

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO CONCURRENTENTE DE SILLAS
DE RUEDAS PARA MINUSVÁLIDOS**

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs: Moreno M., Gustavo A.
Pérez V., Milagros V.
Para optar al título
De Ingeniero Mecánico

CARACAS, 2004

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO CONCURRENTENTE DE SILLAS
DE RUEDAS PARA MINUSVÁLIDOS**

TUTOR ACADÉMICO: Ing. Víctor Othman Falcón

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs: Moreno M., Gustavo A.
Pérez V., Milagros V.
Para optar al título
De Ingeniero Mecánico

CARACAS, 2004

Caracas, Abril de 2004

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres Milagros Pérez Villegas y Gustavo Moreno Meneses, titulado:

**“DISEÑO CONCURRENTE DE SILLAS
DE RUEDAS PARA MINUSVÁLIDOS”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios que conduce al Título de Ingeniero Mecánico.

Prof. José La Riva
Jurado

Prof. Víctor Othman Falcon
Tutor Académico

Prof. Fausto Carpentiero
Jurado



**Moreno M., Gustavo A.
Pérez V., Milagros V.**

DISEÑO CONCURRENTENTE DE SILLAS DE RUEDAS

**Tutor Académico: Ing. Víctor Othman Falcón
Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica. Año 2004, 181 pág.**

Palabras Claves: Ingeniería Concurrentente, Silla de Ruedas, Producción.

Resumen: La evolución en los sistemas de producción en los últimos años, con la incorporación de sistemas cada vez más automáticos y complejos, así como la progresiva introducción de los sistemas asistidos por computadoras, han cambiado drásticamente la forma de trabajar de las empresas. Todo esto produce como consecuencia un cambio en el escenario socioeconómico, que ha obligado a realizar relevantes cambios en la filosofía de producción y en los métodos y sistemas utilizados. Esto trae como consecuencia el nacimiento de una nueva tendencia de trabajo: la Ingeniería Concurrentente.

El diseño concurrentente de sillas de ruedas para personas con discapacidad aplicó todos los conocimientos de Ingeniería Mecánica para ofrecer una silla ergonómica y funcional que cumple con los patrones de calidad y resistencia, para una persona con promedio de 1,70m.de estatura y 80kg de peso, valores que se pueden parametrizar y adaptar a otras dimensiones, todo esto gracias a la utilización de valiosas herramientas de simulación computacional, específicamente los software Visual Nastran y Autodesk Inventor, los cuales demostraron que es un dispositivo confiable y que cumple con las normas nacionales para su producción (normas COVENIN) sin necesidad de construir un prototipo, estableciendo la filosofía de la Ingeniería Concurrentente durante todo el proceso, garantizando la resistencia a fallas por fatiga o por posibles impactos del uso cotidiano, logrando la satisfacción de esta necesidad que se presenta actualmente en nuestro país. De esta manera ofrecemos un diseño versátil e innovador capaz de cubrir las diferentes exigencias de los posibles usuarios. El empleo de tubos aplanados para la fabricación del marco, nos permitió seleccionar un perfil de menor tamaño, por ende más liviano, lo cual facilitó algunas de las principales operaciones para la manufactura.

Si se piensa en instalar la planta para la producción en nuestro país, vale la pena destacar que la tasa interna de retorno arrojó un valor bastante aceptable, lo cual indica que hay una razonable y competitiva ganancia, debido a que ofrece un porcentaje superior al de las tasas pasivas ofrecidas para este momento por las entidades bancarias nacionales.

Índice

Introducción	1
Capítulo I: <i>Introducción</i>	2
1.1. Motivación	2
1.2. Objetivos	2
1.3. Limitaciones	3
1.4. Alcances	3
1.5. Definición del problema	3
1.5.1. Tipos de patologías discapacitantes	4
1.5.1.1. Discapacidades que se presentan al nacimiento	5
1.5.1.2. Discapacidades causadas por accidentes	6
1.5.1.3. Discapacidades causadas por edad avanzada	7
1.5.2. Composición básica de lo que es una silla de ruedas estándar	8
1.5.2.1. Consideraciones Biomecánicas	8
1.5.3. Medidas necesarias para la selección correcta de la silla de ruedas	17
1.5.4. Selección de los componentes básicos de una silla de ruedas estándar	21
Capítulo II: <i>Fundamentos Teóricos</i>	27
2.1. Ingeniería Concurrente	27
2.1.1. Antecedentes	27
2.1.2. Definiciones de Ingeniería Concurrente	27
2.1.2.1. Objetivos de la Ingeniería Concurrente	28
2.2. Fundamentos teóricos de los Procesos de Manufactura	29
2.2.1. Manufactura	29
2.2.2. Cantidad de producción y variedad de productos	29
2.2.3. El Proceso de Manufactura	30
2.2.3.1. Procesos de Conformado	30
2.2.3.2. Procesos para unión y ensamble de materiales	34
2.2.3.3. Procesos de Acabado	37
2.2.3.4. Procesos diversos	39
2.2.4. Instalaciones para la producción	39
2.2.5. La producción en el proceso de diseño	40
2.3. Fundamentos teóricos económicos	41
2.3.1. Análisis Económico de Decisiones	41
2.3.2. Asignación de Costos	42
2.3.3. Punto de Equilibrio	42
2.3.4. Valor presente	42
2.4. Fundamentos del Diseño	43
2.4.1. Dinámica	43
2.4.2. Cinemática	43
2.4.3. Esfuerzos uniformes distribuidos	43
2.4.4. Limite de fluencia	44
2.5. Fundamentos Teóricos de Simulación	45
2.5.1. Modelado del Sólido	45

2.5.2. Parametrización	45
2.5.3. Simulación Dinámica	45
2.5.4. Fotorealismo y animación	45
2.6. Ergonomía y antropometría	46
2.6.1. Biomecánica	46
2.6.2. Postura del cuerpo	46
2.6.2.1. Los músculos y el manejo de las cargas	46
2.6.3. Antropometría	47
Capítulo III: Metodología	49
3.1. Consideraciones generales	49
3.1.1. Fases de la Metodología aplicada para obtener el diseño final	49
3.2. Tipo de Investigación	50
3.3. El diseño de Investigación	49
3.4. Universo de Estudio	50
3.4.1. Variables: Discretas y Continuas	51
3.5. Instrumentos de Recolección de Información	51
3.5.1. Descripción de los Instrumentos y Técnicas de Recolección de Datos	52
3.6. La medición	57
3.6.1. Niveles de medición de las variables	58
3.7. Resultados de la Recolección de Información	59
3.7.1. Resultados de la encuesta	59
3.7.2. Características que debe poseer una silla de ruedas estándar	61
3.7.3. Comparación entre los modelos existentes en el mercado	62
3.8. Manufactura	64
Capítulo IV: El Diseño	68
4.1. Introducción	68
4.1.1. Restricciones del Dispositivo	68
4.2. Identificación de las necesidades	68
4.3. Definición del problema	68
4.4. Recolección de Información	69
4.5. Tormenta de Ideas	69
4.5.1. Definición de Tormenta de ideas	69
4.5.2. Alternativas para la selección del marco	70
4.5.3. Análisis Morfológico	71
4.5.3.1. Parámetros de Selección para las opciones (Criterios)	71
4.5.3.2. Escala de Evaluación	72
4.5.3.3. Matriz Morfológica	72
4.5.3.4. Selección del diseño	73
4.5.3.5. Selección del Material	74
4.5.3.6. Parámetros para la selección del Material (Criterios)	78
4.5.3.7. Escala de Evaluación del Material	78
4.5.3.8. Matriz Morfológica para el Material	78
4.6. Estudio de los Esfuerzos aplicados al diseño	80
4.6.1. Cálculo de los Esfuerzos Máximos Presentes	82

4.6.1.1. Teorías de falla de materiales dúctiles bajo cargas estáticas	82
4.6.1.2. Energía total de distorsión	83
4.6.1.3. Esfuerzos efectivos de Von Misses	83
4.6.1.4. Esfuerzos Principales	84
4.6.1.5. Cálculo de las Solicitaciones en cada una de las piezas del dispositivo	85
4.6.1.6. Selección de la Sección Transversal	93
4.6.2. Factores que Limitan la Resistencia a la Fatiga	103
4.7. Modelado del Sólido: Análisis FEA	107
4.7.1. Resultado de los análisis realizados al cuadro de la silla de ruedas	108
4.7.2. Resultado de los análisis realizados a la pieza de soporte de las ruedas traseras	110
4.7.3. Resultado de los análisis realizados a la pieza de apoyo del tubo del asiento	111
4.8. Cálculo de los tornillos	111
4.9. Cálculo de la soldadura	112
4.9.1. Cálculo de los cordones a tope de los cuadros laterales de la silla	112
4.9.2. Cálculo de las soldaduras aplicadas en el soporte de las ruedas traseras	115
4.9.3. Cálculo de los cordones en las ménsulas del cuadro de la silla	116
4.10. Tolerancias	117
4.11. Especificación final del diseño	118
Capítulo V: Proceso de Manufactura	122
5.1. Diseño y Manufactura	122
5.2. Volumen de Producción	122
5.3. Parámetros para la Selección de producción propia vs outsourcing	124
5.4. La Materia Prima	129
5.4.1. Selección del Recubrimiento	129
5.4.2. Materiales para la Tapicería	131
5.4.3. Materiales elegidos para los Componentes	132
5.5. Proceso de Producción	134
5.6. Instalaciones para la Producción	144
5.7. Adquisición de equipos y maquinarias	145
5.7.1. Precios de Maquinarias	147
5.8. Equipo Técnico	147
Capítulo VI: Estudio Económico	149
6.1. Objeto Social de la Empresa	149
6.2. Estudio de Mercado	149
6.2.1. Tamaño del Mercado	149
6.2.2. Oferta	150
6.2.3. Demanda	152
6.2.4. Volumen de venta de los oferentes	153
6.2.5. Porcentaje de penetración en el mercado	154
6.3. Características del Producto	154
6.4. Demanda del producto	156
6.5. Comercialización del Producto	156

6.5.1. Instituciones benéficas, organismos públicos y gubernamentales, así como clínicas y hospitales que presten servicio social a los discapacitados	157
6.5.2. Sistema propuesto para distribuidores	157
6.5.3. Venta directa al detal para los consumidores	157
6.5.4. Sistemas de Pago	157
6.6. Volumen de Producción	158
6.7. Aspectos Administrativos y organizacionales	158
6.7.1. Organización de la empresa	158
6.7.2. Flujograma del Proceso	162
6.8. Plan de Inversiones	163
6.8.1. Maquinarias	164
6.8.2. Equipo de Oficina	164
6.8.3. Ocupación	164
6.8.4. Depreciación	165
6.8.5. Gastos de Operación	166
6.9. Cronograma de Instalación y Puesta en Marcha	166
6.9.1. Estrategia de Crecimiento	166
6.9.2. Plan de Desarrollo	167
6.10. Punto de Equilibrio de las ventas	168
Conclusiones	175
Recomendaciones	176
Glosario	177
Bibliografía	179
Anexos	182

Índice de Ejemplos, Figuras, Gráficos y Tablas**Capítulo I: Introducción**

Figura 1.1. Recorrido eficaz en el movimiento	10
Figura 1.2. Propulsión menos eficiente	11
Figura 1.3. Posición de las ruedas traseras	11
Figura 1.4. Rueda colocada más alta	11
Figura 1.5. Eje colocado más bajo	11
Figura 1.6. Eje de la rueda trasera adelantado	12
Figura 1.7. Eje de la rueda trasera atrasado	12
Figura 1.8. Ángulo de las ruedas traseras	13
Figura 1.9. Tamaño incorrecto del asiento	13
Figura 1.10. Asiento demasiado corto	14
Figura 1.11. Asiento demasiado largo	14
Figura 1.12. Longitud óptima del asiento	14
Figura 1.13. Tapicería del asiento hundida	15
Figura 1.14. Estabilidad de la pelvis	15
Figura 1.15. Posapies muy bajo	15
Figura 1.16. Posapies muy alto	15
Figura 1.17. Forma del Respaldo y Ángulo	16
Figura 1.18. Forma del Respaldo y Ángulo	16
Figura 1.19. Forma del Respaldo y Ángulo	16
Figura 1.20. Posabrazos	16
Figura 1.21. Anchura Pélvica	17
Figura 1.22. Posición pélvica y estabilidad	18
Figura 1.23. Longitud del muslo	18
Figura 1.24. Asiento demasiado corto	19
Figura 1.25. Asiento demasiado largo	19
Figura 1.26. Posapies largo	19
Figura 1.27. Longitud de la pantorrilla	19
Figura 1.28. Posapies corto	20
Figura 1.29. Altura inferior de la escápula	20
Figura 1.30. Armazón rígida	21
Figura 1.31. Ruedas delanteras	22
Figura 1.32. Ruedas delanteras	22
Figura 1.33. Ruedas delanteras	22
Figura 1.34. Cauchos	23
Figura 1.35. Rines de Paleta	23
Figura 1.36. Rines de Radios	24
Figura 1.37. Frenos con zapata (izquierda) y tijera (derecha)	24
Figura 1.38. Freno de una mano (izquierda) y Frenos de tambor (derecha)	25
Figura 1.39. Posabrazos	25

Capítulo II: Fundamentos Teóricos

Figura 2.1. Métodos de doblado	32
Figura 2.2. El Proceso de Diseño en Ingeniería	41
Figura 2.3. Diagrama Esfuerzo – Deformación unitario convencional y real para un material dúctil	44

Capítulo III: Metodología

Ejemplo 3.1. Modelo de la encuesta realizada	55
Gráfica 3.1. Estadística de los discapacitados, clasificados por tipo de lesión que presentan	65
Tabla 3.1. Resultados de las encuestas realizadas	60
Tabla 3.2. Comparación de los modelos comerciales de sillas de ruedas	63

Capítulo IV: El Diseño

Figura 4.1. Comparación entre las Teorías de Falla	82
Figura 4.2. Diagrama de Fuerza Cortante	88
Figura 4.3. Diagrama de Momento Flector	88
Figura 4.4. Diagrama de Fuerzas Cortantes (software)	92
Figura 4.5. Diagrama de Momento Flector (software)	92
Figura 4.6. Diagrama de Fuerza de Corte para la barra	102
Figura 4.7. Diagrama de Momento Flector	102
Tabla 4.1. Ideas Propuestas	70
Tabla 4.2. Clasificación de las Aleaciones de Aluminio	75
Tabla 4.3. Designación del grado de endurecimiento para aleaciones de aluminio	76
Tabla 4.4. Propiedades de las alternativas del material	78

Capítulo V: Proceso de Manufactura

Figura 5.1. Rin de Rayos	125
Figura 5.2. Manzana de la Rueda Trasera	126
Figura 5.3. Rueda Delantera	126
Figura 5.4. Rueda y Horquilla	127
Figura 5.5. Ensamble del Marco	135
Figura 5.6. Freno	136
Figura 5.7. Base de las ruedas traseras	137
Figura 5.8. Base del tubo del asiento	138
Figura 5.9. Posapies ensamblado	139
Figura 5.10. Ensamble de la rueda trasera	139

Figura 5.11. Vista del Ensamble completo	144
Figura 5.12. Vista del Plano de la Planta	145
Tabla 5.1. Piezas adquiridas por outsourcing	128
Tabla 5.2. Materiales para algunos componentes	133
Tabla 5.3. Costos de Materiales	134
Tabla 5.4. Resumen de Procesos	143
Tabla 5.5. Maquinarias y Funciones	146
Tabla 5.6. Maquinarias y Costos	147

Capítulo VI: Estudio Económico

Figura 6.1. Diseño Final	155
Gráfica 6.1. Población de Nuevos Discapacitados en Venezuela	150
Gráfica 6.2. Demanda Anual de Sillas de Ruedas	153
Gráfica 6.3. Punto de Equilibrio	169
Gráfica 6.4. Cantidad Total de Nuevos Discapacitados	170
Gráfica 6.5. Ventas Anuales	171
Tabla 6.1. Comparación entre los modelos ofertados en el mercado	151
Tabla 6.2. Plan de Desarrollo	167
Tabla 6.3. Amortización	172

INTRODUCCIÓN

Si para muchas personas, que afortunadamente poseen la totalidad de sus capacidades físicas e intelectuales, en ocasiones es problemático desenvolverse dentro de nuestro mundo urbano, para todos aquellos que por alguna razón presenten una discapacidad, de forma temporal o permanente, suele ser toda una odisea. Por ejemplo, abordar un vehículo, entrar en un ascensor cuyas puertas sean estrechas, subir una escalera, o cualquier otra actividad de la vida cotidiana puede resultar tediosa y difícil cuando la perspectiva del mundo se percibe desde una silla de ruedas. Una persona con discapacidad es un ser humano con todos sus derechos y deberes ante la sociedad, que tiene que ocupar el espacio de dignidad y goce de la vida a plenitud que le corresponde.

Actualmente en Venezuela no existen industrias que dediquen sus procesos productivos a la elaboración de sillas de ruedas, con calidad y materia prima nacional, lo cual implica que la demanda total actual de este producto se satisface mediante procesos de importación.

A lo largo de las últimas décadas las compañías manufactureras han estado sometidas a una serie de cambios y retos, algunos por la necesidad de ofrecer mejores productos - más complejos y con la aplicación de nuevas tecnologías - a mejores precios y en menos tiempo, manteniendo siempre presente que deben tener una excelente calidad para poder lograr ser líder en su segmento. Estos factores requieren de una nueva filosofía de trabajo: *la ingeniería concurrente*.

La Ingeniería Concurrente plantea la necesidad de crear un nuevo entorno de trabajo basado en tecnologías innovadoras, una extensiva cooperación interdisciplinaria y una integración de las áreas funcionales de la empresa. Esta filosofía tiene como referencia el concepto de ciclo de vida del producto y trata de establecer una fabricación optimizada desde el inicio hasta el fin, prestando mayor atención y dedicación a las primeras fases del proceso.

En el desarrollo de los seis capítulos que componen este TRABAJO ESPECIAL DE GRADO se pretende obtener un acercamiento a esta nueva filosofía de trabajo, mediante su implementación para la producción de una silla de ruedas ergonómica, que cumpla con las exigencias y especificaciones de uso común, así como se ajuste a las normas nacionales establecidas en nuestro país, con miras a demostrar la factibilidad y la rentabilidad económica que genera la creación de este proyecto.

CAPÍTULO I: Introducción

1.1. Motivación

De acuerdo a los datos¹ obtenidos en esta investigación, hoy en día el 10% de la población mundial, se encuentra inmovilizado de la parte inferior del cuerpo. En virtud de ello se han creado diversos tipos de sillas de ruedas que, a lo largo del tiempo, se han ido mejorando con el fin de brindarle a los discapacitados la independencia necesaria para poder trasladarse por su propia cuenta. De esta manera se contribuye a que este tipo de pacientes, a pesar de su incapacidad, puedan integrarse a la sociedad y al campo laboral.

Una silla de ruedas debe tener como objetivo permitir al usuario la máxima funcionalidad, comodidad y movilidad. Para cumplir con esto, la silla debe estar pensada para ajustarse a la persona, no es la persona la que debe amoldarse a su silla. Si se escoge una silla de ruedas no apropiada, puede resultar incomoda o por ejemplo tener un asiento en el que el usuario resbale hacia adelante o se incline hacia un lado. El resultado será que la energía del usuario se malgastará de manera innecesaria debido al esfuerzo continuo por modificar su postura. Una silla de ruedas inapropiada puede provocar una discapacidad adicional, tal como deformaciones en la columna, escaras y dolores musculares, entre otras.

El aumento de la esperanza de vida ha traído consigo una demanda creciente de avanzado instrumental médico, nuevos implantes y fármacos, así como la aparición y desarrollo de tecnologías de última generación. Todo ello ha dado lugar a nuevas exigencias de formación e investigación y sobre todo, a un nuevo perfil profesional que conjuga aspectos médicos con ingeniería dentro una disciplina reciente pero de enorme futuro como lo es la Ingeniería Biomédica o Bioingeniería.

La Biomecánica es una disciplina asociada a la Ingeniería Biomédica que plantea la aplicación de Ingeniería a la Biología intentando conocer la mecánica de los seres vivos.

En base a lo anterior, para la realización de este trabajo especial de grado, se utilizarán nuestros conocimientos de ingeniería en beneficio de las personas que utilizan sillas de ruedas, con el fin de brindarles independencia y mejorar su calidad de vida.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Diseñar concurrentemente una silla de rueda para minusválidos y diseñar el proceso productivo necesario para fabricarla.

