que sea portátil (la facilidad con la que esta se pueda desarmar, doblar y/o guardar).

4.5.2. Síntesis del sistema

Realizaremos una división de subsistemas para comenzar con nuestro modelo utilizando la siguiente configuración (Figura 4.35):

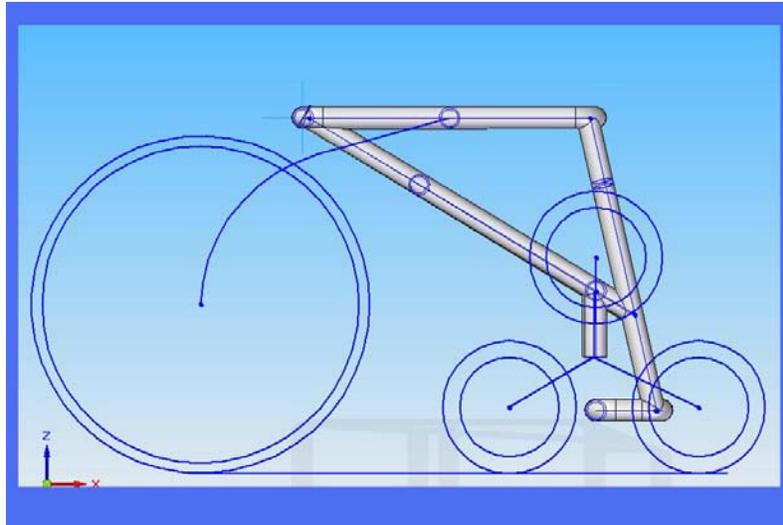


Figura 4.35

Los subsistemas a desarrollar serán los siguientes: llantas traseras, llantas delanteras y frenos.

4.5.2.1. Llantas delanteras

El tamaño de la llanta oscila entre los 75mm y los 200mm de diámetro. Mientras más pequeña sean las ruedas delanteras, tendrán mayor facilidad de giro. Las llantas pequeñas son recomendadas para interiores y las grandes para exteriores ya que resulta más fácil evitar obstáculos y no se clavan en la tierra. El eje de giro de la orquilla debe estar a 90° con el suelo. Las cubiertas de las llantas pueden ser de distinto tipo:

- 📍 Neumáticas: Amortiguan las imperfecciones del terreno pero requieren mantenimiento (llegan a estar propensas a pinchaduras y se debe revisar la presión de estas).
- 📍 Macizas: Resultan más duras de conducción al no amortiguar, pero no requieren mantenimiento.
- 📍 Semineumáticas: Tienen la superficie de goma lo que amortiguan poco, pero a diferencia de las neumáticas no necesitan mantenimiento.

Propondremos 3 tipos de llanta y seleccionaremos la que se adapte mejor a nuestras necesidades.

Modelo	Características	Imagen
Modelo 1	El diámetro de esta rueda es de 75mm. Son duras y son ideales para interiores.	
Modelo 2	Su diámetro es de 200mm. Son ideales para exteriores e incluso zonas no pavimentadas.	
Modelo 3	Su diámetro es de 150mm. Son semineumáticas y también son ideales para interiores o exteriores lisos.	

Tabla 4.11

Debido a los requerimientos mencionados en los capítulos anteriores que proponen que la silla se pueda desplazar en exteriores, utilizaremos la opción 2.

Para la configuración que se plantea en forma triangular se debe diseñar un rin que soporte las tres llantas, que les permita rodar libremente y a su vez trasladarse sobre un mismo eje para dar dirección a la silla. El modelo propuesto se presenta en la figura 4.36.

En este modelo se plantea un radio de traslación para las tres ruedas de 30 cm y llantas de 200mm de diámetro. También se propone que esta pieza sea diseñada en placa de aluminio aunque se necesitaría realizar un análisis más profundo para decidir el material de esta, que incluso, podría ser de nylon resistente.