¹ Fuente: *Fundación Pro Cura de la Parálisis*

1.2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Recopilar información técnica de sillas de ruedas para los diferentes tipos de discapacidades, existentes en el mercado.
- ✓ Determinar las posibles solicitudes a las que estará sometida la silla de ruedas durante su uso.
- ✓ Determinar las exigencias cinemáticas requeridas para asegurar la funcionalidad del dispositivo.
- ✓ Modelar el dispositivo mediante un sistema computacional en 3D.
- ✓ Seleccionar los materiales.
- ✓ Determinar el proceso productivo para fabricar en serie el modelo de silla desarrollada.
- ✓ Determinar la matriz de costos de producción de la silla.

1.3. Limitaciones

Entre las múltiples limitaciones que se pueden encontrar, tenemos:

- ✓ La disponibilidad de materiales y equipos que hay en el mercado, ya que esto reduce las posibilidades de producción que se pueden plantear.
- ✓ La falta de fuentes precisas de información en cuanto a la totalidad de la población con discapacidad.

1.4. Alcances

Sintetizando un poco, entre nuestros alcances encontraremos:

- ✓ Diseño de un modelo de silla de ruedas adaptado a las necesidades de los pacientes discapacitados y a las condiciones particulares de la oferta de materiales y procesos de fabricación disponibles en el país.
- ✓ Diseño de las partes de la silla de ruedas.
- ✓ Modelado del dispositivo en 3D.
- ✓ Validación de la silla de rueda con el dispositivo construido mediante simulación por análisis de elementos finitos FEA.
- ✓ Diseño del proceso de fabricación seriada del modelo final.
- ✓ Determinación de costos de fabricación.

1.5. Definición del problema

En Venezuela existe una considerable población de discapacitados, en gran parte a la cantidad de hechos violentos que ocurren en nuestro país; esta población se ve relegada del campo laboral al no poder tener acceso por motivos económicos a una silla de rueda

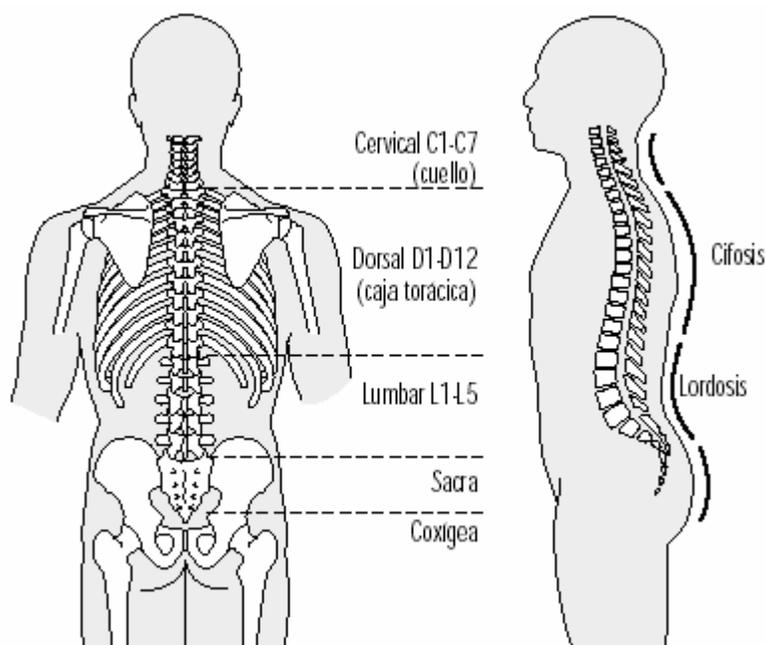
estándar. Es oportuno mencionar que el 80 %² de la población discapacitada del país pertenece a los estratos sociales más humildes.

En Venezuela, el 42%³ de la población con discapacidad motora se encuentra en edad productiva, los cuales desean llevar una vida bastante activa y para ello necesitan sillas de ruedas que se adapte a sus requerimientos.

Actualmente en el país no se producen ningún tipo de silla de ruedas, obligando a su importación, lo que acarrea precios muy elevados, aunque en el país existen todos los elementos necesarios como para abordar la fabricación.

Si esta población que sufre de esta discapacidad no es atendida oportunamente y adecuadamente, se producen desajustes psicosociales, problemas de desintegración familiar, desempleo, mendicidad y una pérdida económica para el país por la falta de productividad de las personas discapacitadas en edad productiva y la carga que ellos representan para sus familias y para el Estado.

1.5.1. Tipos de patologías discapacitantes



Existen una serie de patologías que causan grandes problemas en la columna vertebral ocasionando discapacidades. Estas lesiones pueden presentarse por diversos orígenes como lo son: malformaciones de la columna desde el nacimiento

² Fuente: Fundación Pro-Cura de la Parálisis

³ Fuente: Ministerio de Salud y Desarrollo Social

del individuo, accidentes automovilísticos, hechos violentos, caídas, y aquellas asociadas a edad avanzada, entre otros.

1.5.1.1. Discapacidades que se presentan al nacimiento

Las discapacidades que se presentan al nacer se deben a alteraciones genéticas, malformaciones congénitas, trastornos nutricionales, metabólicos y problemas peri-natales. Entre las más frecuentes tenemos:

- ✓ **Displasia Congénita de la Cadera:** Es un trastorno que se produce en el proceso embrionario en el cual hay disminución de la formación del hueso de la cadera. Esta condición si es detectada tempranamente y atendida en forma correcta, se cura sin dejar secuelas. Sin embargo, cuando esto no ocurre se produce una alteración permanente con claudicación, osteoartritis, limitación física y posteriormente desajuste psicológico.
- ✓ **Defectos del tubo neural:** Es otra de las condiciones que causan discapacidad severa en la infancia, con parálisis de las extremidades, incontinencia de esfínteres e hidrocefalia.
- ✓ **Distrofia muscular progresiva:** Se trata de un padecimiento de origen genético que afecta el desarrollo muscular, en el cual se requiere un diagnóstico de precisión y asesoramiento genético correspondiente.
- ✓ **La espina bífida:** Es un defecto congénito causante de discapacidad, debido a una anomalía en la formación del arco esquelético que envuelve la médula espinal. Se observa con mayor frecuencia en la región lumbar, pero puede presentarse en cualquier punto a lo largo de la columna vertebral y hasta el cráneo. Esta enfermedad afecta aproximadamente a uno de cada 1,000 niños que nacen.

Hay varios grados de esta anormalidad. En el más leve no hay más que el defecto óseo. Otras veces un parche de pelo o nevus sobre el defecto espinal hace sospechar la presencia de espina bífida. Le sigue en gravedad el meningocele, en cuyo caso se hernian las meninges espinales y el saco contiene líquido cefalorraquídeo. Si el saco contiene tejido nervioso, así como líquido, la lesión se denomina mielomeningocele. Pérdidas de la función motora y de la sensibilidad acompañan con frecuencia a este tipo de deformidad; una operación precoz acaso disminuya el peligro de empeoramiento, ya que se elimina el riesgo de infección. El tipo más grave no es compatible con la vida, pues el conducto central está descubierto en la superficie del cuerpo y el saco está lleno de tejido nervioso.

La intervención, que idealmente debe realizarse a las pocas horas del

nacimiento, consiste en suministrar a la lesión una cubierta de piel o en algunos casos se hace sutura directa después de eliminar el saco de meninges, con el fin de dar protección a la médula espinal, evitar infecciones (tales como la meningitis) y reducir los riesgos de parálisis. Lamentablemente en muchos de estos niños (entre el 70 y el 90% de los casos), se produce más tarde otra complicación conocida como hidrocefalia. Otros quedan parcial o totalmente paralíticos y aquellos que sufren lesiones graves en la parte superior de la médula tienen dificultades respiratorias que resultan mortales.



Las lesiones de esta enfermedad son localizadas en cualquier lado de la columna, desde la cabeza hasta el sacro, pero la mayoría se presentan en la región lumbar. Su déficit neurológico puede fluctuar desde mínima hasta completa, a partir del nivel de la lesión. No es raro que áreas significativas evadan el déficit neurológico: por ejemplo, un niño con una lesión lumbar puede presentar una extremidad inferior sana, mientras que el miembro opuesto esté severamente involucrado, o el niño con una lesión lumbo sacra puede presentar evectores activos en un pie y en el otro pie tanto los evectores como dorsiflexores están activos. En el caso de lesiones altas es frecuente que se preserve función refleja distal, y así el paciente puede presentar espasticidad, como en el caso de una paraplejía.

1.5.1.2. Discapacidades causadas por accidentes

Los traumatismos constituyen uno de los principales problemas de salud pública. Ocupan el tercer lugar como causa de muerte y el segundo como causa de discapacidad.

Los accidentes afectan con más frecuencia a niños, adolescentes y jóvenes entre 20 y 35 años, es decir, la población económicamente activa. Ocurren tanto en el hogar como en la escuela, el trabajo y la vía pública; en esta última por choques automovilísticos, atropellamientos, heridas por arma blanca y de fuego.

Se ha señalado que por cada muerte ocasionada por traumatismo se originan dos

casos de discapacidad. La OMS estima para el año 2000 existían en el mundo de 45 millones de personas discapacitadas por accidentes de tránsito, 22 millones por accidentes ocupacionales, 45 millones por accidentes en el hogar y 5 millones por otro tipo de accidentes.

La incidencia de las lesiones por accidentes tiene una tendencia al incremento progresivo conforme aumenta la industrialización, mecanización, tráfico vial y población que vive en áreas urbanas.

Entre las principales lesiones por accidentes que generan discapacidad, se pueden considerar las fracturas de los huesos de las extremidades, los traumatismos craneoencefálicos y las lesiones raquiomedulares.

- ✓ **Fracturas:** Es la rotura de un hueso o cartílago debido a un traumatismo o a una malformación ósea. Se corrige por maniobras exteriores o a través de una intervención quirúrgica. Posteriormente se procede a la inmovilización para que se forme el cayo óseo y la fractura se consolide. Generalmente le seguirá un tratamiento de rehabilitación funcional para tratar de obtener una recuperación total. Constituyen una de las lesiones más frecuentes, causadas por accidentes. Su tratamiento adecuado con rehabilitación temprana permite la consolidación de las mismas sin dejar secuelas significativas. Sin embargo, en las fracturas severas, el tratamiento inadecuado y la falta de rehabilitación causan incapacidad prolongada y secuelas permanentes que generan discapacidad.
- ✓ **Traumatismos cráneo-encefálicos:** Se ha convertido en un importante problema de salud pública debido a su elevada incidencia y prevalecía como consecuencia del incremento de los accidentes y de la disminución de la mortalidad ocasionando discapacidad permanente tanto por las secuelas físicas como por las alteraciones del lenguaje, afasia y psicológicas.
- ✓ **Lesiones raquiomedulares:** Representan una de las condiciones que causan discapacidad severa con parálisis de las extremidades, y otros trastornos neurológicos como incontinencia de esfínteres.

1.5.1.3. Discapacidades causadas por edad avanzada

La edad avanzada también es causa de discapacidad debido a diversos cambios que se presentan en los diferentes aparatos y sistemas. Así se presenta hipotrofia muscular, mala postura, osteoporosis, osteoartritis entre otras.

- ✓ **Osteoporosis:** Es un proceso patológico de los huesos, caracterizado por pérdida de calcio, que determina una disminución de la densidad del tejido óseo y, como consecuencia, fragilidad y tendencia a las fracturas. Representa

un problema creciente que afecta especialmente a mujeres posmenopáusicas, pero también se presenta en los hombres de edad avanzada. Es responsable de un gran número de fracturas especialmente de las caderas, columna vertebral y de las muñecas. Con frecuencia produce discapacidad severa.

- ✓ **Osteoartritis:** Constituye un problema de salud pública en incremento que afecta a múltiples articulaciones causando discapacidad. Para su prevención se requieren de medidas generales, como el evitar el sobrepeso y la mala postura, pero se necesita además de programas de rehabilitación que permitan la recuperación del movimiento articular y la reducción del dolor, incluyendo los reemplazos articulares cuando el daño está más avanzado.

1.5.2. Composición básica de una silla de ruedas estándar

1.5.2.1. Consideraciones Biomecánicas

Una silla de ruedas debe tener como objetivo permitir al usuario la máxima funcionalidad, comodidad y movilidad. Para cumplir con este objetivo, la silla debe estar pensada para ajustarse a la persona, no es la persona la que debe amoldarse a su silla. Si se escoge una silla de ruedas no apropiada, puede resultar incómoda o incluso provocar una discapacidad adicional. El resultado será que la energía del usuario se malgastará de manera innecesaria debido al esfuerzo continuado por modificar su postura.

A menudo se considera que lo que más afecta la maniobrabilidad de una silla de ruedas son su peso y el material con el que esté hecha su estructura. Sin embargo, hay factores más importantes como el asiento y la postura que de él se derive, la distancia entre ejes de las ruedas, la posición y el tamaño de las ruedas, incluso la forma en que la silla ha sido ajustada o montada, que pueden influir decisivamente en la funcionalidad y movilidad del usuario.

Movilidad-Rozamiento

Cuanto mayor sea el rozamiento, la resistencia para rodar la silla será superior, y por lo tanto el usuario requerirá mayor energía para su propulsión. En esta sección analizaremos como afectan a la facilidad para rodar los siguientes factores:

- ✓ **La distribución del peso entre las ruedas delantera y traseras:** Mayor peso sobre las ruedas delanteras provocan mayor rozamiento, pero al mismo tiempo hace que la silla sea más estable. Una silla de ruedas estándar tiene una distribución del peso de 50/50%, mientras que una silla ligera ajustable (según el ajuste) tiene una distribución del peso de 80% en las ruedas traseras y 20% en las delanteras (aproximadamente). Esto hace que ruede mejor que una estándar pero que sea menos estable.

- ✓ **El terreno sobre el que la silla va a ser utilizada:** El terreno blando produce una mayor dificultad en el desplazamiento, pues al rozamiento se agregan la fuerza requerida para hacer que las ruedas “trepen” al espacio donde se han asentado. Todo esto exige mayor esfuerzo para propulsar la silla.
- ✓ **Tamaño y composición de las ruedas:** Las ruedas neumáticas resultan más cómodas al amortiguar mejor los relieves del pavimento durante el avance, pero oponen una mayor resistencia a rodar por ser más blandas. La resistencia es inferior en ruedas macizas por ser más duras. Las ruedas pequeñas tienen menor rozamiento por tener menos superficie de contacto con el suelo, pero esto mismo hace que presenten menor agarre. Ruedas más grandes tienen mejor agarre por tener una superficie de contacto mayor pero también producen un rozamiento superior.
- ✓ **Tamaño de las ruedas delanteras:** Las ruedas grandes son más recomendables para exteriores y suelos accidentados. Las ruedas pequeñas son mejores para su uso en interiores y para la práctica de deportes por su mayor rapidez de giro en superficies lisas y duras. Sin embargo el tamaño adecuado está determinado por la combinación entre la superficie sobre la cual será utilizada y la distribución del peso en la silla. Por eso, una rueda pequeña en una silla con una distribución del peso 50/50% daría un elevado rozamiento.
- ✓ **Centro de gravedad de la silla:** Al mover el centro de gravedad hacia atrás y hacia arriba se aumenta el peso sobre las ruedas traseras y hace que la silla sea más fácil de maniobrar pero más inestable. Si se desplaza el centro de gravedad hacia abajo y hacia delante, la silla gana en estabilidad pero es más difícil de manejar. (Normalmente se puede llegar a un compromiso según las necesidades del usuario. Puede ser necesario introducir dispositivos de seguridad como ruedas anti-vuelco).
- ✓ **Distancia entre ejes de ruedas delanteras y traseras:** Una distancia larga entre ejes mantiene mejor el rumbo (por eso las sillas de carrera son muy alargadas). Una distancia entre ejes corta resulta más suave y fácil de manejar (por eso las sillas de baloncesto tienden a tener esta distancia más corta).
- ✓ **Angulación de las ruedas traseras:** Si las ruedas tienen un ángulo positivo (mayor anchura en la base) la silla mantendrá mejor el rumbo, será más estable y la postura de los hombros será mejor (brazos más pegados al cuerpo para propulsar). El inconveniente es que así se aumenta la anchura total de la silla, por eso solo se usa para sillas deportivas. Una angulación neutra (ruedas paralelas a la silla) es menos eficaz desde el punto de vista de la facilidad para rodar. Una angulación negativa (menor anchura en la base) hace que la postura de los hombros sea peor y la silla será más inestable.

- ✓ **Ángulo de las ruedas delanteras:** Después de cualquier cambio en las ruedas traseras o en la altura de la estructura, hay que comprobar siempre que el eje de giro de las delanteras forme 90° con respecto al pavimento. Si el ángulo es más abierto (superior a 90°) la silla girará más rápido pero al detenerse tenderá a irse hacia atrás y la parte delantera del armazón quedará más elevada. Si el ángulo es inferior a 90° se dificulta el giro. Cuando se quiere detener la silla, esta tiende a seguir rodando, y la parte delantera de la silla queda más baja que la trasera.

Factores que afectan la propulsión

Una silla de ruedas debe procurar una propulsión eficaz junto con un gasto mínimo de energía. Cada usuario, debido a sus circunstancias personales, tiene una capacidad de propulsión distinta y a veces limitada. Por eso es importante tener en cuenta los siguientes factores que permitirán optimizar la propulsión dentro de sus posibilidades:

- ✓ **Gamas de Movimiento:** El grado de movilidad que tenga el usuario en la columna, hombro, codo, muñeca y dedos delimitará la posibilidad de realizar todo el recorrido de propulsión óptimo. En caso de tener una buena movilidad en estas articulaciones, el recorrido más eficaz es el indicado en la Figura N° 1.1. Iniciando por detrás del tronco hasta terminar a la altura de los muslos. De esta forma se aprovecha la flexión de los músculos del brazo que permiten aplicar la fuerza.



Figura N° 1.1

- ✓ **Postura:** Para poder propulsarse correctamente y aprovechar toda la energía de esta propulsión, el usuario debe estar correctamente sentado (erguido) en una posición simétrica. Solo así podrá llegar adecuadamente a los aros de empuje y realizar el movimiento completo del brazo, para iniciar la propulsión de la rueda desde atrás, aplicando fuerza en todo el recorrido. Si el usuario se desliza en el asiento, los aros quedarán demasiado altos y le resultará muy incómodo iniciar la propulsión desde atrás, por lo que tenderá a iniciarla adelantado en el recorrido. De esta forma la propulsión será más corta y

menos eficiente (Figura N° 1.2).



Figura N° 1.2

- ✓ **Altura y Posición de las Ruedas:** Para lograr una propulsión más eficaz, las ruedas traseras deben estar situadas a una altura tal que el usuario con el hombro relajado y dejando caer el brazo estirado, pueda tocar con la punta de los dedos el eje de la rueda trasera (Figura N° 1.3). Si el eje de la rueda queda más alto de lo indicado, el aro de empuje le quedará también alto, y el usuario deberá flexionar demasiado los brazos para propulsarse (Figura N° 1.4). La propulsión será más incómoda e ineficiente. Si por el contrario el eje de la rueda está más abajo que la punta de los dedos, el usuario deberá realizar la propulsión con los brazos demasiado estirados, y no podrá aplicar la fuerza necesaria para la propulsión correcta (Figura N° 1.5).



Figura N° 1.3

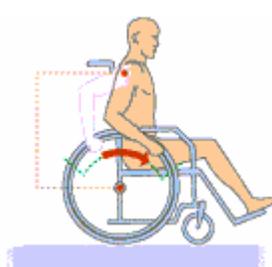


Figura N° 1.4

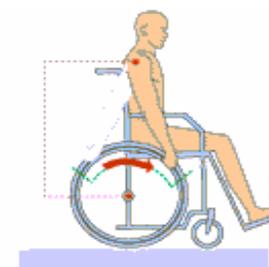


Figura N° 1.5

Esta misma regla marca también la posición óptima de la rueda, ya no en altura sino en ubicación horizontal respecto al paciente. Si la rueda está adelantada y el eje queda por delante de los dedos, el usuario iniciará la propulsión demasiado atrás y no podrá completar todo el recorrido (Figura N° 1.6). Si el eje queda por detrás de los dedos, el usuario empezará la propulsión adelantado y por lo tanto tendrá un recorrido más corto y menos eficiente (Figura N° 1.7).