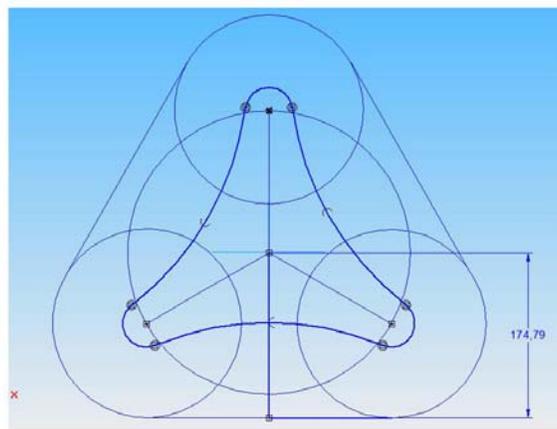


Figura 4.36

Esta placa tendrá un eje soldado el cual irá ensamblado a un conector (Figura 4.38). Dicho conector tendrá un balero en la unión de estos elementos para permitir el libre rodamiento de la placa y las llantas puedan cambiar de posición al subir un escalón (Figura 4.37). El entable de estos se muestra en la figura 4.39.

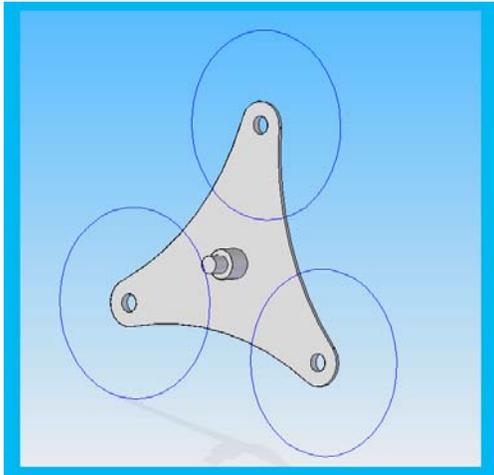


Figura 4.37

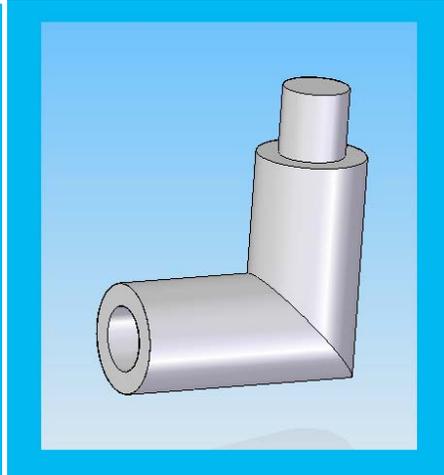


Figura 4.38

Este conector irá ensamblado directamente a la estructura tubular por medio de otro balero. Este segundo balero le dará rotación a todo el arreglo empotrado en los tubos de la estructura para poder girar las llantas y dar dirección a la silla de rueda. Los topes físicos para este movimiento los dará directamente la estructura tubular de la silla (Figura 4.40).

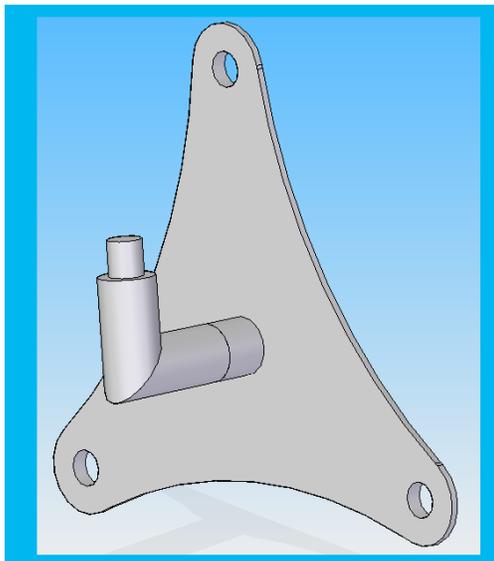


Figura 4.39



Figura 4.40

Sobre esta placa se montarán las llantas delanteras (Figura 4.41). En la figura 4.42 se muestra la silla de ruedas con el arreglo de tres ruedas ensamblado.

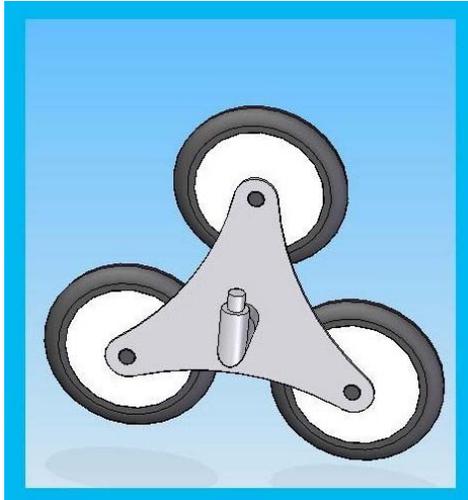


Figura 4.41



Figura 4.42

Para guardarse se propone girar las llantas hacia adentro de la silla lo más que se pueda empotrando estas en la parte interna de la estructura tubular y estas estorben lo menos posible.

4.5.2.2. Llantas traseras

Para la llanta trasera se deben de considerar el tipo de llanta así como el tamaño del diámetro de esta. La rueda trasera más habitual es la de 600 mm de diámetro. (24"). Se utilizan ruedas más pequeñas de 22" (550mm) o 20" (500mm) en sillas de niño, para personas con limitación del movimiento en los hombros o para hemipléjicos, para que puedan llegar al suelo y propulsarse con el pie. La rueda más pequeña permite aplicar menor esfuerzo para propulsarla, pero también requiere mayor número de impulsos. Las ruedas de 650 mm (26") se utilizan para personas muy altas y para deportes.

Tipos de Cubiertas

- ☉ **Macizas:** ofrecen menor resistencia al rodar, y no requieren mantenimiento, pero son más pesadas y de conducción más dura al no amortiguar los accidentes del terreno. Presentan peor agarre en superficies mojadas.
- ☉ **Inserto sólido:** Son un intermedio entre las macizas y las neumáticas. No requieren mantenimiento, presentan mejor agarre que las macizas en superficies mojadas, aunque no amortiguan tanto como las neumáticas y pesan algo más que estas.
- ☉ **Neumáticas:** Son de conducción más cómoda porque amortiguan los accidentes del terreno y presentan un buen agarre en la mayoría de las superficies. Son las más ligeras. Como inconveniente tienen que requieren algo más de fuerza para propulsarlas al ser más blandas y requieren mantenimiento (se pueden pinchar y se debe vigilar la presión de aire para mantener su rendimiento).²⁶

Neumáticos de alto rendimiento:

- 📌 **Tubulares:** Muy ligeros, y con mínima resistencia a la rodadura. Inconvenientes: Poca resistencia a pinchazos y elevado mantenimiento. Se utilizan para sillas de deporte en pista como el baloncesto.

- **Alta presión:** Se utilizan en deportes y en sillas de aluminio. Son neumáticos muy ligeros, de alto rendimiento, que al llevar cámara permiten que su reparación sea más económica (sólo se cambia la cámara).

- **Macizos blandos:** Con un peso similar a los neumáticos, presentan menor resistencia a la rodadura que estos. Tienen mayor durabilidad que el inserto sólido y además son más baratos. ²⁷

Modelo	Característica	Imagen
Modelo 1	Este modelo cuenta con rayos de plástico, llantas neumáticas y poseen la característica de ser ligeros. Son de bajo costo	
Modelo 2	Este modelo cuenta con rayos de aluminio, esto las vuelve más ligera que la de plástico, y absorbe mejor las rugosidades del terreno. Los radios cruzados ofrecen un entramado más fuerte. Este modelo es más caro que el anterior.	

Tabla 4.12

El primer modelo es elegido por ser de bajo costo y ligero. Se espera implementar este tipo de llantas de tal manera que sean desmontables. Dicho dispositivo es común encontrarlo en el mercado.

El siguiente paso será modelar estas llantas (Figura 4.43) y presentarlas en un ensamble final. (Figura 4.44).



Figura 4.43



Figura 4.44

4.5.2.3. Frenos

Los frenos se basan en el principio de la palanca o en el de la palanca acodada. Conviene asegurarse de que la silla elegida dispone del tipo de freno que uno puede manejar más fácilmente. Puede comprarse o hacerse un extensor, que alargue la palanca del freno y poder agarrarla con mayor facilidad. Debe ser desmontable, para que no estorbe al bajarse por los lados.