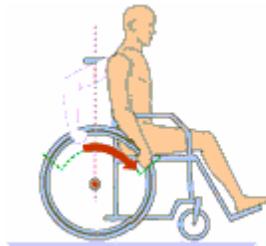


Figura N° 1.6



Figura N° 1.7

La posición de la rueda trasera afecta también a la estabilidad de la silla. Si la rueda está más retrasada la silla será más estable (caso de sillas estándar) pero también requiere mayor energía para la propulsión. Las sillas ligeras tienden a tener las ruedas traseras más adelantadas que la silla estándar. De esta forma necesita menor fuerza de palanca y menor energía para su propulsión.

- ✓ **Tamaño de las ruedas:** La rueda trasera más pequeña permite aplicar menor esfuerzo para propulsarla, pero también realiza un recorrido más corto. Se suelen utilizar ruedas inferiores a 600 mm (24") en usuarios con dificultad de movimiento en los hombros o columna cifótica. También se utilizan ruedas más pequeñas en sillas de niños para que el aro de empuje quede a una altura más adecuada a la longitud de sus brazos.
- ✓ **Distancia entre los ejes:** Una distancia larga entre los ejes trasero y delantero permite mantener una marcha más recta, por lo que es necesaria más energía para su propulsión. Una distancia de ejes corta, permite el giro con mayor facilidad y se maneja más fácil al requerir menor gasto de energía para su propulsión.
- ✓ **Ángulo de las Ruedas:** Si las ruedas están más anchas en la base, la silla es más estable y los brazos quedan más cerca del cuerpo. Si se establece el ángulo adecuado, la distancia entre la posición del punto de aplicación de la fuerza en el aro de empuje a la articulación del hombro será menor, lo cual disminuye el momento respecto a esta articulación, por lo que la energía necesaria para la propulsión será menor. Si las ruedas están más juntas en la base, los brazos quedarán muy lejos del cuerpo siendo difícil aplicar la fuerza necesaria para la propulsión. Además la silla es más inestable.

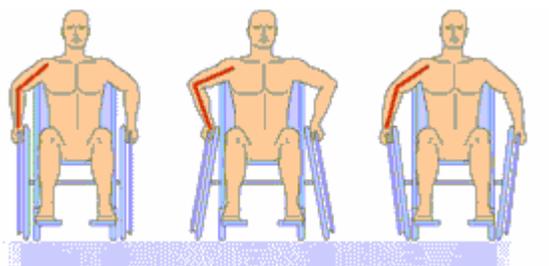


Figura N° 1.8

Postura en la silla de Ruedas

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 modificar su postura, puede ser necesario utilizar el asiento para intentar dar externamente lo que está limitado internamente.

Una silla de ruedas únicamente resulta útil para su usuario si le proporciona comodidad 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 soporta en 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 para conseguir estos objetivos:

- ✓ **Tamaño del Asiento:** Asegura la estabilidad optimizando la zona del cuerpo del usuario en contacto con la base del soporte. También procura alivio de la presión al distribuir de manera uniforme el peso del usuario en la mayor superficie posible. Si el asiento es demasiado ancho (Figura N° 1.9) el usuario tenderá a no sentarse simétricamente, si es demasiado estrecho existe el riesgo de que se produzcan escaras por presión.



Figura N° 1.9

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 1.10).



Figura N° 1.10

Si es demasiado largo, puede producir tensión en la zona posterior de la rodilla (Figura N° 1.11). También dificultará que el usuario obtenga el soporte adecuado del respaldo, ya que tenderá a deslizarse en el asiento para evitar la tensión.



Figura N° 1.11

La longitud óptima del asiento debe ser aquella que estando el usuario bien sentado (erguido) deje una distancia aproximada de dos dedos de espacio entre el final del asiento y la zona interna de las rodillas del usuario (Figura N° 1.12).



Figura N° 1.12

- ✓ **Forma y ángulo del asiento:** El asiento debe ser firme y estar nivelado. Una tapicería de asiento hundida provocará que el usuario se siente de manera asimétrica haciendo que los muslos y las rodillas se empujen (Figura N° 1.13). Esto producirá un exceso de presión y rozamiento. Cuando se mantiene una buena postura, el ángulo de la cadera (entre los muslos y el tronco) es fundamental ya que determina la estabilidad de la pelvis (Figura N° 1.14). Se considera que un ángulo ligeramente inferior a 90° es el más adecuado para las actividades cotidianas, pues permite un mejor apoyo del cuerpo en la segunda etapa del empuje. La mejor forma de conseguir este ángulo es utilizando un cojín adaptado a la forma humana, más bajo por detrás para acomodar la forma de los glúteos.

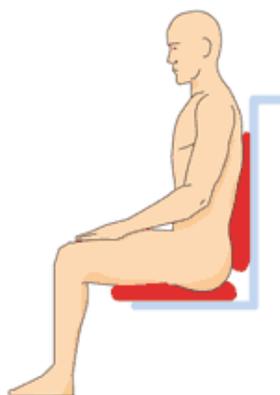


Figura N° 1.13

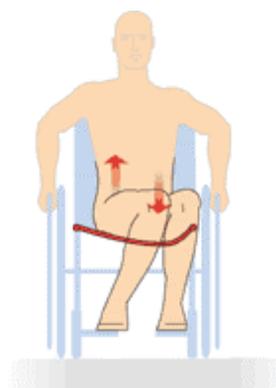


Figura N° 1.14

- ✓ **Soporte para los pies:** Una vez establecido el ángulo de la cadera cercano a los 90°, la mayoría de las personas se sentirán cómodas si las rodillas se encuentran también en un ángulo de 90°. Este mismo ángulo se debe mantener también en los tobillos. Por lo tanto desde el punto de vista ergonómico los posapiés deberían asegurar que el pie formase un ángulo de 90° respecto a la tibia. Sin embargo en adultos, normalmente no se da, porque de esta forma las plataformas del posapiés impiden el libre giro de las ruedas delanteras. En sillas deportivas con ruedas delanteras más pequeñas el ángulo puede ser de unos 85°. En sillas normales es algo inferior, pero siempre tendiendo a aproximarse lo más posible a los 90°. En usuarios con piernas largas el ángulo del reposapiés deberá ser inferior para que las plataformas no entorpezcan actividades como subirse en una acera. La altura a la que estén colocadas las plataformas también es importante. Si están demasiado bajas o el asiento demasiado alto, las rodillas del usuario estarán más bajas que sus caderas. De esta forma el usuario tenderá a deslizarse en el asiento, dificultando la propulsión y aumentando el rozamiento en los glúteos.



Figura 1.15



Figura 1.16

Si las plataformas están demasiado altas o el asiento bajo, las rodillas estarán más altas que las caderas aumentando la presión sobre las nalgas.

- ✓ **Altura del respaldo:** El respaldo debe ser lo bastante alto como para

estabilizar la región lumbar superior. Por encima de este nivel la altura del respaldo depende de las necesidades o preferencias particulares del usuario. En Lesionados medulares cuanto más alta es la lesión necesitarán un respaldo más alto para dar soporte al tronco. También se recomienda un respaldo más alto para dar seguridad al usuario que usa por primera vez una silla de ruedas. Una vez acostumbrado y si su lesión lo permite, tenderá a respaldos más bajos que ofrecen mayor libertad de movimientos del tronco.

- ✓ **Forma del respaldo y ángulo:** La mayoría de usuarios se sentirán cómodos con un respaldo que dé adecuado soporte a la región lumbar. La forma, junto con un ángulo de inclinación adecuado, proporciona apoyo y equilibrio a la parte superior del cuerpo. El respaldo debe de estar ligeramente reclinado para que la fuerza de gravedad recaiga sobre el pecho del usuario ayudándole a mantenerse estable en la silla.

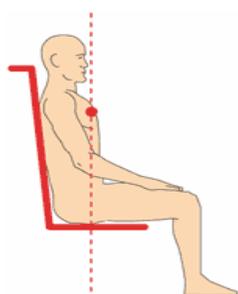


Figura 1.17

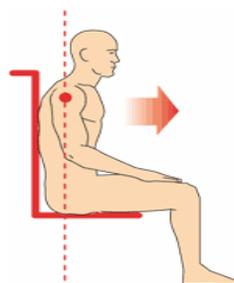


Figura 1.18

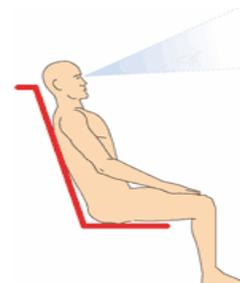


Figura 1.19

Un respaldo completamente recto hace que la fuerza de gravedad recaiga en los hombros del usuario por lo que éste tenderá a inclinarse hacia adelante para compensarla.

Un respaldo demasiado reclinado resulta incómodo porque el usuario ve reducido su campo visual.

- ✓ **Soporte de los Brazos:** Los posabrazos procuran descanso a los brazos y apoyo para la acción de los músculos del cuello. Cuando se ajustan de manera adecuada, los antebrazos del usuario apoyados deben quedar a 90° del codo.

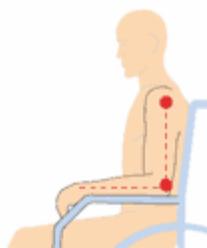


Figura 1.20

Si los apoyabrazos son demasiado altos, los hombros quedarán forzados hacia arriba, dando lugar a dolores musculares en la zona cervical. Si los apoyabrazos están demasiado bajos, el usuario tenderá a dejarse caer hacia un lado cuando los utilice. En el caso de usuarios activos, una base de asiento estable puede eliminar la necesidad de apoyabrazos.

1.5.3. Medidas necesarias para la selección correcta de la silla de Ruedas

La independencia en una silla de ruedas puede facilitarse o empeorarse como resultado de una toma de medidas correcta o no. Entendemos que la silla es una extensión del individuo y que cada individuo tiene unas necesidades que deben ser tomadas en consideración.

Las medidas deben tomarse, a poder ser, en una superficie plana y preferentemente dura con una almohadillada máximo de 2,5 a 3 cm. Si se realizara en una cama, sobre la tapicería de una silla de ruedas o sobre cualquier otra superficie blanda, puede que éstas no sean las correctas.

El espacio personal del usuario es muy importante. Debemos respetarlo siempre y pedir permiso cuando tengamos que tocarle o aproximarnos, ya que estaremos invadiendo su espacio personal.

Al tomar medidas el usuario debe posicionarse en la postura correcta que después va a adoptar en la silla de ruedas. En algunos casos es necesaria la colaboración de amigos o familiares. Así mismo deberá considerarse la ropa que lleve puesta en ese momento y la que llevará habitualmente.

Las medidas relevantes son:

Anchura Pélvica: Medida que se corresponde en la silla a la anchura del asiento de la silla. Equivale a la máxima anchura de las caderas en el punto más ancho de las mismas. Un modo práctico de medirla es colocando al paciente sentado sobre una mesa con dos topes a ambos lados de la cadera y medir la distancia existente entre las caras internas de ambos topes.

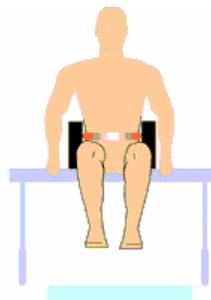


Figura 1.21

Ésta medida determinará los siguientes factores:

- ✓ **Acceso a las ruedas:** Un asiento demasiado ancho dificultará el acceso del paciente para propulsar la silla y aumentará innecesariamente la anchura total de la silla, dificultando su entrada en ambientes interiores.
- ✓ **Posición pélvica y estabilidad:** Un asiento demasiado ancho provocará un aumento del riesgo de oblicuidad pélvica, con el consecuente riesgo de escoliosis.



Figura 1.22

- ✓ **Crecimiento:** En el caso de usuarios en etapa de crecimiento, si queremos que el niño crezca sin deformidades en la columna por efectos de la silla, debemos acoplar un sistema especial, que le posiciona correctamente y le proporcione un soporte extra en los laterales.

Longitud del muslo: Medida que se corresponde con la profundidad del asiento.

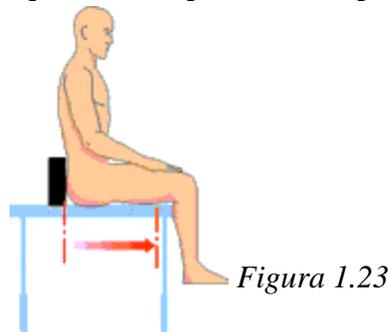


Figura 1.23

Un método práctico para medir la profundidad del asiento de la silla es colocar al paciente sentado en una mesa con el borde anterior de la mesa a tres dedos de la flexura de la rodilla y con un tope en la parte posterior de la espalda. Medir desde el plano vertical posterior de la espalda hasta el borde de la mesa. Esta medida deberá realizarse tanto en el muslo derecho como en el izquierdo, para considerar cualquier discrepancia.

De esta toma de medidas dependerá:

- ✓ Distribución de la presión. A mayor superficie de apoyo, mayor distribución del peso.
- ✓ Posición pélvica y estabilidad. A mayor superficie de apoyo, mayor base de estabilidad.
- ✓ Longitud total de la silla y maniobrabilidad.

Si el asiento es demasiado corto, la mayor distribución del peso recaerá en la zona de riesgo de escaras (tuberosidades isquiáticas y cóccix).

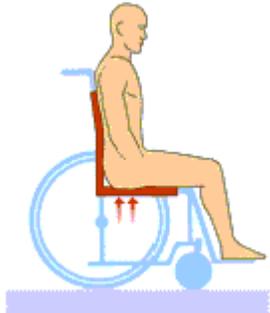


Figura 1.24

Por el contrario, si el asiento es demasiado largo, el paciente sufrirá rozamiento en la flexura de la rodilla y para evitarlo se deslizará sobre la superficie del asiento.

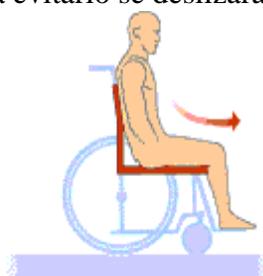


Figura 1.25

Longitud de la Pantorrilla: Medida que se corresponde con la longitud del Posapiés.

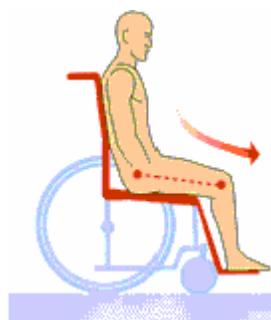


Figura 1.26

Equivale a la distancia desde la flexura de la rodilla hasta la zona de apoyo del talón, con el tobillo en flexión. Hay que considerar cualquier aparato o ayuda que normalmente utilice el individuo. Es importante medir ambas piernas para considerar cualquier discrepancia.

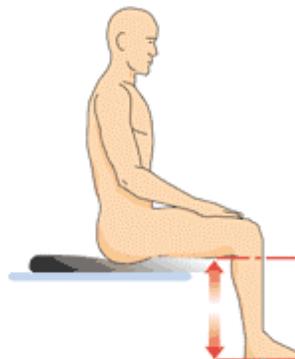


Figura 1.27

De esta medida dependen:

- ✓ La distribución de la presión: Un 19% del peso del cuerpo en sedentación se distribuye en los pies.
- ✓ Posición pélvica y estabilidad: Si los reposapiés están demasiado largos, los pies van a buscarlos, provocando una retroversión pélvica.

Si los posapiés están demasiado cortos, el paciente no apoyaría los muslos y el peso estaría concentrado en la zona de riesgo de escaras (tuberosidades isquiáticas y coxis).



Figura 1.28

Altura inferior de la escápula: Medida que se corresponde con la altura del respaldo en un paciente con control normal de tronco. Se mide desde el plano del asiento hasta el ángulo inferior de la escápula. La altura máxima del respaldo debe quedar 2,5 cm por debajo de la escápula. Hay que considerar los siguientes factores:

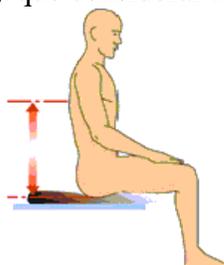


Figura 1.29

- ✓ Posible punto de presión.
- ✓ La necesidad de soportes torácicos (laterales) y/o lumbares (posteriores).
- ✓ Estabilidad y/o movilidad del tronco.

Anchura del hombro: Medida que se corresponde con la altura del respaldo en un paciente con poco control del tronco. Equivale a la distancia del plano del asiento a la altura del hombro. De esta medida dependerán:

- ✓ La estabilidad escapular y movilidad.
- ✓ El soporte torácico y lumbar.

- ✓ La estabilidad.
- ✓ El control de cabeza.

Cuando hay poco control del tronco, se recomienda ayudar al paciente basculando la silla hasta lograr su equilibrio, siempre manteniendo los ángulos de la pelvis, de las rodillas y del tobillo a 90° (salvo que tenga deformidades fijas en las articulaciones). En caso necesario, se deberán añadir además, mayor altura del respaldo, soportes laterales, lumbares y cabecero.

1.5.4. Selección de los componentes básicos de una silla de ruedas estándar

Para poder ajustar correctamente una silla de ruedas a las necesidades de su usuario, es importante conocer la extensa gama de posibilidades que existen en los distintos componentes de una silla de ruedas. De esta forma podremos elegir en cada componente, el que mejor se adapte al usuario y así potenciar al máximo su funcionalidad en la silla.

Armazón: El armazón de una silla de ruedas puede ser rígido (fijo) o plegable. El aprovechamiento de la energía que el usuario aplica para propulsarse es del doble en una silla con armazón rígido (se aprovecha 15-20% del impulso), que en una plegable (aprovecha 5 - 8% del impulso). Esto se debe a que en una silla plegable parte de la energía de propulsión se pierde en el movimiento de su estructura por los puntos de articulación. Otra ventaja que presenta el armazón rígido es que resulta fácil de manejar y es algo más ligero que uno similar plegable. Sin embargo la silla plegable resulta en general más cómoda de transportar y guardar al ocupar menos espacio plegada.



Figura 1.30: Armazón Rígida

Actualmente existen sillas que presentando un comportamiento de armazón rígido permiten un plegado muy compacto, como la Quickie Revolution.

Material: La composición del armazón es un factor clave en la funcionalidad de la silla. El acero siendo el más habitual, es el más pesado pero también el más económico. Una silla con armazón de aluminio es mucho más ligera y por lo tanto fácil de propulsar, pero también más cara. También se pueden encontrar armazones realizados en

materiales muy ligeros como titanio y resinas reforzadas con fibra de carbono. Se utilizan habitualmente en sillas de armazón rígido y tienen un precio muy elevado.

Ruedas Delanteras

Tamaño: Puede ir desde los 75 mm (~3") de diámetro hasta 200 mm (~8"). Cuanto más pequeñas sean las ruedas delanteras, tendrán menor rozamiento y mayor facilidad de giro, siendo adecuadas para interiores, así como tienen la ventaja que no tropiezan con los pies ni con las paredes al andar. Son más fáciles de levantar al momento de subir o bajar de una acera y por ser más pequeñas pueden rodar más rápido. Así por ejemplo las de 75 mm y 125 mm se recomiendan en sillas para deportes en pista, como el baloncesto. Las ruedas grandes son más recomendables para exteriores y suelos accidentados, ya que resulta más fácil salvar obstáculos y no se clavan en el terreno.



Figura 1.31



Figura 1.32



Figura 1.33

El compromiso intermedio para exterior e interior es la rueda de 150 mm (~6"). Siempre que variemos el tamaño de la rueda delantera, es necesario ajustar la horquilla. El eje de giro de la horquilla debe de estar siempre a 90° con el suelo.

Cubiertas:

- ✓ Neumáticas: Amortiguan las imperfecciones del terreno pero requieren mantenimiento (se pueden pinchar y hay que inflarlas).
- ✓ Macizas: Resultan más duras de conducción al no amortiguar, pero no requieren mantenimiento.

Ruedas Traseras

Tamaño: La rueda trasera más habitual es la de 600 mm de diámetro (~24"). Se utilizan ruedas más pequeñas de 550mm (~22") o 500mm (~20") 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.

Cubierta:



Figura 1.34

- ✓ **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 éstas.
- ✓ **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 hay que hincharlas y vigilar la presión de aire para mantener su rendimiento).

Neumáticos de alto rendimiento

Tubulares: Son 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 (activas). 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.

Los Rines

Rines de plástico: Apenas requieren mantenimiento, dependiendo del polímero del cual sean elaborados pueden pesar menos que las ruedas de radios.



Figura 1.35

Rines con aro y radios de acero: Resultan un poco más pesados que los de plástico, y absorben mejor las rugosidades del terreno. Los radios cruzados ofrecen un entramado más fuerte. Para deporte se prefieren los radios rectos, que dan mayor rigidez al conjunto, pero los aros y el carrete deben de ser especialmente fuertes.