Tipos de frenos

- Los frenos más comunes son los frenos con zapata. Son de montaje alto (se anclan al tubo que queda por debajo del asiento), y pueden ser de dos tipos, según se activen empujando hacia delante o tirando hacia atrás.
- Para sillas muy ligeras o deportivas se suelen utilizar frenos de tijera. Este tipo de frenos pueden ser de montaje alto o montaje bajo (según se anclen en el tubo superior o inferior del armazón. Estos frenos quedan recogidos por debajo del asiento cuando no se utilizan, por lo que están más protegidos de impactos y no molestan en las transferencias.
- Freno de una mano: Para personas hemipléjicas que solo se propulsan con una mano, existe un tipo de freno que permite frenar las dos ruedas con una sola mano.

- ✿ Frenos con alargador: El alargador de frenos es un accesorio que se utiliza para facilitar el acceso al freno de usuarios con poca movilidad en los brazos o las manos, y así facilitarles el frenado
- ✿ Frenos de tambor: Son frenos que no son activados por el usuario sino por el acompañante. Para ello debe presionar las manetas (tipo frenos de bicicleta) situadas bajo las empuñaduras de la silla. Este tipo de freno es el único que sirve además de para el bloqueo de las ruedas cuando la silla está parada, para reducir la velocidad de la silla, cuando esté en marcha. ²⁸

En la siguiente tabla se muestran los distintos tipos de frenos antes mencionados y sus características más importantes.

Modelo	Características	Imagen
Modelo 1	Frenos de zapata: Son los mas sencillos y comunes con los que cuentan las sillas estándar. Son activados por el usuario	
Modelo 2	Frenos de tijera: posee las mismas características que los de zapata. Son activados por el usuario.	
Modelo 3	Frenos con alargador: Son adaptados para que el usuario los utilice por si mismo.	
Modelo 4	Frenos de tambor: Son activados por una persona externa.	

Tabla 4.13

Debido a que el usuario será auxiliado en todo momento por una persona externa se propondrá el modelo 4. Como sugerencia también se puede implementar un freno adicional de zapata para mantener la silla fija por un largo periodo de tiempo.

Pieza	Costo c/u	Costo total
Llanta de 20cm de diámetro	\$78	\$468
Rin de plastico R-20in	\$200	\$400
Llantas R-20 in	\$150	\$300
Pieza para arreglo de 3 ruedas	\$ 400	\$400
Frenos		\$250
Total		\$1818

Tabla 4.14

Características más importantes de la propuesta de diseño

Con la propuesta de diseño se presenta una configuración de sistemas y un bosquejo hecho en CAD que los representa. Los sistemas que contiene nuestra silla son los siguientes:

- ✿ Estructura
- ✿ Asiento
- ✿ Suspensión
- ✿ Llantas y frenos

En el sistema de estructura se propuso una geometría dividida en dos partes: respaldo y base inferior. Se seleccionó un tubo de Al 6063 T-6 de 1 ¼ in de diámetro y espesor de 3.56mm. Como se propuso una geometría nueva, se realizó el análisis de esfuerzos de dicha estructura. Los reposapiés van pegados a la estructura y los reposabrazos pueden desmontarse.

Para el asiento se dividió en 2 secciones: base y acolchonamiento. La base se encuentra pegada a la estructura y el acolchonamiento es desmontable. La base se propone de polipropileno por su bajo costo. Se sugiere que el asiento sea seleccionado por el propio usuario, así como el material del acojinamiento. El acolchonamiento se colocará con Velcro para facilitar el desmontaje y montaje de este en la silla.

La suspensión consta de dos partes: la base y el amortiguador. El amortiguador es de uso comercial y utilizado en bicicletas por lo que no se realizó ningún análisis. La base del amortiguador es una propuesta nueva por lo que se realizó el análisis de esfuerzos pertinente.

Para las llantas delanteras se propuso una configuración triangular con tres llantas de diámetro 200mm con el fin de que poder subir escalones más fácil mente. Para esto también se propone un sistema de sujeción con movimientos rotatorios. Debido a la complejidad de este y al propósito de esta tesis no se realizó un análisis más detallado.

Se sugieren llantas traseras de plástico rodada 20 in con sistema de desmontaje y montaje que se vende comercialmente y dos tipos de frenos: unos de bicicleta y unos de zapata. Estos últimos son para un factor extra de seguridad.

El resumen, el costo total aproximado de nuestra silla se calcula en la siguiente tabla:

Sistema	Costo total del sistema
Estructura	\$2,408
Asiento	\$2,200
Amortiguador	\$5,384
Llantas y rines	\$1818
Costo total de la silla	\$11,810

Tabla 4.15

Se debe considerar que el precio de la silla es de prototipo, por lo que al realizar su fabricación en serie, se espera que el precio se reduzca notablemente.

5. CONCLUSIONES

El objetivo principal de esta tesis fue el diseño de una silla de ruedas para ancianos que fuese adecuada para el traslado en exteriores dentro de la Ciudad de México.

Para ello se realizó un estudio de mercado con el cual se conoció la tecnología actual de las sillas de rueda. Esta se encuentra muy avanzada, pero desgraciadamente no es muy accesible para las personas de nuestro país. Además de que es muy caro adquirir una silla de este tipo (arriba de los \$30000).

Las sillas que comúnmente venden en las tiendas y adquieren las personas en esta Ciudad son económicas pero muy poco ergonómicas y pesadas, además de que son muy grandes para nuestros ancianos porque son diseñadas para personas de otros países, esto obliga a los ancianos a implementar artículos como almohadas y cojines con el fin de dar mayor comodidad, aunque esto no siempre cumple con su objetivo. Al salir a exteriores y no contar con un sistema de seguridad se pone en riesgo su integridad física.

Las sillas de ruedas eléctricas son aparentemente una buena opción para transportar a los ancianos, el problema radica en que al no existir una gran cantidad de accesos para sillas de rueda, en muchas ocasiones se tiene que cargar la silla y estas generalmente son muy pesadas. Otra desventaja es que en esta ciudad existe mucha delincuencia por lo que representaría un riesgo, aun mayor, el transitar con una silla eléctrica o un Scooter de alto costo.

Para poder generar una opción que cubriera esta necesidad primero se tuvo que conocer al usuario, sus limitaciones y características, para después especificar los requerimientos de nuestra silla.

Al tener contacto directo con ellos me di cuenta de sus necesidades. Muchos de ellos pasan largas horas en su silla y aunque, algunos aún tienen mayor movilidad que otros, con el paso del tiempo las van perdiendo, por lo que era muy subjetivo el considerarlas como generales. Ellos necesitaban comodidad y seguridad pero se tenían que considerar también los requisitos exhortados por las personas que los cuidan, como son: la ligereza de la silla, la necesidad de facilitar el ascenso y descenso de escalones y los bajos costos de la misma.

Al conocer la opinión de los encuestados se percibió la falta de conciencia que tienen hacia los ancianos, ya que muchos de ellos eran sus familiares directos y no mostraron mucho interés en los desagradados y contrariedades que el anciano exhibía por su silla de ruedas actual.

La falta de conciencia de la sociedad en general también se apreció cuando se realizó el recorrido por las calles y se examinaron los sistemas públicos. Se encontraron pocos accesos para silla de ruedas y en algunos casos era imposible acceder al transporte público con una de ellas.

Al conocer la tasa poblacional del país se identificó un gran potencial de mercado debido a que nuestra sociedad se encuentra envejeciendo y la población de adultos mayores va en ascenso. El país tiene que estar preparado para enfrentar este nuevo cambio por lo que los ingenieros debemos comenzar a enfocarnos en el diseño de elementos, herramientas y accesorios dirigidos a este sector de la población.

Con todo este análisis, se lograron obtener los distintos requerimientos necesarios para nuestra silla de ruedas. Por lo que el siguiente paso fue la aplicación de la teoría de inventiva TRIZ con el fin de obtener la configuración en un diseño conceptual de nuestra silla de ruedas.

La teoría de inventiva TRIZ es una herramienta muy poderosa utilizada para la generación de ideas que solucionen algún problema con determinadas características. TRIZ te ayuda a que en poco tiempo llegues a una solución innovadora que cumpla con tus requerimientos y no depender solo de la creatividad del ingeniero.