Figura 1.36

Aro Impulsor: Pueden ser de aluminio, acero (que es más pesado pero resbala menos), titanio (muy ligeros), o recubiertos de plástico. Además del material, existen aros con proyecciones para facilitar el agarre por parte de personas con poca movilidad en las manos.

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.



Figura 1.37:
Frenos con zapata (izquierda) y Frenos de tijera (derecha)

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 sólo se propulsan con una mano, existe un tipo de freno que permite frenar las dos ruedas con una sola mano.
- ✓ **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.



Figura 1.38: Freno de una mano (izquierda) y frenos de tambor (derecha)

Apoyabrazos: Hay varios tipos de apoyabrazos. Pueden ser desmontables o abatibles hacia atrás, con distintas longitudes de la almohadillada (normal o largo).



Figura 1.39

- ✓ **Ajustables en altura:** la almohadillada puede colocarse en varias alturas para ajustarse a las necesidades del usuario.
- ✓ **De escritorio:** con forma que permite el acercamiento a mesas.
- ✓ **Tubulares:** pesan menos pero tiene superficie de apoyo inferior.

Para gente muy activa se suelen eliminar los posabrazos y colocar unos protectores laterales para impedir que las ruedas ensucien la ropa al salpicar.

Posapiés y plataforma: Pueden ser fijos o desmontables. Para acortar la longitud de la silla en espacios reducidos como ascensores, es mejor que sean desmontables. Si no hay problemas de espacio es más aconsejable que los posapiés sean fijos. La posición anatómica ideal de los posapiés es a 90°. Sin embargo en adultos los pies pueden interferir con el giro de las horquillas delanteras, por lo que el ángulo se tiende a reducir. Los ángulos más frecuentes son de 90°, 70° y 60°. Pueden ser

dobles o bien una plataforma única, con o sin cintas taloneras. Normalmente el ángulo entre el posapiés y las plataformas es de 90°, pero hay plataformas que tienen la posibilidad de regular este ángulo, para adaptarse a necesidades concretas de algunos usuarios.

- ✓ **Elevables:** Elevan el conjunto de la pierna, para adoptar posturas más cómodas. Se utilizan mucho en sillas con respaldo reclinable.

CAPÍTULO II: Fundamentos Teóricos

2.1. Ingeniería Concurrente

2.1.1. Antecedentes

Se trata de una filosofía o concepto que no es nuevo, por cuanto lo han practicado tradicionalmente algunos buenos gestores de la fabricación que, sin embargo, no habían puesto mucha atención en aplicarlo de una manera sistemática y en dotarlo de metodología.

Los primeros estudios sistemáticos y por tanto el primer hecho significativo data de 1982, cuando la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de la Defensa (DARPA) empezó un estudio destinado a mejorar la concurrencia en los procesos de diseño. En 1986, el Instituto para Análisis de la Defensa (IDA) en su informe R-338 acuñó el término de Ingeniería Concurrente para explicar el método sistemático de diseño de procesos y productos, que incluía otros procesos y servicios de apoyo.

En 1988 DARPA creó un consorcio entre universidad, industria y gobierno, DICE (iniciativa DARPA en Ingeniería Concurrente) que debería potenciar la utilización de la Ingeniería Concurrente en la industria militar y de base, empresas altamente tecnificadas o que manejaban unos productos muy complejos. Proyecto que tenía por finalidad el desarrollar una arquitectura informática adecuada para la Ingeniería Concurrente, que permitiera a cada uno de los miembros que trabajara en un proyecto comunicarse y coordinarse con los demás a través de una red de computadoras a alta velocidad.

Iniciativa de la que nació el centro de investigación de la Ingeniería Concurrente, (CERC) en la Universidad de West Virginia y a la que se añadieron otras muchas empresas como Hewlett-Packard, Motorola, ATT, Texas Instruments, IBM o Chrysler, y otros Centros de Investigación.

2.1.2. Definiciones de Ingeniería Concurrente

Es la filosofía de diseño de producto en la cual las empresas intentan reducir el tiempo que se requiere para llevar nuevos productos al mercado, integrando Ingeniería del Diseño, Ingeniería de Manufactura y otras funciones.

La Ingeniería Concurrente realmente es una disciplina que se creó para reforzar los conocimientos empleados por los Ingenieros de Manufactura, Ingenieros de Diseño y otras funciones. Se ha realizado de una manera tal que trata de eliminar el típico “nosotros y ellos” que ha menudo se ha aplicado en los diferentes procesos industriales. Este proceso debe iniciarse en las etapas tempranas del diseño, aunque se ha empleado satisfactoriamente después que los prototipos han sido construidos.

La Ingeniería Concurrente puede ponerse en práctica mediante la creación de equipos de trabajo con o sin apoyo de los ordenadores o sin necesidad de utilizar ninguna técnica formal. Este tipo de práctica de Ingeniería Concurrente puede dar excelente resultados en pequeñas y medianas empresas al igual que en grandes corporaciones.

Entre algunos enfoques que incluye Ingeniería Concurrente se encuentra el del diseño de Manufactura: Este enfoque trata de facilitar el proceso de fabricación simplificando el diseño el nuevo producto por medio de una reducción de los componentes que lo integran. Esta reducción del número de componentes facilita la fiabilidad del producto, disminuye los costos, su ciclo de caída, el número de horas hombres y de Ingenieros de diseño entre otros.

El Diseño de Manufactura se realiza con la colaboración de otros departamentos. Hoy en día los departamentos ya no pueden trabajar como entidades separadas, sino como entidades entrelazadas entre sí, donde existe una gran comunicación entre ambas donde todos los esfuerzos son en conjunto.

Se han utilizado muchos términos para describir aproximaciones similares a los que se define como Ingeniería Concurrente, incluyendo Ingeniería Simultánea, Función de Diseño, Ingeniería Paralela, Diseño para fabricación Económica o Ingeniería del Ciclo de vida, entre otros. Conceptos que no concuerdan fielmente con el de Ingeniería Concurrente y que por tanto no hemos aceptado como sinónimos.

El informe R-338 de la IDA aporta una descripción de ingeniería concurrente, que es una de las más aceptadas actualmente:

“Aproximación Sistemática al diseño de productos, realizado de forma integrada y concurrente con los procesos relacionados, incluidos los de fabricación y apoyo. Aproximación que intenta implicar a todos los suministradores externos y que se extiende desde el preconcepto, considerando todas las actividades del ciclo de vida del producto, desde la concepción hasta su retirada, considerando los aspectos de calidad, costos, programación, etc., y aquellos relacionados con la voz del cliente”.

2.1.2.1. Objetivos de la Ingeniería Concurrente

Los principales objetivos de la Ingeniería Concurrente pueden resumirse de la siguiente manera:

- ✓ Reducir el tiempo de desarrollo del producto.
- ✓ Aumentar los beneficios.
- ✓ Mejorar la competitividad.
- ✓ Aumentar el control de costos de diseño y fabricación.
- ✓ Integrar los departamentos de una forma muy estrecha.
- ✓ Mejorar la calidad del producto.
- ✓ Realzar la reputación de la compañía y de sus productos.

- ✓ Promocionar el espíritu de trabajo en equipo.

2.2. Fundamentos Teóricos de los Procesos de Manufactura

2.2.1. Manufactura

Un concepto básico manufactura nos dice que es un proceso de fabricación, generalmente artesanal, de producción en serie. Significa el tránsito entre la producción artesanal y la industrial mecanizada (siglos XVI-XVIII). Se caracteriza por la escasa división del trabajo, la importación del trabajo a domicilio y la introducción de principios de socialización en el proceso productivo. Simplemente manufacturar es fabricar, y entendemos por fabricar como la elaboración de un producto mediante procedimientos mecánicos.

La manufactura es el proceso de coordinación de personal, herramientas, y máquinas para convertir materias primas en productos útiles. El primer paso hacia la manufactura se puede ver en los primeros esfuerzos de los pueblos primitivos para convertir las materias primas, como la piedra y la madera, en herramientas como el palo excavador y la lanza. Los seres humanos son los únicos habitantes de la tierra capaces de pensar y de fabricar herramientas, las cuales son las dos características exclusivas que le han permitido dominar a otros animales.

Las herramientas primitivas eran simples herramientas de mano, pero con la acumulación gradual de conocimientos por medio del uso de herramientas y otros implementos, los humanos desarrollaron de forma progresiva la tecnología que les permitió efectuar la transición de las herramientas de mano a las máquinas herramientas. El desarrollo de las máquinas herramientas, capaces de funcionar para convertirse en ellas mismas (y en otras máquinas) trajo como resultado el desarrollo de la manufactura moderna.

2.2.2 Cantidad de producción y variedad de productos

La cantidad de productos hechos por una fábrica influye significativamente sobre la forma en que se organiza el personal, sus instalaciones y sus procedimientos. Las cantidades de producción puede clasificarse en tres categorías: 1) *Baja* producción comprendida en un rango de 1 a 100 unidades por año. 2) *Media* producción está en el intervalo de 100 a 10000 unidades por año. 3) *Alta* producción de 10000 a varios millones de unidades anuales.

La cantidad de producción se refiere al número de unidades de un solo tipo producidas anualmente. Algunas plantas producen diferentes tipo de artículos hechos en cantidades media o baja otras se especializan en la alta producción es conveniente destacar que la identificación de la variedad de producto es diferente a la cantidad de producción.

2.2.3. El Proceso de Manufactura

Los procesos de manufactura pueden tener diversas clasificaciones sobre la base de factores como los tipos de materiales procesados, tipos de equipo empleado y tipo de manufactura. A continuación se presentará un sistema de clasificación basado en las funciones básicas de los procedimientos de manufactura, para la producción de partes.

Los procesos de manufactura se pueden clasificar en cuatro categorías amplias, con base en el modo como se producen las piezas: conformación, ensamble (montaje), acabado y diversos. La conformación de las partes se logra con procesos de formación y remoción de materiales. El ensamble (montaje) se logra al unir, en forma permanente o semipermanente dos o más partes. El acabado se obtiene ya sea con limpieza o revestimiento de la parte. Los procesos posteriores tales como tratamientos térmicos y control de calidad se clasifican como diversos.

2.2.3.1. Procesos de Conformado

Cada uno de los componentes puede ser elaborado por diversos procesos de fabricación, entre los cuales se pueden mencionar la fundición, colada o moldeo, formado y remoción de material (corte o maquinado).

- ✓ **Fundición y Colada:** Para colar o moldear, el material en forma líquida (en el caso de plásticos el material suele estar en forma de polvo o gránulos), se introduce en una cavidad preformada llamada molde. El molde tiene una configuración exacta de la parte que se va a moldear o colar. Después que el material llena el molde y se endurece o se fragua, adopta la forma del molde, la cual es la forma de la parte. Después, se abre o se rompe el molde y se saca la pieza. Este proceso se usa generalmente para materiales como metales, plásticos y cerámicas. Los procesos de fundición y colada se pueden clasificar por el tipo de molde utilizado (permanente o no permanente) o por la forma en la cual entra el material al molde (colada por gravedad y fundición a presión).
- ✓ **Moldeo por inyección:** Es un proceso en que el polímero se calienta hasta un estado altamente plástico y se hace fluir bajo alta presión dentro de la cavidad de un molde donde solidifica. La parte moldeada llamada moldeo, se remueve entonces de la cavidad. El proceso produce componentes separados o discretos que son casi siempre formas netas. La duración del ciclo típico de producción es de 10 a 30 segundos. El molde puede tener más de una cavidad, de manera que se pueden producir múltiples piezas moldeadas en cada ciclo. El moldeo por inyección puede producir formas intrincadas y complejas, la limitación es la capacidad de producir el molde cuya cavidad tenga la misma forma de la pieza, además de que el molde debe propiciar la remoción de la pieza. El moldeo por inyección solo es económico para la producción a escala y en grandes cantidades.

- ✓ **Procesos de Formado Mecánico:** El formado de partes con la aplicación de fuerza mecánica, se considera uno de los procesos de formación más importantes, en términos del valor de la producción y del método de producción. El formado de partes se puede efectuar con el material frío (formado en frío) o con el material caliente (formado en caliente). Las fuerzas utilizadas para formar las partes pueden ser del tipo de flexión, compresión, cizallado y tensión. Los procesos de formado se pueden clasificar sobre la base de la forma en que se aplica la fuerza. El formado por doblado se efectúa al obligar al material a doblarse a lo largo de un eje. Entre los procesos por doblado están el doblado, plegado, corrugado y rechazado de alta velocidad. El formado por cizallado (guillotinado) es, en realidad, un proceso de separación de material en el cual se hacen pasar a presión una o dos cuchillas a través de una parte fija. El cizallado también incluye procesos tales como punzonado o perforación, estampado, punzonado con matrices y refinado. El formado por compresión se efectúa al obligar al material, frío o caliente, a adecuarse a la configuración deseada con la ayuda de un dado, un rodillo o un punzón. El formado por compresión incluye procesos tales como forja, extrusión, laminado y acuñado. El formado por tensión se efectúa al estirar el material para que adopte la configuración deseada. Incluye procesos tales como estirado, formado por trefilado y abocinado.
- ✓ **Cizallado:** Es la operación de corte de una lámina de metal a lo largo de línea recta entre dos bordes de corte. El cizallado se usa típicamente para reducir grandes láminas a secciones más pequeñas para operaciones posteriores de prensado. Se ejecuta en una máquina llamada cizalla de potencia o cizalla recta.
- ✓ **Doblado:** Se define como la deformación del metal alrededor de un eje recto. Durante la operación de doblado, el metal dentro de un plano neutral se comprime, mientras que el metal por fuera del plano neutral se estira. El metal se deforma plásticamente, así que el doblado toma una forma permanente al remover los esfuerzos que lo causaron. El doblado produce poco o ningún cambio en el espesor de la lámina metálica. En el caso de material tubular, el doblado es el más difícil, ya que el tubo tiende a romperse fácilmente, para ello se usan mandriles flexibles que se insertan en el tubo antes de doblarlo para que no se rompan las paredes del tubo. Se utilizan varios métodos para doblar los tubos (y secciones similares) como se ilustra en la *Figura 2.2*. El doblado por extensión se realiza extendiendo y doblando el tubo alrededor de un bloque de forma fija 2.1. (a). El doblado por arrastre se realiza fijando el tubo contra un bloque formador y arrastrando el tubo a través del doblado por rotación del bloque, como se muestra en (b). El doblado por compresión se usa una zapata deslizante para envolver el tubo alrededor del contorno de un bloque de forma fija.

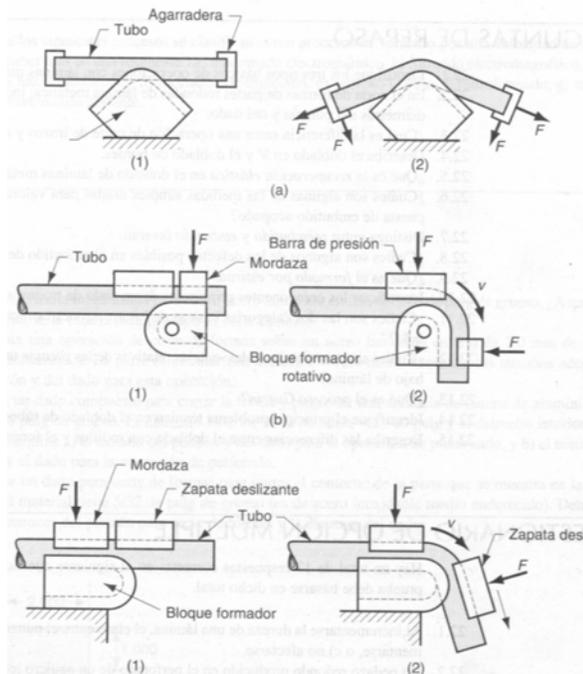


Figura 2.1 Métodos de doblado de tubo (a) Doblado por extensión. (b) Doblado por arrastre. (c) Doblado por compresión. Para cada método: (1) inicio del proceso (2) Durante el doblado, V indica movimiento y F la Fuerza.

- ✓ **Perforado:** Es un proceso para cortar un agujero conformado en una lámina o placa metálica. Se suele hacer en frío y se obtienen agujeros casi de cualquier forma. Las aplicaciones incluyen perforar arandelas, hacer agujeros para remaches en elementos estructurales de acero, aberturas en paneles que se van a terminar mediante otros procesos, a fin de poder montar instrumentos o equipos y en operaciones similares. Se utiliza una herramienta de punta sencilla en rotación, contra una parte de trabajo. El perforado se realiza en el diámetro inferior de un agujero existente, en lugar de un diámetro exterior de un cilindro como se hace en el torneado. El perforado se considera como una operación de torneado interno. Las máquinas herramientas usadas para realizar las operaciones de perforado se llaman maquinas perforadoras.
- ✓ **Laminado:** Las operaciones básicas son la laminación (rolado) para barras, alambre, tubos y lámina plana entre dos rodillos alimentadores que empujan el material contra un tercer rodillo elevador, de empuje o doblador, con lo cual se dobla el material a una velocidad constante. Las operaciones de laminado se pueden hacer en caliente con materiales muy duros y tenaces o de gran tamaño. Por lo general, la laminación se hace en frío, en particular en el caso de lámina metálica. Las máquinas utilizadas para la laminación van desde modelos pequeños, montados en un banco,

en el cual un operario hace piezas individuales, hasta máquinas grandes capaces de doblar piezas de placa de 2,4 x 4,9 m y formar secciones curvas de las paredes de grandes tanques. Una variante del proceso de laminación es cuando el rodillo de empuje se coloca descentrado para producir formas cónicas.

- ✓ **Procesos de remoción de material (maquinado):** Estos procesos se utilizan para conformar partes de materiales como metales, plásticos, cerámica y madera. El maquinado es un proceso que exige tiempo y desperdicia material. Sin embargo, es muy preciso y puede producir una tersura de superficie difícil de lograr con otros procesos de formación. El maquinado tradicional se lleva a cabo con el uso de una herramienta de corte, que remueve el material de la pieza de trabajo en forma de virutas, con lo cual se le da la configuración deseada. Los procesos para remoción de material se clasifican como tradicionales o con arranque de viruta y no tradicionales o sin arranque de viruta. En todos los procesos tradicionales para remoción de material, los tres elementos básicos son la pieza de trabajo, la herramienta de corte y la máquina herramienta. Las funciones básicas de la máquina herramienta son: 1) Proveer los movimientos relativos entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo en forma de velocidades y avances; 2) Mantener las posiciones relativas de la herramienta de corte y de la pieza de trabajo, a fin de que la remoción de material resultante produzca la forma requerida. Al variar las posiciones y movimientos entre la pieza de trabajo y la herramienta de corte, se pueden efectuar más de una operación en la máquina herramienta. Las herramientas de corte pueden ser de un solo filo o de filos múltiples. Con los avances de la tecnología, se han desarrollado materiales más fuertes y más duros. El procesamiento eficiente de esos materiales no era posible con los procesos tradicionales para remoción de material. Por lo tanto, se han creado varios procesos nuevos y especializados. Al contrario de los procesos tradicionales en donde la remoción del material necesita una herramienta de corte, los procesos no tradicionales se basan en los fenómenos ultrasónicos, químicos, electroquímicos, de electrodscarga y haces de electrones, iones y láser. En estos procesos, la remoción de material no está influida por las propiedades del material; se puede maquinar material de cualquier dureza. Ahora bien, algunos de estos procesos se encuentran en la etapa experimental y no se prestan para elevados volúmenes de producción. En la mayoría de estos procesos, se maquina una parte cada vez. Los procesos no tradicionales son más complejos y se requiere considerable pericia y conocimientos para operarlos en forma eficiente.
- ✓ **Tronzado:** Cuando hablamos de tronzar nos referimos a dividir en trozos una pieza, especialmente cuando nos referimos a partes cilíndricas. Esta operación se efectúa mediante el empleo de una herramienta que avanza rápida y radialmente en algún punto a lo largo de su longitud para trozar un extremo. Esta herramienta de puntas múltiples se conoce como sierra.