Muchas de estas soluciones pudieran parecer obvias, pero algunos paradigmas que tienen los ingenieros, evita que las identifiquen fácil y rápidamente. Muchas personas han llegado antes a estas soluciones, porque el método TRIZ surge del análisis de millones de patentes, pero han tardado más tiempo en resolver las contradicciones. La idea general de TRIZ es conjuntar todas estas soluciones en una matriz de contradicciones para poder resolver más de un problema a la vez.

Para resolver un problema se tiene que tener claro “que es” y “porque lo quiero resolver”. TRIZ te ayuda a explorar todos los límites de tu problema interna y externamente con el fin de utilizar todos los recursos que te sean posibles y definir las cosas que te limitan a resolverlo.

Una vez definido el problema comienzas a confrontar las características más importantes de tu diseño con el fin de que todas ellas coexistan en armonía y puedas implementar estas virtudes sin crear conflictos internos.

Los resultados de algunas contradicciones me llevaron a soluciones ya existentes, e incluso a la misma solución en distintos casos en que se aplicó la matriz de contradicciones, facilitando así la implementación de los resultados obtenidos por TRIZ.

La configuración de la silla fue establecida con los resultados arrojados por la matriz de contradicciones y fueron presentados como un bosquejo en CAD.

La intención de modelar los sistemas fue la de representar visualmente la configuración de la silla de ruedas. Se seleccionó el material de un catálogo de Al y se realizó el análisis de esfuerzos de la estructura para saber si la geometría que se estaba proponiendo era óptima y el modelo a su vez fuese coherente. Los resultados obtenidos nos muestran que este diseño es óptimo pudiendo soportar el doble del peso deseado. Algo similar sucedió con para la base del amortiguador. Pero los resultados de este revelaron que la pieza producía demasiados esfuerzos en la sección de unión con las llantas y se implementaron refuerzos.

Para que la silla fuese ergonómica se sugirió la personalización del asiento, estandarizando el resto de la silla. Esto ayudará a que las personas elijan su propia comodidad y dimensiones en el asiento, esperando que el asiento se pueda colocar en la estructura estandarizada.

Para las dimensiones finales se sugiere realizar tablas antropométricas de los adultos mayores del Distrito Federal y en base a esos datos obtener medidas mas estandarizadas. Por causas ajenas a esta tesis este estudio no se pudo realizar y solo se utilizó un modelo para nuestras dimensiones.

La propuesta en general cumple con los objetivos planteados debido a que resuelve el conflicto de la mala ergonomía, aumenta la seguridad del usuario, disminuye las vibraciones generadas por el mal estado del pavimento y facilita el ascenso de escalones.

En cuanto al precio del prototipo fue de \$11,810 siendo el sistema más caro el de la suspensión debido al costo del amortiguador. Una silla comercial deportiva con un amortiguador de este tipo se encuentra a la venta en un costo aproximado de \$9,200.

Se sabe que el precio de los productos se reduce notoriamente al producirlo en serie y se espera que el costo de nuestra silla disminuya y pueda ser incluso más barato que la silla deportiva antes mencionada.

En cuanto a el precio a público, las personas encuestadas que mostraron un mayor interés y preocupación por la seguridad y comodidad de su familiar, afirmaron que gastarían entre \$3000 y \$5000 por una nueva silla de ruedas que cumpliera con las necesidades de los ancianos por lo que podremos pensar que al realizar el calculo del precio de producción en serie llegaríamos incluso a encontrarnos dentro o muy cerca del precio deseado.

Para reducir el costo de la silla se necesita realizar un estudio más profundo de cada uno de los sistemas con el fin de sustituir algún material o simplificar aun más alguno de su componente pero sin alejarnos de la idea principal.

La experiencia de diseñar un producto para resolver un problema real es muy gratificante ya que en el proceso del desarrollo de esta solución, se ven reflejados, la aplicación de los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas y otros extracurriculares, poniéndolos a prueba.

El ver todos estos conocimientos concluidos en un modelo desarrollado por uno mismo da una autoevaluación del desempeño y las habilidades que se fueron implementando durante el transcurso de la carrera.