Hay una gran variedad de sierras, con tres movimientos cortantes básicos: Reciprocante o alterno, continuo rectilíneo o continuo rotatorio. El movimiento reciprocante es un movimiento de tajadura para cortar la pieza de trabajo; el movimiento de avance se aplica a la hoja, perpendicular a la pieza de trabajo. En las sierras de arco, caladoras, de lomo, serruchos y serrotes se utiliza un movimiento cortante alternado. El movimiento cortante rectilíneo se obtiene con una hoja ovalada, flexible y continua. En la zona de corte, la hoja de sierra está recta, sometida a tensión y se mueve en un sentido. Por tanto, el movimiento de corte es continuo y rectilíneo. El movimiento de avance se aplica a la pieza de trabajo en línea recta o irregular. La sierra cinta y la sierra cadena son ejemplos del movimiento cortante continuo y rectilíneo. En las sierras de cadena, cuyo uso principal es para cortar árboles, el movimiento de avance se aplica en la herramienta de corte. En la sierra de movimiento continuo, rotatorio, se utiliza una hoja circular que no es flexible. En la circunferencia de la hoja hay una serie de dientes de una sola punta. El movimiento de avance de la pieza de trabajo es en línea recta. El uso principal de la sierra es para cortar el material a la longitud o anchura necesarias para procesos posteriores. Un uso secundario de la sierra es para cortar contornos o perfiles en la pieza de trabajo. Las hojas de sierra se construyen en diversos grados de acero según su aplicación. Las hojas de acero al carbono son satisfactorias para materiales blandos; para materiales duros se emplearán hojas de aleaciones para alta velocidad. También hay puntas de carburo reemplazables para las sierras circulares, a fin de darles una superficie muy dura para el corte.

- ✓ **Taladrado:** El taladrado es un procedimiento de trabajo que lleva consigo arranque de viruta y se utiliza para ejecutar agujeros redondos (taladros) en materiales metálicos. Los taladros se practican en el material por medio de herramientas cortantes. La máquina herramienta más utilizada para ello es la taladradora o máquina de taladrar. Una de las razones por las cuales el taladrado unos de los procedimientos de trabajo más importantes de la industria metalurgia es que se consigue un diámetro determinado, una distancia entre ejes fijadas previamente, o una superficie bien limpia.

2.2.3.2. Procesos para unión y ensamble de materiales

La función básica de los procesos de ensamble (montaje) es unir dos o más partes entre sí para formar un conjunto o subconjunto completo. La unión de las partes se puede lograr con soldadura de arco o de gas, soldadura blanda o dura o con el uso de sujetadores mecánicos o adhesivos.

La sujeción mecánica se ha utilizado durante siglos y es todavía uno de los medios principales para unir partes. La sujeción mecánica se puede lograr mediante tornillos, remaches, roblones, pasadores, cuñas (chavetas) y uniones por ajuste a presión. Las uniones remachadas o por ajuste a presión se consideran

semipermanentes; las efectuadas con otros sujetadores mecánicos son no permanentes. La unión de las partes con sujetadores mecánicos es más costosa y requiere capacidad en la preparación de las partes que se van a unir. No obstante, hay muchas situaciones en la industria moderna en donde la sujeción mecánica sigue siendo el único método práctico, en particular cuando se requiere desarmar para el mantenimiento.

Algunas partes se unen de modo permanente con soldadura eléctrica o de gas, soldadura blanda, soldadura dura y algunos adhesivos. La soldadura tiene un uso muy extenso y es uno de los procesos de unión más importantes en la manufactura. La soldadura se efectúa con el uso de calor, de presión o ambos. El calor producirá cierto efecto sobre las propiedades de las partes unidas.

Para satisfacer la amplia variedad de necesidades en la manufactura, se han desarrollado y están en uso muchos procesos de soldadura. Los de uso más extenso son arco, gas, resistencia y soldadura dura o con bronce. En las soldaduras de arco y de gas los materiales a unir se funden en el punto de contacto y forman una unión continua.

El uso de adhesivos para unir partes entre sí se considera unión permanente. Los adhesivos se pueden aplicar para unir materiales como metales, plásticos, madera, caucho (hule) y cerámica. Se utilizan adhesivos naturales y sintéticos, pero los sintéticos han ido desplazando paulatinamente a los naturales. Los adhesivos basados en resina epoxi son de los más fuertes y han alcanzado un uso muy extenso en los últimos años. Las uniones con adhesivos son bastante fuertes y tienen un aspecto limpio.

- ✓ **Soldadura:** La AWS define la soldadura como una coalescencia localizada de metal, en donde esa conglutinación se produce por el calentamiento a temperaturas adecuadas, con o sin la aplicación de presión y con o sin la utilización de metal de aporte. El metal de aporte solo se puede emplear si éste y el metal base son compatibles (en términos de la estructura cristalina) y si existe un contacto átomo a átomo (que sólo es posible si las superficies están limpias y libres de material extraño). Si los metales base no son compatibles, es necesario emplear un proceso en el cual no se fundan (como la soldadura fuerte) o un metal de aporte que sea diferente a los de base, pero que se fusione con ellos. La soldadura con arco se define como un grupo de procesos de soldadura en los cuales se produce la coalescencia por calentamiento con uno o más arcos eléctricos, con o sin la aplicación de presión y con o sin el empleo de material de aporte. Los procesos más importantes son: soldadura con arco metálico protegido, soldadura con arco sumergido, soldadura con gas y arco de tungsteno, soldadura con gas y arco metálico y soldadura por puntos con arco. Hay otros procesos, algunos tienen ciertas variantes. En todos estos casos se mantiene un arco entre un electrodo y la pieza de trabajo (o entre dos

electrodos) que forman las terminales de un circuito eléctrico. El que se emplee corriente alterna o continua, puede depender del proceso, el metal de aporte, el tipo de protección, el metal base u otros factores. Los procesos de soldadura pueden ser manuales, semiautomáticos (con mecanización parcial) o automáticos (mecanizados por completo).

- ✓ **La soldabilidad:** Es la capacidad de un metal o combinación de metales para soldarse en una estructura diseñada de modo conveniente a fin de la(s) unión(es) soldada(s) posea(n) las propiedades metalúrgicas requeridas y lleven a cabo satisfactoriamente el servicio pretendido. La buena soldabilidad se caracteriza por la facilidad con que se obtiene el proceso de soldadura, la ausencia de defectos en el proceso y con resistencia, ductilidad y dureza aceptables en la unión soldada. Las propiedades del metal base afectan el rendimiento de la soldadura. Las propiedades importantes incluyen el punto de fusión, la conductividad térmica y el coeficiente de expansión térmica. Podrían pensarse que un punto de fusión más bajo significaría una soldadura más fácil, sin embargo algunos metales se funden con demasiada facilidad para una soldadura. Algunos metales o combinaciones de metales que se sueldan fácilmente mediante un proceso son difíciles de soldar con otro. Por ejemplo el acero inoxidable se suelda fácilmente mediante la mayoría de los procesos de soldadura de arco eléctrico, pero se considera un metal difícil para los procesos de soldadura por oxígeno y gas combustible. Las condiciones de la superficie de los metales base pueden afectar adversamente la soldadura, por ejemplo: la humedad puede provocar porosidad en la zona de fusión. Los óxidos y otras películas sólidas en la superficie metálicas evitan un contacto adecuado e impiden la fusión.
- ✓ **Consideraciones de diseño en la soldadura:** Si se va a soldar permanentemente un ensamble el diseñador debe considerar ciertas pautas. Algunos de los principios y consideraciones importantes cuando se diseña un producto soldado se presentan en la siguiente lista:
 - ✓ **Diseño para la soldadura:** La recomendación básica es que el producto debe diseñarse desde el principio como un ensamble soldado y no como una fundición, forja u otra parte formada.
 - ✓ **Partes mínimas:** Los ensambles soldados deben consistir en la menor cantidad de partes posibles. Por ejemplo, generalmente es más eficiente en costos realizar simples operaciones de doblado sobre una parte, que soldar un ensamble a partir de chapas planas y placas.
- ✓ **Soldadura metálica por arco eléctrico y gas (MIG):** La soldadura por arco eléctrico es un proceso de soldadura por fusión en el cual la unificación de los metales se obtiene mediante el calor de un arco eléctrico entre un electrodo y el trabajo. Un arco eléctrico es una descarga de corriente eléctrica a través de una separación del circuito. Se sostiene por la presencia de una columna de gas térmicamente ionizada, a través de la cual fluye corriente, el arco eléctrico

se inicia al acercar el electrodo a la superficie de la pieza de trabajo después del contacto el electrodo se separa rápidamente de la pieza a una distancia corta. En la soldadura por arco eléctrico y gas, se utiliza un electrodo desnudo consumible y la protección se obtiene inundando el arco con un gas inerte. El alambre desnudo se alimenta en forma continua y automática desde una boina a través de una pistola de soldadura. Los diferentes metales que se utilizan en la soldadura GMAW y las propias variaciones del proceso han dado origen a diferentes nombres. La primera vez que se aplicó a una soldadura de aluminio usando un gas inerte (argón) para protección del arco eléctrico. Este proceso recibió el nombre de MIG (welding, metal inert gas welding). Cuando este proceso de soldadura se aplicó en aceros, se encontró que era más costoso y se usó CO₂ como sustituto.

✓ **Preparación de las superficies metálicas:** La limpieza mecánica y preparación de superficies, implica la remoción física de la suciedad, capas de óxidos ligeras o películas de la superficie de trabajo de la pieza, mediante abrasivos o acciones mecánicas similares. Los procesos usados para la limpieza mecánica tienen frecuentemente funciones adicionales a la limpieza, tales como la remoción de viruta y el mejoramiento del acabado de las superficies.

2.2.3.3. Procesos de Acabado

Las funciones principales de los procesos de acabado son limpiar, proteger y decorar la superficie. La limpieza de la superficie suele ser el primer paso. La limpieza elimina la mugre, aceites, grasa, incrustaciones o costras y herrumbre, a fin de preparar la superficie para un tratamiento adicional. La limpieza se puede efectuar por medios mecánicos como limpieza con chorro de abrasivo o por medios químicos, como limpieza alcalina. Ahora bien, algunos procesos de limpieza pueden servir, a la vez, para la limpieza y acabado. Otros fines de los procesos de acabado son proteger la superficie contra el deterioro y decorarla para aumentar su atractivo estético. El acabado se efectúa al cubrir la superficie con un revestimiento conveniente, tales como revestimientos orgánicos (pinturas), revestimientos metálicos, revestimientos de fosfato, esmaltes porcelanizados y revestimientos de cerámica.

Los productos hechos de metal casi siempre están recubiertos, con pinturas, chapeado u otros procesos. Las razones principales para recubrir un metal son: 1) Proporcionar protección contra la corrosión del sustrato; 2) mejorar el aspecto del producto, por ejemplo para aplicar un color y una textura específica; 3) Aumentar la resistencia al desgaste y reducir la fricción de la superficie; 4) Mejorar la conductividad eléctrica; 5) Aumentar la resistencia eléctrica; 6) Preparar una superficie metálica para un procesamiento posterior y 7) Reconstruir las superficies gastadas o erosionadas durante el servicio.

En el caso del aluminio, la superficie debe estar exenta de grasa. La lámina de alto grado de pulimento debe tratarse con ácido fosfórico o con ácido crómico. Los primeros de amarillo de zinc dan la mejor protección contra la corrosión. La única preparación necesaria para el aluminio usado en interiores es que tenga su superficie limpia; no se necesita aplicarle luego una capa preliminar de amarillo de zinc.

✓ **Clasificación de los recubrimientos:**

- ✓ Chapeado: Implica el recubrimiento de una delgada capa metálica sobre un del sustrato. Algunos de sus procesos afines:
 - ✓ Electroposición o Recubrimiento Químico: Es un proceso electrolítico en el cual se depositan iones metálicos en una solución electrolítica dentro de una parte de trabajo que funciona como cátodo.
 - ✓ Electroformado: Implica la deposición electrolítica de metal en un patrón hasta obtener el grosor requerido.
 - ✓ Deposición sin electricidad: Se produce mediante reacciones químicas y no se requiere de una fuente de corriente eléctrica
- ✓ Recubrimiento por deposición: Es una familia de procesos en las cuales se forma una película delgada de óxido, fosfato o cromato sobre una superficie metálica mediante reacción química o electroquímica.
 - ✓ Recubrimiento por conversión química: Se expone al metal a ciertos productos químicos que forman películas de superficies delgadas y no metálicas.
 - ✓ Anodizado: Es un tratamiento electrolítico que produce una capa de óxido estable sobre una superficie metálica. Sus aplicaciones más comunes son el aluminio y magnesio.
- ✓ Deposición física de vapor: Es una familia de procesos, en los cuales se convierte un material a su fase de vapor en una cámara de vacío y se condensa sobre una superficie de sustrato como una película muy delgada.
 - ✓ Evaporación al vacío: Es posible depositar ciertos materiales sobre un sustrato, transformándolo primero de estado sólido a vapor en una cámara de vacío y después permitiendo que se condensen en la superficie del sustrato. La ausencia de aire en la cámara evita la oxidación del material fuente a las temperaturas de calentamiento
- ✓ Deposición química de vapor: Implica la deposición de un recubrimiento mediante condensación sobre un sustrato, desde la fase de vapor.
- ✓ Recubrimientos orgánicos: Son polímeros y resinas producidos en forma natural o sintéticas, que se aplican como líquidos que se secan o se endurecen como películas delgadas en material del sustrato. Se aprecian por su variedad de colores, bajo costo y facilidad con que se aplican.
- ✓ Recubrimiento pulverizado: se aplican como partículas sólidas y secas y finalmente pulverizadas que se funden en la superficie para formar una película líquida uniforme.
- ✓ Recubrimientos Cerámicos: la porcelana es una cerámica hecha de caolín, feldespato y cuarzo. Se aplica en metales de sustrato tales como acero,

hierro fundido y aluminio como un esmalte vítreo. Son valiosos por su belleza, color, tersura, facilidad de limpieza, inercia química y durabilidad general.

- ✓ ***Recubrimientos Térmicos***: Son más gruesos que los recubrimientos depositados ante los otros procesos ya mencionados.
- ✓ ***Aspersión Térmica***: Se aplican los materiales fundidos y semifundidos sobre un sustrato, donde se solidifican y adhieren a la superficie.
- ✓ ***Revestimiento Duro***: Es una técnica en la cual se aplican aleaciones a los metales del sustrato, como depósitos soldados.
- ✓ ***Revestimiento Flexible***: Es capaz de depositar un material de recubrimiento muy duro, tal como carburo de tungsteno, en una superficie de sustrato.
- ✓ ***Chapeado Mecánico***: Es un proceso de recubrimiento mecánico donde no se utiliza calor, reacción química ni energía electroquímica para realizar la deposición. En lugar de eso se utiliza energía mecánica para construir el recubrimiento, en el chapeado mecánico se frota en un tambor las partes que se van a recubrir, junto con otros polvos metálicos para chapeado, gotas de vidrios y productos químicos especiales para promover la acción del recubrimiento, estos polvos mecánicos son de tamaño microscópico. El tambor al girar le transmite la energía mecánica a los polvos utilizados.

2.2.3.4. Procesos Diversos

El tratamiento térmico y el control de calidad son procesos que se pueden clasificar como diversos o complementarios. El tratamiento térmico se logra al calentar y enfriar el material para cambiarle ciertas características tales como blandura, dureza, ductilidad y resistencia. También se utiliza para relevar los esfuerzos que se producen en el material con otros procesos. Los procesos de tratamiento térmico se aplican a materiales tales como metales, plásticos, vidrio y cerámica. El tratamiento térmico de los metales es de especial importancia y tiene extenso uso en la fabricación de partes metálicas. El tratamiento térmico de las herramientas es de igual importancia.

El control de calidad es parte integral de la manufactura y se aplica durante el curso de la producción y el ensamble de las partes. Su función básica es inspeccionar, controlar y mejorar la calidad del producto y de los procesos.

2.2.4. Instalaciones para la producción

La planeación de nuevas plantas industriales o una ampliación importante de una planta ya existente, requiere estudiar las necesidades presentes y futuras de fabricación de la empresa, su situación financiera, las condiciones económicas generales y la del mercado de capitales, los patrones y condiciones cambiantes del mercadeo y una amplia variedad de políticas generales que influyen en los aspectos fundamentales de sus

operaciones. Tendrán que considerarse, en este orden, la ubicación general de la planta, la selección del sitio, los procesos y distribución, la estructura física y, por último, los procedimientos de contratación para el proyecto de construcción.

Las instalaciones para la producción comprenden la planta, el equipo de producción y el equipo de manejo de materiales. El equipo entra en contacto físico con las partes y ensambles conformes estos se fabrican. Las instalaciones “tocan” el producto. En estas áreas se incluyen también la distribución del equipo dentro de la planta: la disposición de la planta.

Una compañía manufacturera trata de organizar cada una de sus fábricas de una manera organizada y lo más eficientemente posible de manera que pueda cumplir la misión particular de cada planta. Se ha reconocido a través de los años, ciertos tipos de instalaciones que representan la manera más apropiada para organizar determinados tipos de manufactura.

2.2.5. La producción en el proceso de diseño

El proceso de diseño se debe acometer sistemáticamente. Aunque el procedimiento varía un poco de una finalidad a otra, la secuencia de diseño debe incluir las siguientes fases: concepción y evaluación inicial, análisis, diseño general, diseño detallado, desarrollo de accesorios metálicos y producción del diseño.

Durante todo proceso de diseño se debe considerar si es factible producirlo, de tal manera que el producto final está realmente diseñado para fabricación. Si no se ejerce un propósito continuo en esta dirección, invariablemente habrá deficiencia en el diseño mismo.

Entre estas deficiencias podemos mencionar la complejidad excesiva. Por ejemplo, el diseño puede ser más fuerte que lo que realmente se requiere o más pesado de lo necesario; puede requerir cerraduras complejas o mecanismos de indexación, cuando otros más sencillos son suficientes. Entre más complejo sea un diseño, mayor oportunidad habrá de cometer errores de diseño. Los diseños sencillos no solo reducen los costos, sino que usualmente son más rentables y de más fácil mantenimiento. La calidad y el comportamiento del diseño sencillo sobrepasarán el comportamiento de un diseño más complejo.

Una segunda deficiencia común en el proceso de diseño, se presenta con frecuencia cuando no se considera que sea factible producirlo es la restricción de producción. El diseñador funcional especifica inadvertidamente el método por el cual se producirá el diseño.

Por inexperiencia o falta de conocimiento, el diseñador puede no tomar en consideración material o procesos alternativos, los cuales pueden ir detrimento del

propio diseño. El diseñador creativo que trabaja en coordinación con el ingeniero de manufactura que sea fácil producirlo, busca diversas ideas, explora nuevos conceptos y prefiere la simplicidad del diseño mientras evita generalizaciones importantes.

Los errores más comunes de doble dimensionamiento, por ejemplo la especificación de un material incompatible con un proceso deseado, de un diámetro interior roscado en el fondo de un agujero ciego o la especificación de una tolerancia de tierra sobre un diámetro exterior para un reborde, representan una falta de atención a la posibilidad de producción.

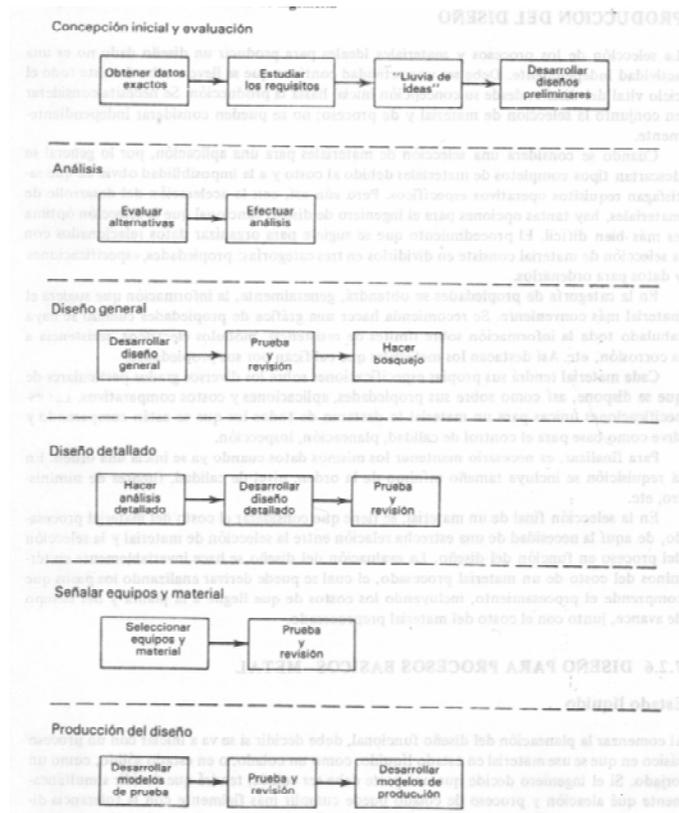


Figura 2.2. El Proceso de diseño de Ingeniería

2.3. Fundamentos teóricos económicos

2.3.1. Análisis Económico de Decisiones

Es la aplicación de las teorías económicas orientadas hacia el estudio económico de proyectos industriales y de servicio. Tradicionalmente, los proyectos se han venido

analizando a través de las técnicas agrupadas bajo el nombre de Ingeniería Económica, El principio básico de la Ingeniería Económica es de sistematizar la visión del ingeniero, para que este pueda evaluar todas aquellas opciones que sean pertinentes con el fin de mejorar la mejor decisión. El estudio de los proyectos económicos no puede desligarse de la contribución que ha venido aportando otras disciplinas como: Matemáticas Financieras, Ciencias actuariales, Economía, Administración entre otras, tanto en el desarrollo teórico como metodológico, produciéndose un efecto de desarrollo incremental y multidisciplinario, que ha permitido avanzar en el área.

El Análisis Económico de Decisiones es realizado en base de una unidad monetaria, en consecuencia las estimaciones de las cantidades de dinero percibidas o dadas durante la evaluación de una decisión económica es una condición necesaria en la cual se sustenta esta disciplina.

2.3.2. Asignación de Costos

Si el cálculo de costos conlleva al establecimiento de acciones precisa, que se derivan del carácter ideológico de las teorías en las que se encuentra inmerso, podemos entonces distinguir cuatro grandes usos del término de costos: como elemento de control, como factor incidente en el criterio de la selección, como base de los cálculos de un precio de venta y como medida de un nuevo ideal.

2.3.3. Punto de Equilibrio

Es una técnica útil para estudiar las relaciones entre los costos fijos, costos variable y el beneficio. El punto de Equilibrio es el nivel de producción en el que son exactamente igual los beneficios por venta a la suma de todos los costos fijos y variables.

2.3.4. Valor Presente

Existen varias herramientas económicas para la comparación de alternativas de inversión. A continuación presenta uno de los más utilizados por ser un método práctico ya que los gastos de entradas se transformaran en unidades monetarias del tipo equivalente actual.

De esta forma es fácil observar la ventaja económica de una alternativa sobre otra. El valor presente es una alternativa sobre otra. El valor presente es un índice que refleja la diferencia de alternativas, teniendo en cuenta el efecto del tiempo sobre el valor del dinero.

También el valor actual nos permite obtener el valor de un proyecto antes de su inicio.

El método consiste en valorar todos los flujos futuros de las diferentes alternativas al tiempo cero ($t = 0$) a una tasa específica de interés “ i ”. El valor presente de una serie

depende del número de términos de la serie, y del periodo sobre el cual se calcula ese valor presente. Esta tasa se obtiene en el Mercado Crediticio Perfecto, cuando la oferta y la demanda del dinero esta en condiciones de equilibrio. Si a esta simplificación añadimos la invariabilidad futura de la tasa de descuento, obtenemos la ecuación:

$$W = Y_t / (1+i)^t$$

Donde:

W: Valor presente.

n: Horizonte económico.

Y_t : Flujo neto de fondos para $t = 0, 1, 2, \dots, n$

i: tasa de descuento.

2.4. Fundamentos del Diseño

2.4.1. Dinámica

Es la rama de la mecánica que estudia el movimiento de los cuerpos bajo la acción de la fuerza. El estudio de la Dinámica esta constituida por dos partes La Cinemática, que es el estudio del movimiento sin hacer referencia las fuerza que lo originan y la Cinética que relaciona la acción de las fuerzas que se ejercen sobre los cuerpos con los movimientos resultantes.

2.4.2. Cinemática

Es el estudio del movimiento sin tener en cuenta las fuerzas que lo producen. Detallando más, la cinemática es el estudio de las posiciones, geometría, desplazamiento, rotaciones velocidades y aceleraciones. El estudio del movimiento orbital de los planetas también es un problema cinemático.

2.4.3. Esfuerzos uniformes distribuidos

Las fuerzas internas que actúan sobre áreas infinitesimales en una sección transversal son de magnitud y dirección variables. Estas fuerzas son de naturaleza vectorial y mantienen un equilibrio a las fuerzas exteriormente aplicadas, la determinación e la intensidad de estas fuerzas sobre las diversas porciones de una sección transversal, pues la resistencia a la deformación y a las fuerzas depende de dichas intensidades.

En general varían de un punto a otro y están inclinadas con respecto al plano de sección. Se acostumbra a descomponer las intensidades en direcciones perpendiculares y paralelas a la sección que se estudia.

La intensidad de la fuerza perpendicular o normal de la sección se llama *esfuerzo normal* en un punto. Los *esfuerzos normales* que producen tensión otra acción en la

superficie de una sección transversal se denomina *esfuerzos de tensión*. Por otra parte, los que actúan o presionan contra la sección transversal reciben el nombre de *esfuerzo de compresión*. Las otras componentes de intensidad de fuerza actúan tangencial o paralelamente al plano del elemento del área se llama *esfuerzos cortantes*.

2.4.4. Limite de fluencia

Un ligero aumento en el esfuerzo más allá del límite elástico provocara un colapso del material y causará que se deformen permanentemente. Este comportamiento se llama *fluencia* y esta indicado por la región más oscura de la figura 2.3. El esfuerzo que origina la fluencia se llama esfuerzo de fluencia o punto de fluencia, σ_y , y la deformación que ocurre e llama deformación plástica. Al contrario de la carga elástica, una carga que ocasione la fluencia del material no cambiará permanentemente las propiedades del material cambiará permanentemente las propiedades el mismo. Los aceros bajo de carbono o aquellos que son laminados o rolados en caliente se distinguen dos valore para el punto de fluencia. El *punto superior de fluencia* ocurre primero, seguido por una disminución súbita en la capacidad de soportar las cargas, hasta un *punto inferior de fluencia*.

Cuando la fluencia ha terminado, puede aplicarse más carga a la probeta, resultando una curva que se eleva continuamente pero se va aplanando hasta llegar a un esfuerzo máximo, llamado *esfuerzo ultimo*, σ_u . La elevación en la curva de esta manera se llama *endurecimiento por deformación*.

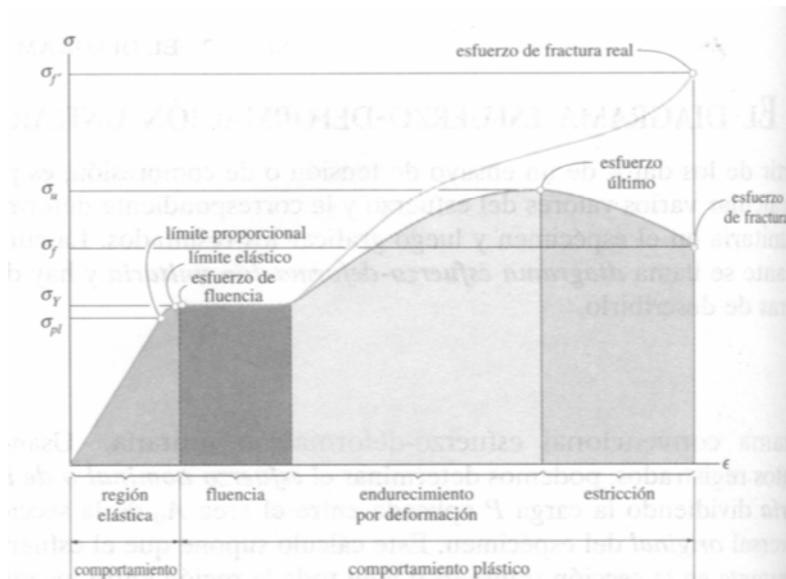


Figura 2.3: Diagrama esfuerzo-deformación unitario, convencional y real para un material dúctil.

2.5. Fundamentos Teóricos de simulación

La complejidad y aleatoriedad de muchos fenómenos estudiados por el hombre conducen a modelos en los que la obtención de soluciones óptimas puede llegar a ser una tarea difícil y costosa. La Simulación es una técnica que permite el análisis de sistemas bajo condiciones alternativas a través de modelos, reduciendo costos y riesgos. Esto es principalmente importante cuando el sistema a estudiar es esencialmente dinámico.

2.5.1 Modelado del sólido

Los sistemas de diseño paramétrico 3D actuales son potentes y eficientes, ya que permiten crear modelos y modificarlos o actualizarlos rápidamente. Para explotar toda la potencia de estos modelos, los diseñadores se ven obligados a crear y gestionar numerosas, y a menudo frustrantes, ecuaciones y relaciones paramétricas entre piezas.

2.5.2. Parametrización

La parametrización es una técnica de programación que permite tratar datos en diversas condiciones de funcionalidad.

Un parámetro es un valor que asume una variable por una aplicación específica o un nombre en un procedimiento que se utiliza para referirse a un argumento que se ha pasado a dicho procedimiento.

2.5.3. Simulación Dinámica

La simulación dinámica (SD) ó Dinámica de Sistemas (DS) es una herramienta de modelado, *formato rtf* ó herramientas de modelado y simulación *formato pdf*, que permite representar sistemas y simular sus comportamientos pasados y futuros. Un sistema es una percepción de la realidad que el simulador quiere representar, y ésta puede ser diferente dependiendo de los fines que desee satisfacer. Una vez definido el sistema se construye un modelo que reproduzca su comportamiento global mediante el funcionamiento interrelacionado de la multiplicidad de mecanismos parciales que lo componen, para así disponer de una herramienta que permita simular el impacto de distintas estrategias sobre las variables de interés.

2.5.4. Fotorealismo y animación

La realización de imágenes generadas por computadora es, en la actualidad, una poderosa herramienta destinada a mejorar la interpretación de un diseño, describiendo con absoluta precisión los detalles y el espíritu de la propuesta. Para visualizar en forma exacta lo diseñado, antes de su construcción, ya sea como maqueta o insertándolo en su futuro entorno real de implantación. Esta herramienta sirve para obtener una optimización total de la ideas antes de realizarla, bajando los posibles costos adicionales

que conllevan los errores de diseño o discrepancias a la hora de entregar al cliente la propuesta ya terminada.

2.6. Ergonomía y antropometría

2.6.1. Biomecánica

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

Para una correcta aplicación de las leyes que rigen el movimiento del cuerpo así definido, es necesario considerar la forma como se acomoda el trabajador a su lugar de trabajo, como opera los controles pedales o manuales y como el cuerpo efectúa las fuerzas, en forma leve o en forma violenta.

Es decir, la biomecánica está relacionada con la postura del cuerpo, con el movimiento, con la actividad muscular y con la postura del cuerpo, con el movimiento, con la actividad muscular y con las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y desde el cuerpo humano.

Mediante transductores de fuerzas, cámaras de cine, electromiografía y hasta con un simple dinamómetro, se pueden hacer registros instantáneos del hombre que está trabajando, examinar su postura y analizar sus movimientos en detalle.

2.6.2. Postura del Cuerpo

Con el propósito de establecer puntos de referencia que nos indiquen la postura de una persona con relación a los movimientos de su cuerpo, se definen los planos medio sagital, frontal y horizontal o transversal y las posiciones relativas a cada uno de estos planos.

2.6.2.1. Los Músculos y el Manejo de Cargas

Cada vez que en el hombre se produce un movimiento, siempre hay algún músculo contrayéndose y algún relajándose. La forma y el tamaño de un músculo determinan su capacidad para hacer fuerza y de excitación por medio de sus unidades motoras motoneuronas, con sus inervaciones hacia las fibras musculares esqueléticas.

Los músculos que ejecutan acciones delicadas y precisas poseen unidades motoras pequeñas, mientras que los músculos de acción fuerte tienen unidades motoras

grandes, con muchas fibras musculares por cada motoneurona. Esto indica hacia qué grupos musculares se deben orientar el trabajo pesado y el trabajo liviano.

2.6.3. Antropometría

Se ha observado que buena parte de los individuos de las zonas cálidas tienden a tener el tronco más estrecho, mientras que los individuos de zonas altas y frías presentan un tronco más robusto. Estas diferencias se presentan por un acondicionamiento para el intercambio de calor con el ambiente en el primer caso para conservar el calor del cuerpo en el segundo.

También se presentan diferencias en las dimensiones corporales, que están determinadas por las oportunidades nutricionales. Algunas de ellas son decisivas y están determinadas por la nutrición recibida en los primeros años de vida, y son por ejemplo, la altura, la complexión y el tono muscular. Otras corresponden a los hábitos alimentarios que existen entre diferentes grupos poblacionales, bien sea por las facilidades de acceso a los alimentos o por aspectos culturales, y entre ellas se destaca el peso.

Por otro lado, la actividad física desde temprana edad incide en el crecimiento total del individuo, y la actividad física constante incide en la funcionalidad de los grupos musculares comprometidos con tal actividad y en el nivel de acumulación de grasa en el tejido subcutáneo.

Las diferencias entre hombres y mujeres están en el tamaño de muchas partes del cuerpo y en su apariencia externa. Algunas de esas diferencias pueden cuantificarse en las relaciones obtenidas por el Instituto Nacional de Tecnología de Brasil:

- ✓ “El hombre, en general, presenta hombros y tórax más grandes y la pelvis relativamente estrecha; los brazos y las piernas son más largos, con manos y pies mayores.
- ✓ El cráneo masculino tiene mayores prominencias que el femenino con excepción de las prominencias temporales, que son más protuberantes en la mujer.
- ✓ La mujer presenta hombros estrechos, con el tórax más pequeño y redondeado; la pelvis es más grande e inclinada al frente; los brazos y piernas son más cortos, y las manos y los pies menores.
- ✓ La diferencia media entre la altura de hombres y mujeres se encuentra entre el 6% y el 7%.
- ✓ En cuanto a la constitución física, en el cuerpo masculino predomina el tejido muscular sobre el adiposo y en el femenino es a la inversa. Esto se da en todas las edades”¹.

¹ Manual de datos antropométricos. Instituto Nacional de Tecnología, Brasil, 1995.

Dimensiones Antropométricas Estructurales y Funcionales

En la actualidad se distinguen dos tipos de dimensiones antropométricas que es necesario considerar en el diseño de todo proyecto: las estructurales y las funcionales.

Las dimensiones antropométricas estructurales o antropometría estática están relacionadas con las dimensiones de segmentos específicos del cuerpo humano, alturas, perímetros, anchuras, larguras y masa corporal.

Las dimensiones antropométricas funcionales o antropometría dinámica están relacionadas con las dimensiones resultantes del movimiento del cuerpo humano o de sus partes, tales como: cambios posturales, ángulos, alcances, velocidades, aceleraciones, fuerzas y espacios descritos en las trayectorias de los movimientos.

Las dimensiones antropométricas estructurales se aplican a diseños de objetos que requieren pocos movimientos o a espacios de actuación que no tienen en cuenta el movimiento tridimensional. Las dimensiones antropométricas funcionales se aplican a diseños de puestos o estaciones de trabajo donde hay que considerar la dimensión para determinar la función específica que se va a desempeñar.

Adicionalmente existe la antropometría newtoniana, que se refiere al subconjunto de datos estructurales y funcionales que se requieren en la aplicación de las leyes de Newton principios de mecánica para el análisis de la actividad humana.

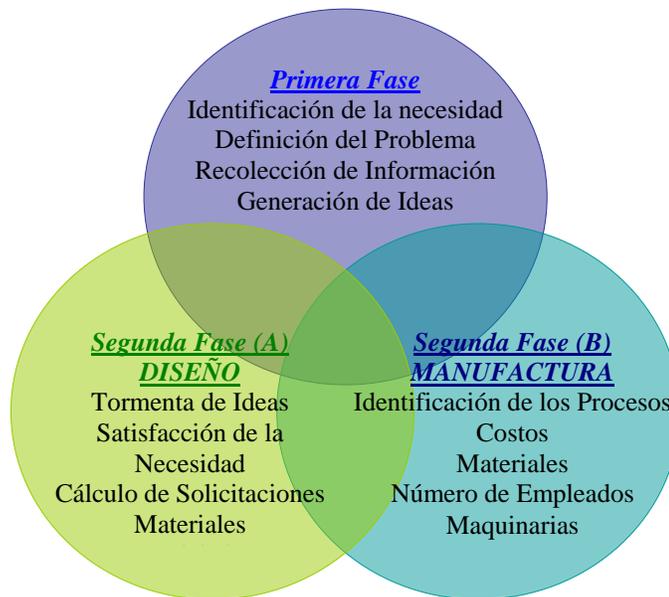
CAPÍTULO III: Metodología

3.1. Consideraciones Generales

El método de Diseño Concurrente aplicado al desarrollo de una silla de ruedas pretende crear una silla de ruedas estándar que se cubra la mayor cantidad de necesidades que presentan a diario los discapacitados, con el fin de brindarles la posibilidad de obtener un producto orientado bajo el criterio de costos razonables, lo cual implica la optimización del diseño desde el punto de vista de la factibilidad de fabricación del producto final.

En el presente marco metodológico se introducirán anticipadamente los diversos procedimientos para recopilar, presentar y analizar los datos, con el fin de cumplir con el propósito general de la investigación planteada.

3.1.1. Fases de la Metodología aplicada para obtener el diseño final



3.2. Tipo de Investigación

De acuerdo al problema planteado, referido al diseño concurrente de sillas de ruedas que permitan abarcar la mayoría de las lesiones de los discapacitados, y en función de sus objetivos, se incorpora una investigación del tipo Exploratoria. Esta investigación estará dividida en dos fases: La primera consiste en reconocer los principales elementos que debe poseer una silla de ruedas estándar, ergonómica, que tenga un amplio espectro dentro de los usuarios, mediante la aplicación de una encuesta a una muestra de la población de veinte individuos con discapacidad motora permanente, los cuales presentan cierta movilidad en el tronco y extremidades superiores. En la segunda fase y atendiendo a los resultados obtenidos de la encuesta, se desarrollará el diseño que se ajuste a los requerimientos planteados con el fin de satisfacer las necesidades de los usuarios, de una manera sencilla y económica.

3.3. El diseño de Investigación

Considerado y delimitado el tipo de investigación asumido en el estudio, seguidamente se debe definir cuál es el diseño de investigación que se adecua al tipo de investigación que ha sido definida, en función de los objetivos generales y específicos de la misma.

Definimos el diseño de la investigación como el plan global en el contexto del estudio propuesto, que permite orientar desde un punto de vista técnico y guiar durante todo el proceso de investigación, desde la recolección de los primeros datos hasta el análisis e interpretación de los mismos en función de los objetivos definidos. Atendiendo a esto, de manera primaria, la investigación se orienta hacia la incorporación de un diseño de campo, por cuanto éste permite no solo observar, sino recolectar los datos directamente de la realidad objeto de estudio, en su ambiente cotidiano, para posteriormente analizar e interpretar los resultados de estas indagaciones.

El estudio propuesto se adecua a los propósitos de la investigación no experimental descriptiva, donde no se han planteado hipótesis, pero si se han definido un conjunto de variables. Se trata de un estudio descriptivo, en la medida que el fin último es el de describir con precisión las características principales que debe poseer una silla de ruedas estándar y ergonómica. Definido así el estudio, el diseño de investigación en función de su dimensión temporal o del número de momentos donde se va a introducir la recolección de los datos, es de tipo descriptivo transeccional, ya que los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia en un momento dado.

3.4. Universo de Estudio

Estadísticamente hablando, se entiende por población un conjunto finito o infinito de personas, casos o elementos que presentan características comunes. Cuando se define la población de una manera vaga, no es posible saber cuáles son las unidades consideradas al

seleccionar la muestra. Por consiguiente, se hace necesario precisar antes de delimitar la muestra, las unidades de estudio del proyecto.

Al recoger datos relativos a las características de un grupo de individuos u objetos, sean alturas y pesos de estudiantes de una universidad o tuercas defectuosas en una fábrica, suele ser imposible o nada práctico observar todo el grupo, en especial si es muy grande. En vez de examinar el grupo entero, llamado población o universo, se examina una pequeña parte del grupo, llamada muestra.

Una población puede ser finita o infinita. Por ejemplo, la población consistente en todas las tuercas producidas por una fábrica un cierto día es finita, mientras que la determinada por todos los posibles resultados de sucesivos lanzamientos de una moneda (cara o sello) es infinita.

Si una muestra es representativa de una población, es preferible inferir importantes conclusiones sobre la población a partir del análisis de la muestra. La fase de la Estadística que trata con las condiciones bajo las cuales tal diferencia es válida se llama estadística inductiva o inferencia estadística. Ya que dicha inferencia no es del todo exacta, el lenguaje de las probabilidades aparecerá al establecer nuestras conclusiones.

La parte de la estadística que sólo se ocupa de describir y analizar un grupo dado, sin sacar conclusiones sobre un grupo mayor, se llama estadística descriptiva o deductiva.