Como trabajo a futuro se sugiere retomar los resultados obtenidos del diseño conceptual y desarrollar más a fondo cada uno de sus elementos para concluir con todas las etapas del diseño y obtener un prototipo totalmente desarrollado.

Se alude a la utilización nuevamente de TRIZ en cada uno de los sistemas para mejorar su diseño y optimizarlos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros

- ▶ David A. Aaker, V. Kumar, Goerge S. Day, “Investigación de mercados” Ed. Limusa, Cuarta edición, México 2007
- ▶ Francisco Aguayo González, Víctor M. Soltero Sánchez, “Metodología del diseño industrial. Un enfoque desde la ingeniería concurrente” Ed. Alfaomega, México 2003 (16)
- ▶ Jorge Alcaide Marzal, José A. Diego Más. Miguel A. Artacho Ramírez, “Diseño de producto. Métodos y Técnicas.” Ed. Alfaomega, México 2004
- ▶ Julius Panero, Martín Zelnik, “Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares Antropométricos” (5,7)
- ▶ Margarito Coronado Maldonado, Rafael Oropeza Monterrubio, Enrique Rico Arzate, “TRIZ La metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática.” Ed. Panorama, Primera edición, México 2005 (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17)
- ▶ Michael F. Ashby, “Materials Seleccction in Mechanical Desing” Third Edition, Ed Sevier, Italy 2005
- ▶ Robert L. Mott, “Resistencia de materiales aplicada” Tercera Edición, Ed Peason, México 1996 (19,21)
- ▶ William D. Callister Jr. “Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales”, Ed, Reverté S.A., Barcelona 2004 (20)

Páginas de Internet

- ▶ www.alquiladoramedical.net
- ▶ www.hergom_medical.com
- ▶ www.rehamedica.com
- ▶ www.sedimed.com
- ▶ www.levousa.com
- ▶ www.ortosoluciones.com
- ▶ www.saludalia.com
- ▶ www.chairdex.com Historia y clasificación (1,2)
- ▶ www.inapam.gob.mx
- ▶ www.triz40.com
- ▶ www.msd.es
- ▶ www.fourpowuefour.com
- ▶ www.ortoweb.com Tipos de componentes de una silla de rueda (26,27 y 28)
- ▶ www.sillasderuedas.es
- ▶ www.sillasderuedas.com.mx
- ▶ www.newdisability.com/ Posturas y cojines (6,23,24 y 25)
- ▶ www.aktiva-mx.com
- ▶ www.lumetalplastic.com/dural Propiedades del Al₍₂₂₎
- ▶ <http://sillas-de-ruedas.com>
- ▶ www.gestiopolis.com/

- ▶ www.msd.es/publicaciones/
- ▶ www.metalesdiaz.com.mx

Artículos

- ▶ Proyecto: Estudio ergonómico y de seguridad sobre las vías de acceso para personas con discapacidad y de la tercera edad en las instalaciones del edificio Anexo de Ingeniería, Autoras: GARCÍA DEL VALLE MORENO CORAL y RAMÍREZ ROMERO CLAUDIA YAZMÍN, 11/06/2008, Facultad de Ingeniería, UNAM. Revisado en mayo 2009
- ▶ Ley para personas con Discapacidad del Distrito Federal .Legislación a nivel estatal. Distrito Federal. Revisado en mayo 2009 ⁽³⁾
- ▶ Oficina de representación para la promoción e integración social para personas con discapacidad. Manual de recomendaciones de accesibilidad. Revisado en mayo de 2009 ⁽⁴⁾
- ▶ Criterios de correcto posicionamiento en sedestación, Dr. Angel Gil Agudo Facultativo especialista de Área. Servicio de Rehabilitación Hospital La Mancha Centro. Alcázar de San Juan. Ciudad Real. Publicado Enero 2001⁽⁶⁾
- ▶ Medicina Geriátrica y Gerontología .CAPITULO 3. El envejecimiento. Copyright ©2005 Merck Sharp & Dohme de España, S.A. Madrid, España. Consultado febrero 2009 ⁽⁹⁾

Catálogos

- ▶ Catalogo de productos, Comercializadora universal SA de CV. Catalogo de productos 2006
- ▶ Metales Días SA de CV, Catálogo de Al, Latón, Bronce, etc. 2008