3.4.1. Variables: Discretas y Continuas

Una variable es un símbolo, tal como X, Y, H, x o B, que puede tomar un conjunto prefijado de valores, llamado dominio de esa variable. Si la variable puede tomar un solo valor, se llama constante.

Una variable que puede tomar cualquier valor entre dos valores dados se dice que es una variable continua; en caso contrario diremos que es una variable discreta. Los datos que admiten descripción mediante una variable discreta o continua se denominan respectivamente datos discretos y continuos. En general, las mediciones dan lugar a datos continuos y las enumeraciones o recuentos, a datos discretos.

3.5. Instrumentos de Recolección de Información

De manera general, la búsqueda y observación de los hechos relevantes en todas las ciencias, que permiten construir los conceptos teóricos convenientemente operacionalizados, parten de diversos métodos de observación entre los cuales se ubican:

1. Los que centran su atención en la observación y el análisis de la diversidad de fuentes documentales existentes, donde los hechos han dejado huellas y demandan la incorporación de una serie de técnicas y protocolos instrumentales muy específicos.

- Clasificados también, como fuentes secundarias, por cuanto estos datos han sido reunidos por otros individuos.
2. Los que incorporan la observación, bien sea humana (observación directa, indirecta, participante, no participante, sistemática, estructurada, etc.) o mecánica (con el uso de instrumentos tales como cámaras fotográficas, de vídeo, grabadores, etc.) para el análisis de la conducta o cualquier hecho social.
 3. Aquellos que se dedican a la observación de la realidad y exigen respuestas directas de los sujetos estudiados, donde se interroga a las personas en entrevistas orales o por escrito, mediante el uso de encuestas, entrevistas, cuestionarios o medidas de actitudes. Estos dos últimos grupos de métodos se ubican dentro de la clasificación de fuentes primarias, debido a que los datos son reunidos y utilizados por el investigador a partir de la observación directa de la realidad objeto de estudio.

3.5.1. Descripción de los Instrumentos y Técnicas de recolección de los Datos

Al enunciar el conjunto de técnicas e instrumentos de recolección de información, se debe efectuar una descripción específica de cada uno de ellos, en función del proceso de investigación propuesto y atendiendo al conjunto de orientaciones que se expresan seguidamente, recordando siempre que no se pueden emplear las mismas técnicas para alcanzar objetivos diferentes.

Técnicas documentales

Se emplearán una diversidad de técnicas e instrumentos de recolección de información que contienen principios sistemáticos y normas de carácter práctico, muy rigurosas e indispensables para ser aplicados a los materiales bibliográficos que se consultarán a través de todo el proceso de investigación, así como en la organización del trabajo escrito.

Para hacer el análisis profundo de las fuentes documentales se utilizarán técnicas de: observación documental, presentación resumida, resumen analítico y análisis crítico. A partir de la observación documental, mediante la lectura general de los textos se iniciará la búsqueda y observación de los hechos presentes en los materiales escritos consultados que son de interés para esta investigación. Esta lectura inicial, será seguida de varias lecturas detenidas y rigurosas de la bibliografía existente, a fin de captar sus planteamientos esenciales y aspectos lógicos de sus contenidos y propuestas, a fin de extraer los datos útiles para el estudio que se está realizando. La aplicación de la técnica de presentación resumida de un texto, permitirá dar cuenta de manera fiel y en síntesis, acerca de las ideas básicas que contienen las obras consultadas. Vale la pena destacar que esta técnica asume un papel importante en la construcción de los contenidos teóricos de la investigación, así como en lo relativo a los resultados de otras investigaciones que se han realizado en relación con el tema y los antecedentes del mismo. La técnica de resumen analítico se incorporará para descubrir la estructura de los textos consultados y delimitar sus contenidos básicos en función de los datos que se

precisan conocer. La técnica del análisis crítico de un texto contiene las dos técnicas anteriores, introduce su evaluación interna, centrada en el desarrollo lógico y la solidez de las ideas seguidas por el autor del mismo. Dada la importancia de las técnicas anteriormente descritas, se emplearán en todo lo relativo al desarrollo y delimitación del momento teórico de la investigación.

Algunas de las técnicas operacionales para el manejo de las fuentes documentales, requeridas en la presente investigación, son: el subrayado, fichaje, bibliográficas, de citas y notas de referencias bibliográficas y de ampliación de texto, construcción y presentación de índices, presentación de cuadros, gráficos e ilustraciones, presentación del trabajo escrito, y otras.

Técnicas de Relaciones individuales y grupales

Dentro del conjunto de técnicas que se introducirán a fin de cumplir con los objetivos del proceso de esta investigación, vinculada al diagnóstico de la situación actual, permitirán captar las causas que originan el problema y de esta manera poder plantear los correctivos necesarios para solventar la situación. Entre las técnicas utilizadas tenemos: la observación directa y sistemática en la realidad objeto de estudio, la entrevista y la encuesta.

Partiendo inicialmente de la técnica de observación científica, y desde la perspectiva teórica que orienta este estudio, se intentarán captar las necesidades de las personas que presentan discapacidad, mediante una serie de observaciones directas y sistemáticas, que permitan asegurar y confirmar los planteamientos e inquietudes que presenta la muestra de estudio. Al inicio de la investigación, la observación fue simple y directa, esperando captar los parámetros relevantes de manera espontánea para luego registrarlos. Generalmente se asumirá el papel de espectador, con el fin de obtener de estas observaciones la mayor cantidad de información posible, relacionada con cada uno de los parámetros que involucra el desplazamiento, la incorporación a las diversas actividades y el desenvolvimiento en una silla de ruedas, así como las ventajas y desventajas de algunos de los modelos existentes en el mercado, con el fin de extraer un número significativo de cualidades positivas para el momento de desarrollar el diseño. Como herramientas de trabajo para la realización de la técnica de observación, utilizaremos: un registro de notas, una cámara fotográfica y en algunas ocasiones un grabador.

Otra herramienta de gran utilidad que se empleará será la entrevista, la cual podemos definir como un proceso de comunicación verbal recíproca, con el fin de recoger informaciones a partir de una finalidad previamente establecida. La entrevista fue planteada a través de preguntas abiertas, con un orden preciso y lógico, introduciendo un plan flexible previamente preparado en relación con las cuestiones que son de interés en el estudio, que nos llevarán a cumplir con los objetivos del diagnóstico. A partir de la entrevista, y mediante el diálogo directo, espontáneo y confidencial, se intentará

producir una gran interacción personal entre los investigadores y los sujetos investigados, con relación al problema estudiado. Después de tener una visión menos superficial acerca de la problemática que nos ocupa, se introducirá la entrevista centrada, previo establecimiento de los factores que influyen en la situación analizada. Se elaborará un cuadro de preguntas abiertas y cerradas en un orden lógico, focalizando la atención en aquellos factores de interés, que han sido determinados mediante la revisión bibliográfica y las observaciones sistemáticas realizadas. Esta información recolectada nos permitirá diseñar más acertadamente el otro instrumento de recolección de información que se utilizará: la encuesta.

La encuesta, considerada un medio de comunicación escrito y básico entre el encuestador y el encuestado, facilita traducir los objetivos y las variables de la investigación a través de una serie de preguntas muy particulares, previamente preparadas en forma cuidadosa, susceptibles de analizarse en relación con el problema estudiado. Este importante instrumento de recolección de información se aplicó con el propósito de permitirle al individuo entrevistado expresar sus pensamientos con respecto a su percepción de la silla de ruedas como medio útil de transporte y mecanismo de integración en la sociedad, de manera de corroborar los puntos a favor y en contra que presentan estos dispositivos en el desarrollo de las actividades cotidianas de sus usuarios.

A este nivel del proceso de recolección de datos, y definido el objetivo de la encuesta, delimitadas las variables de estudio, la problemática general y específica que deberá contener y la naturaleza de los datos que se desean recoger en relación con los propósitos de la información, se procederá a diseñar este instrumento. Teniendo en cuenta la información que se desea obtener, se incorporó en la encuesta una serie de preguntas de hecho, de opinión y preguntas test, las cuales son abiertas y cerradas, directas o indirectas, preformadas y en abanicos de respuestas. A cada una de estas preguntas se les incorporó un código, numérico y alfanumérico, en cada una de las posibles alternativas de respuestas que se han introducido para cada interrogante. Vale la pena destacar que esta codificación permite y facilita el manejo de los datos con relación a su posterior tabulación, presentación y análisis. En cuanto a la organización de la encuesta, se tuvo especial cuidado que tanto el contenido de los aspectos indagados como la naturaleza de las preguntas que se formularon, sugirieran un orden lógico, sin rupturas y fácil de seguir para la persona encuestada. Como estrategia de diseño de este instrumento, al inicio del mismo aparecen los datos de identificación de la persona, por considerar que estas preguntas son las más fáciles de responder, manteniendo el anonimato y el carácter confidencial de sus respuestas. De igual manera, las preguntas relativas a cada uno de los aspectos de la situación analizada, se agruparon para su presentación, atendiendo a su contenido y atendiendo la secuencia del tema indagado. En relación a la redacción, se redactaron preguntas de manera impersonal, limitadas a una sola idea, con la finalidad de permitirle al individuo encuestado expresar sus pensamientos respecto a la problemática presentada.

Ejemplo 3.1. Modelo de la encuesta realizada



Encuesta

La presente encuesta tiene como objetivo recopilar la información más importante para el desarrollo de una silla de ruedas funcional. La misma fue elaborada por los tesisistas: Pérez V., Milagros V. y Moreno M., Gustavo A., cuyo trabajo especial de grado tiene como título: **DISEÑO CONCURRENTE DE SILLAS DE RUEDAS**, la cual será presentada para la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Central de Venezuela.

Agradecemos toda la colaboración que nos puedan brindar y la mayor sinceridad al momento de responder cada una de las siguientes interrogantes. Si tienen alguna sugerencia adicional, lo pueden hacer en la parte final de la encuesta.

Nombre:(opcional) _____.

Edad: _____. Sexo: _____. Domiciliado en: _____.

Tipo de lesión que presenta: _____.

Edad desde la que presenta la lesión: _____.

Tipo de silla de ruedas que posee: _____.

Tiempo que tiene con su actual silla de ruedas: _____.

Actividades que realiza (especifique):

- a) Deportes _____.
- b) Trabajo de oficina _____.
- c) Labores de hogar _____.
- d) Otros _____.

Considera que la silla de ruedas que utiliza se adapta a sus necesidades diarias?

- a) Si

b) No (por qué?) _____
_____.

Qué factores considera que limitan la movilidad o capacidad de maniobra de su silla de ruedas?

- a) Tamaño de ruedas delanteras o traseras
- b) Dimensiones generales de la silla
- c) Rigidez del Marco o base de la silla
- d) Otros
(especifique): _____
_____.

Utiliza algún dispositivo adicional en su silla de ruedas?

- a) Si (especifique): _____
_____.
- b) No

Ha necesitado o le gustaría que su silla de ruedas tuviera algún accesorio extra para el desarrollo de su rutina?:

- a) Si (especifique): _____
_____.
- b) No

Alguna sugerencia para el desarrollo de una silla de ruedas funcional?

- a) Si (especifique): _____

_____.
- b) No

Ha solicitado ayuda a alguna de las siguientes instituciones?

- a) Bandesir
- b) Conapi
- c) Fundación Procura
- d) Otras (especifique): _____.

Considera que ha contado con el apoyo necesario de esa(s) institución(es)?

- a) Si
- b) No (por qué?): _____.

Conoce de algún programa de investigación y desarrollo que motive la fabricación de sillas de ruedas con materiales y recursos de nuestro país?

- a) Si (especifique): _____
_____.

b) No

Alguna sugerencia adicional que nos pueda aportar: _____

Técnicas del Área de Organización y Sistemas que se emplearán en el diagnóstico

Además del conjunto de técnicas aludidas por las características de la investigación planteada, también se introducirán técnicas tradicionales muy específicas del área de organización y sistemas, para desarrollar las estrategias que se deben establecer para la elaboración de la silla de ruedas, reconocer los procesos de fabricación involucrados y concatenar las etapas de diseño y manufactura, con el fin de seguir la teoría del diseño concurrente. El flujograma de procesos permitirá mostrar gráficamente las diversas operaciones o tareas que debemos desarrollar para lograr tal fin, tomando en cuenta el personal involucrado en las tareas o pasos que se realizan, así como las acciones requeridas para tales procesos. Estos flujogramas permitirán ilustrar y visualizar de manera gráfica el flujo de factores que determinarán la dirección que seguirá la elaboración del dispositivo.

Aplicando la teoría de la ingeniería concurrente, se podrá fundamentar el análisis de los procesos durante la fase de levantamiento de la información, determinando a partir de la fase de ingeniería de procesos los elementos nodales que afectan el desarrollo de otras operaciones: las demoras, operaciones innecesarias, traslados, etc.

La técnica de organigramas permitirá establecer la representación gráfica de la estructura orgánica de la empresa de manufactura de sillas de ruedas, con las respectivas unidades organizacionales que la conforman, el nivel de comunicación existente, la presencia de categorías especiales, grupos de asesores, funciones que ejecutan, relaciones entre unidades estructurales, los estrictos jerárquicos, niveles de autoridad, entre otras.

3.6. La medición

En esta sección introduciremos algunos instrumentos a objeto de medir las variables consideradas en el estudio, en función de los objetivos de investigación planteados, y en

función de la base de los requisitos de confiabilidad y validez que deben ser tomados en cuenta al incorporar este proceso.

En la fase inicial de este proceso es muy difícil determinar de manera detallada, para cada una de las variables delimitadas, procesos de medición precisos. Sin embargo, de manera tentativa, se presentan algunos lineamientos generales que serán tomados en cuenta, a fin de introducir la medición en el marco de las variables de estudio.

Al considerar que medir es asignar números a objetos y eventos de acuerdo a reglas, se incorporan distintos niveles de medición, atendiendo propiedades abstraídas de cada una de las variables de estudio. En tal sentido, se elegirá el instrumento de medición más apropiado, en función de los parámetros que han de medirse en las variables consideradas. Todo esto se hace con el propósito que el sistema operacional se construirá tomando en cuenta para cada variable, su definición operacional, las dimensiones, los indicadores, que posean un alto grado de significación y puedan expresar la relación más probable con el sistema teórico que orienta el sentido de esta investigación, a fin que pueda concretarse la probabilidad y productividad más alta esperada.

3.6.1. Niveles de medición de las variables

Los tipos de medidas pueden contener una o varias propiedades de un sistema atendiendo a sus características, son: orden, orden y distancia, orden y origen, y finalmente orden, distancia y origen. De estas propiedades de los números, la del orden relacionada con la magnitud, se constituye en la imprescindible e inevitable, lo cual destaca que cualquier propiedad medible tiene que ser necesariamente una propiedad ordenable. Las otras dos propiedades señaladas, pueden estar presentes simultáneamente ambas, una sola o no evidenciarse. En base de las reglas de asignación, se pueden diferenciar cuatro escalas o niveles de medición: 1) escala nominal, 2) escala ordinal, 3) escala de intervalos y 4) escala de razón. En su conjunto implican distintas formas de medir.

La escala nominal representa la forma más primitiva de medida. A este nivel, la operación de medir involucra la asignación de nombres o de números a distintas categorías, donde se clasifican los objetos de investigación con relación a la presencia o ausencia de una determinada característica y en este sentido permite diferenciar distintas categorías atendiendo a la propiedad más sencilla de los mismos. Con la variable sexo podemos ilustrar esta escala, ya que es posible preguntarles a un grupo de individuos cual es su sexo, y asignarle a cada respuesta un número: 1 Masculino y 2 Femenino. En esta escala se está introduciendo un nivel de medición nominal, aunque sea de manera más primitiva. Cuando se trabajan variables nominales, se recomienda emplear para representar los datos obtenidos como técnica gráfica, el diagrama de barras con el propósito de ilustrar el hecho dado.

La escala ordinal es el artificio más simplificado de medida. Algunos autores la consideran como una de las más pobres desde el punto de vista de la información que puede proporcionar. En este nivel de medición, los resultados nos indican que los objetos de investigación pueden ordenarse en relación al grado de sus propiedades de una dimensión determinada y que los sistemas numéricos también pueden ser asignados atendiendo al grado de estas propiedades a fin de ordenar el conjunto medible, porque estos poseen propiedades cuantitativas, lo cual indica, que al presentarse dos o más elementos del conjunto, se puede establecer una relación de orden con respecto a la propiedad. A partir de la escala ordinal, las cosas u objetos de investigación se muestran diferenciados entre sí, y al mismo tiempo se reconoce la existencia de una relación entre grupos de objetos. En el nivel ordinal lo que se está midiendo es la intensidad, la fuerza, el tamaño a partir del cual se evidencia una propiedad, específicamente en cada uno de los objetos de investigación. Para representar gráficamente las variables estudiadas correspondientes a una escala ordinal que posee valores cuantitativos, que implican un orden, también se puede introducir al igual que en las escalas nominales el diagrama de barras.

La escala de intervalos implica la posibilidad de asignar un sistema numérico para medir las distancias de un objeto de investigación. Esta escala supone la adjudicación de un cero arbitrario y a partir de este se delimita la misma. A este nivel es posible introducir operaciones aritméticas donde se midan las distancias, en relación las diferencias (de los intervalos) de los valores de esta escala, lo cual indica que en los datos estudiados se pueden incorporar especificaciones acerca del tamaño de los intervalos y la amplitud que separa a los puntos o los estímulos de la escala. En este tipo de escalas, se puede introducir como técnica gráfica para ilustrar las variables estudiadas el histograma, sustituyendo al diagrama de barras. Otras representaciones gráficas posibles de utilizar para representar las escalas intervalares son: el polígono de frecuencia y la curva de frecuencias acumuladas.

Finalmente, la escala de razón o de cocientes, implica un valor cero absoluto, no arbitrario, que carece del atributo, lo cual indica que este cero es real y permite establecer diferencias precisas entre cualquier par de objetos de investigación. Esta escala se caracteriza también porque no es posible asignarle números negativos, al mismo tiempo que a este nivel de escala pueden introducirse operaciones aritméticas, tanto a las diferencias como a los valores de la escala. Las escalas de razón son las más ricas en cuanto a la información que pueden suministrar. Las escalas de razón permiten la incorporación de los histogramas a fin de representar las variables estudiadas, con la introducción de los polígonos de frecuencia y las curvas de frecuencia acumulada.

3.7. Resultados de la recolección de información

3.7.1. Resultados de la encuesta

Como ya se mencionó anteriormente, el modelo de encuesta diseñado fue aplicado a una muestra finita de la población, compuesta por veinte personas que presentan discapacidad permanente de los miembros posteriores, y que están obligados a la utilización de una silla de ruedas para poder realizar sus actividades cotidianas e integrarse a la sociedad. Esta muestra de la población tiene completa movilidad de las extremidades superiores, lo cual les permite el traslado por sí mismos mediante el uso del dispositivo mencionado.

La información arrojada por este instrumento de recolección de información fue la siguiente:

Tabla 3.1. Resultados de las encuestas realizadas

	Deportes	Oficina	Hogar	Otras	TOTAL
<i>Actividades que realiza</i>	12 (60%)	1 (5%)	2 (10%)	5 (25%)	20
	Si	No			
<i>Adaptación de la silla a las necesidades</i>	12 (60%)	8 (40%)			20
	Tam. Ru	Dimens.	Rigidez	Otros	
<i>Factores que limitan la maniobrabilidad</i>	2 (10%)	2 (10%)	9 (45%)	7 (35%)	20
	Si	No			
<i>Utilización de otros dispositivos</i>	5 (25%)	15 (75%)			20
	Si	No			
<i>Necesidad de algún accesorio</i>	13 (65%)	7 (35%)			20
	Si	No			
<i>Cualidades de una silla funcional</i>	18 (90%)	2 (10%)			20
	Conapi	Bandesir	Procura	Otras	
<i>Ayuda de instituciones</i>	2 (10%)	1 (5%)	15 (75%)	2 (10%)	20
	Si	No			
<i>Ha contado con el apoyo necesario</i>	18 (90%)	2 (10%)			20
	Si	No			
<i>Conocimiento de algún programa de desarrollo?</i>	3 (15%)	17 (85%)			20
	Si	No			
<i>Sugerencias Adicionales</i>	19 (95%)	1 (5%)			20

3.7.2. Características que debe poseer la silla de ruedas estándar

Aunque en apariencia todas las sillas de ruedas son iguales, cada una posee características específicas que las diferencian e incluso le dan aplicaciones particulares. Para conocer los rasgos más importantes que debe tener una silla de ruedas estándar, consultamos múltiples páginas en Internet, Revistas Médicas, Organizaciones y opiniones, tanto de médicos como de los técnicos que laboran en las empresas encargadas de la venta, mantenimiento y reparación de las mismas, y por supuesto, las observaciones más resaltantes: las emitidas por los propios usuarios. Todos los puntos de vista convergieron en que una silla de ruedas estándar debe ser liviana, resistente, ergonómica, funcional, versátil; es muy importante que el posapies inmovilice casi totalmente los pies del discapacitado, ya que estos al carecer de sensibilidad en sus extremidades inferiores pueden padecer fuertes lesiones sin percatarse de ello.

Una silla de ruedas debe tener como objetivo permitir al usuario la máxima funcionalidad, comodidad y movilidad. Para cumplir con esto, la silla debe estar pensada para ajustarse a la persona, no es la persona la que debe amoldarse a su silla. Si se escoge una silla de ruedas no apropiada, el resultado será que la energía del usuario se malgastará de manera innecesaria debido al esfuerzo continuo por modificar su postura, lo que puede generar una discapacidad adicional, tal como deformaciones en la columna, escaras y dolores musculares, entre otras. La silla debe hacerse basándose en las dimensiones del paciente, es decir, debe elaborarse de acuerdo al peso y medidas del usuario, ya que si el discapacitado queda muy holgado en el asiento, podría provocarle severos accidentes, ya que éste no tendría el suficiente control y equilibrio para manejarla. En el caso contrario, si el asiento de la silla fuera muy ajustado, ocasionarían grandes incomodidades y, en algunos casos extremos, podrían provocar severas lesiones e irritaciones en la piel, que comúnmente se conocen como *escaras*. Una *escara* es una costra sobre la piel, es decir, una capa formada sobre la piel lesionada, por desecación de exudado, pus o sangre, durante el proceso de curación.

Dentro de las necesidades presentadas por los discapacitados, también se encontró el hecho que una silla de ruedas funcional debe ser plegable, de una manera fácil y rápida, con la finalidad de poder guardarla sin gran dificultad a pesar que no haya una persona presente que les pueda ayudar. En la mayoría de las sillas con esta propiedad, el plegado se hace tipo libro, es decir, el movimiento que se efectúa para el cierre se hace tomándola por los extremos superiores del asiento y uniéndolos como se realiza cuando cerramos un libro.

Otro accesorio funcional de las sillas de ruedas es el dispositivo que permite la extracción de las grandes ruedas traseras. Este elemento recibe el nombre de *Quick release* (traducido del inglés: liberación rápida), y es una pieza cilíndrica, muy sencilla, que sirve de eje a las ruedas traseras, y mediante una operación sencilla, tal como pulsar un pequeño botón, permite extraer rápidamente las ruedas traseras, con lo que el marco de la silla queda libre y con mucho menor peso.

Resumiendo un poco, podemos establecer de las sugerencias adicionales de las encuestas las siguientes afirmaciones:

- ✓ La mayor parte de la muestra opinó que un factor determinante en la elección de una silla de ruedas, es que esta debe ser muy liviana de manera que la puedan manipular con facilidad y agilidad.
- ✓ En general todos concordaron, que es sumamente importante que la silla de ruedas estándar se pueda plegar, ya que con esto se facilita sustancialmente transportarla en diferentes situaciones, además de brindarle facilidad al momento de guardarla.
- ✓ Hay que tomar en cuenta la estética y el factor psicológico que esto representa, ya que desde el punto de vista personal los motivan más a usarlas. Sugirieron el hecho que se presenten una gran variedad de colores atractivos.
- ✓ El posapies no debe sobresalir mucho, ya que esto ocasiona repetidos tropiezos y trabamientos con objetos e incluso con otras personas, creando una gran incomodidad en el usuario de la silla.
- ✓ Las ruedas preferiblemente deben ser infladas, ya que las sólidas, a pesar de ser más resistentes, provocan mayor fricción, desmejorando el deslizamiento, en especial sobre en pavimentos y pisos rugosos o deteriorados, además de ser muy rígidas y presentar poco amortiguamiento.
- ✓ El cambio en el ángulo de las ruedas traseras les permite un mejor y más rápido deslizamiento, además de brindar la versatilidad de poder cambiar el uso tradicional de la silla de ruedas para ocasiones especiales y deportivas, aportando a su vez mayor estabilidad. Esto representa un aporte desde el punto de vista económico para los usuarios, ya que la mayoría tiene el gusto por practicar algunas disciplinas deportivas.

3.7.3. Comparación entre modelos existentes en el mercado

Hasta ahora se han desarrollado diversos trabajos y estudios que han permitido mejorar las sillas de ruedas convencionales, en cuanto a Ergonomía y funcionalidad. Una silla de ruedas únicamente resulta útil para su usuario si le proporciona comodidad y el asiento le permite:

- ✓ Sentarse erguido en una posición estable y simétrica.
- ✓ Conseguir la máxima capacidad funcional con el mínimo gasto de energía.
- ✓ Reducir la presión que soporta en los glúteos y muslos.
- ✓ Tener una gran maniobrabilidad.

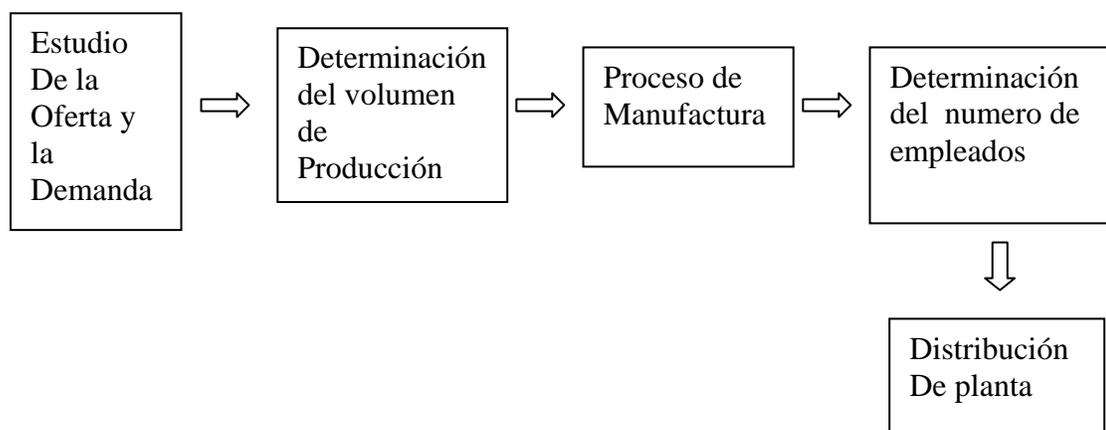
De acuerdo con lo expuesto anteriormente, mediante la información obtenida pudimos conocer que entre los principales modelos de sillas de ruedas, encontramos las siguientes:

Tabla 3.2. Comparación de los modelos comerciales de sillas de ruedas

<i>Modelo</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
 <p>Breezy 510</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elaborada en aleaciones de aluminio resistente y duradera. ✓ Plegable. ✓ Asiento cómodo. ✓ Bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Posición y ángulo de las ruedas traseras, lo cual incrementa el esfuerzo del usuario para poder desplazarse.
 <p>Quickie Revolution</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Silla ultraligera. ✓ Plegado tipo libro, permite guardarla en el automóvil o lugares reducidos. ✓ Marco con gran rigidez, hecho en fibra de carbono. ✓ Posee gran variedad de accesorios adaptables. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Costo muy elevado. ✓ Hay pocos proveedores en nuestro país.
 <p>Quickie GPV</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Silla ligera y deportiva. ✓ Permite cambiar el ángulo de las ruedas traseras. ✓ Marco elaborado en aleaciones de aluminio resistentes. ✓ Asiento cómodo. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Marco rígido (no se puede plegar). ✓ Costo muy elevado.

3.8. Manufactura

En el siguiente organigrama se muestran las etapas del estudio teórico para el desarrollo del proceso de manufactura de la silla de ruedas



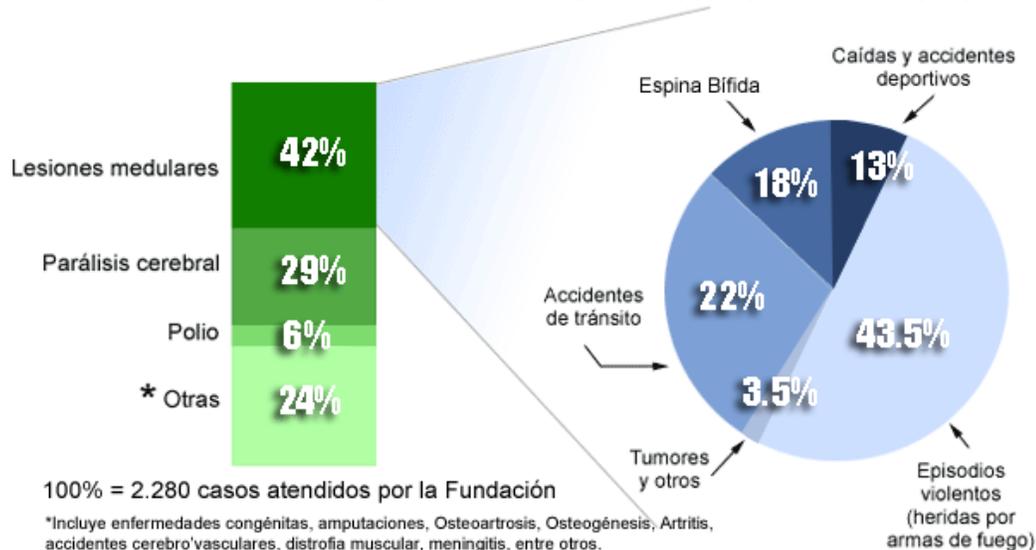
Estudio de oferta y Demanda

Con el estudio de la oferta y demanda se determina el volumen de producción, ambos puntos son simultáneos. Con esto se podrá:

- ✓ Identificar las fuentes de información secundarias: Institutos de beneficencia, fundaciones que brinden ayudas a los discapacitados, entes gubernamentales, y otros
- ✓ Buscar estudios estadísticos del numero de discapacitados en el país¹
- ✓ Recopilar información referente a la oferta y demanda de sillas de ruedas
- ✓ Procesar y analizar la información, mencionados en los dos puntos anteriores
- ✓ Realizar cálculos del posible volumen de producción

¹ Fuente: Fundación Pro Cura de la Parálisis

Gráfico 3.1. Estadística de Discapitados, clasificados por tipo de lesión que presentan



Actualmente en el país contamos con un 0.9 %² de la población total con discapacidad motora, lo que arroja una cifra de 225.000 personas que están obligadas a usar una silla de ruedas. De esta cifra el 80%³ pertenece a los estratos sociales más humildes, por lo cual podemos inferir que un pequeño número de discapitados posee una silla de ruedas.

Según estudios del Instituto Nacional de Prevención Salud y Seguridad Laboral, en el año 2001⁴, en Venezuela se registraron 15.000 nuevos discapitados por año, de los cuales 5000 son discapitados motores con movilidad en el tronco superior.

Realizando una estimación de demanda de sillas para este año, tanto para venta como para la donación, existen actualmente 1200 solicitudes de sillas de ruedas por parte de Fundación Pro-Cura de la Parálisis, 3000 para el Fondo Único Social y otras 3000 para el Instituto Venezolano de los Seguros Esto nos hacer tener una demanda estimado de 7200 sillas aproximadamente para este año.

Proceso de Manufactura

Siguiendo el principio de Diseño Concurrente, para poder establecer el proceso de manufactura se debe:

- ✓ *Identificar los diferentes componentes de la silla de ruedas:* Esta etapa fue cubierta mediante la aplicación de una encuesta, en la cual los usuarios nos plantearon cada una

² Fundación Pro-Cura de la Parálisis

³ Fundación Pro-Cura de la Parálisis

⁴ Cifras estimadas por los Postgrados de Salud Ocupacional

de las necesidades básicas que debe satisfacer una silla de ruedas estándar, las cuales se mencionaron anteriormente, tales como: Asiento ergonómico y cómodo, posapies ajustable a la altura, regulación del ángulo de las ruedas traseras, etc.

- ✓ *Definir las operaciones de manufactura:* Con la finalidad de poder predecir posibles complicaciones y simplificar los ciclos productivos, aplicando los principios de la Ingeniería Concurrente, para crear una armonía entre el proceso de diseño y la manufactura, de manera de obtener un producto óptimo, adaptado a los estándares de calidad, a un bajo costo.
- ✓ *Seleccionar las diferentes maquinarias y equipos requeridos:* Una de las primeras decisiones en la selección del equipo se refiere al grado de flexibilidad o adaptabilidad deseada, ya que depende de la inconstante aceptación por parte del consumidor o de las innovaciones tecnológicas. Mientras más probable sea que se produzcan cambios frecuentes de diseño, más necesario será incorporar flexibilidad en el equipo de producción. Recordemos que una máquina es un activo de capital. Su pérdida de valor de capital con el transcurso del tiempo se recupera teóricamente gracias al valor que aporta a la producción. La inversión se amortiza.
- ✓ *Establecer el número de empleados requerido:* No existen sistemas mecanizados totalmente independientes. Hay siempre un punto de contacto hombre – máquina. En esta combinación encontramos dos variables presentes en la mayoría de las evaluaciones: tiempo y dinero. Para determinar la cantidad de personas que vamos a necesitar en las diferentes operaciones realizadas, usaremos la siguiente ecuación:

$$\text{Número de empleados} = R P \times (t_{\text{fabricación}} / \eta)$$

Donde:

R P es la Rata de producción la cual se calcula:

$$R.P = (\text{volumen de producción diaria}) / t \text{ de trabajo en un día (min)}.$$

$t_{\text{fabricación}}$ = Tiempo necesario para la fabricación de los componentes de la silla de ruedas.

η = Eficiencia en la producción

Distribución de planta

- ✓ *Identificar los componentes de la silla de ruedas que presentan procesos de manufactura similar y agruparlos en celdas:* Esto se hace con el fin de optimizar los procesos y agilizar cada una de las operaciones que intervienen en la elaboración de las partes. De esta manera también se reduce el espacio físico necesario para la creación de la planta.

- ✓ *Reconocer procesos redundantes:* De manera de aprovechar al máximo el tiempo de operación de las máquinas así como el tiempo total de producción, con lo que se reducen a su vez los costos por mano de obra calificada.
- ✓ *Establecer los equipos y las máquinas herramientas necesarias para la producción de los elementos de la silla de ruedas:* Para poder estimar la inversión inicial necesaria para la creación de la planta y obtener un aproximado de los costos de producción del producto final.
- ✓ *Ubicación de la Planta:* Debe tenerse especial atención en este punto en vista de las consecuencias a largo plazo. Las tendencias actuales en cuanto a ubicación parecen preferir los parques industriales en zonas suburbanas atractivas con instalaciones centralizadas de servicios. Otras tendencias sugieren los proyectos de renovación urbana en el centro y las localidades en el extranjero cerca del mercado de exportación o de los recursos naturales.
- ✓ *Realizar la distribución de planta:* Para hacer esto es necesario tener en cuenta el espacio físico necesario para la colocación de las máquinas y equipos, tomando en cuenta que no se produzca interferencia entre ellos, cumpliendo con las normas de seguridad industrial establecidas por COVENIN. Una vez elegida *el área geográfica general*, la ubicación se tiene que reducir todavía a un lote de terreno específico. Por supuesto el terreno tiene que ser lo suficientemente grande para las operaciones de la planta y los espacios de estacionamiento y de los almacenes.

CAPÍTULO IV: El Diseño.

4.1. Introducción

El diseño en Ingeniería se define como el proceso de aplicar diversas técnicas y principios, con objetivo de definir un dispositivo, un proceso, o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización.

En el siguiente capítulo se expondrá detalladamente el diseño del dispositivo, los modelos matemáticos y el análisis del diseño. Una vez finalizado el diseño y cumplido todos los requerimientos necesarios tales como: resistencia, confiabilidad, durabilidad, seguridad, mantenimiento, entre otros se procederá en los siguientes capítulos a señalar el proceso de fabricación utilizados.

4.1.1. Restricciones del dispositivo

- ✓ Los materiales escogidos para el dispositivo deben poseer propiedades para su fabricación.
- ✓ Los materiales deben tener disponibilidad en el mercado.
- ✓ El diseño debe estar compuesto por partes geométricas sencillas y adaptadas a los requerimientos de uso.
- ✓ Su estructura debe ser capaz de soportar las sollicitaciones a las cuales estarán sometidos durante su uso.
- ✓ El dispositivo inicialmente se diseñará para personas adultas.

4.2. Identificación de las necesidades

Actualmente el país no cuenta con empresas, que produzcan sillas de ruedas desde el punto de vista industrial, pero si artesanalmente, y por eso se hace necesario importarlas, en nuestro caso desde países como Brasil y USA donde evidentemente no tienen las mismas condiciones urbanísticas, sociales y culturales de nuestro país. Es importante resaltar que el 80% de los minusválidos en nuestro país son de bajo recursos.

Uno de los propósitos principales de nuestra silla de ruedas es que la silla se adapte al usuario y no el usuario a la silla de ruedas, además de que sea diseñada para el uso diario y que se pueden adaptar a las diferentes necesidades del usuario como: comodidad, ergonomía, funcionalidad y movilidad, permitiendo una mayor independencia en las diferentes tareas de la vida diaria.

4.3. Definición del Problema

En Venezuela actualmente no hay producción nacional de sillas de ruedas. El mercado existente es cubierto por sillas de ruedas importadas, lo que genera ciertas desventajas

ineludibles, tales como el elevado costo, muchas veces inalcanzable, para la mayoría de los discapacitados.

El hecho de que no hay una rápida capacidad de respuesta ante las diferentes solicitudes realizadas, tanto de la misma silla así como de sus respectivos repuestos y servicios de mantenimiento, ocasionados por diferentes motivos como, los diferentes y numerosos trámites de importación y aduana, los problemas de traslado, en fin, un sin número de inconvenientes que entorpecen el proceso de adquisición de tan importante dispositivo.

La mayoría de los modelos de sillas de ruedas que ofrece el mercado son diseños muy básicos que no satisfacen los requerimientos de los usuarios.

4.4. Recolección de Información

Para la elaboración de las diferentes alternativas pedimos información a diversas fuentes, las cuales clasificamos en dos grandes grupos: las fuentes primarias, a las personas con discapacidad que utilizan sillas de ruedas, y fuentes secundarias a los diferentes organismos, tanto públicos como privados, que brindan ayuda a los discapacitados, entre los cuales podemos citar:

- ✓ Conapi (Consejo Nacional para la Integración de Personas con Discapacidad)
- ✓ Importadora Orgatec
- ✓ Fundación Pro-cura de la parálisis cerebral
- ✓ Bandedir (Banco de sillas de ruedas)

4.5. Tormenta de Ideas

4.5.1. Definición Tormentas de ideas

Este método fue ideado por Alex Osborn (1978) y consiste en reunir un grupo para trabajar sobre un problema. El grupo debe trabajar sobre las siguientes reglas:

- ✓ No se permite ninguna evaluación o juicio sobre las ideas, de no ser así se corre el riesgo de que cada participante se enfoque en defender su idea en vez de buscar nuevas ideas.
- ✓ Debe buscarse un gran número de ideas porque esto ayudara a evaluarlas internamente y porque la cantidad, en este caso genera calidad.
- ✓ Debe promoverse entre los miembros del grupo que constituyan o modifiquen las ideas de otros, porque esto generalmente desemboca en otras ideas superiores a las iniciales.

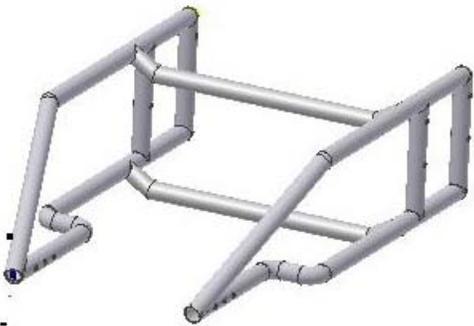
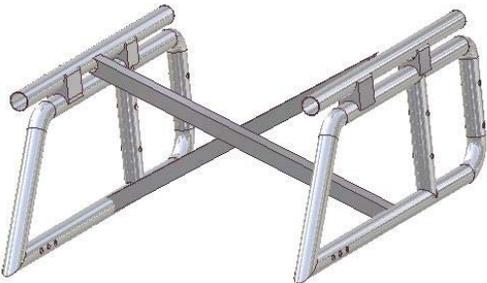
A continuación se muestra cada una de las ideas aportadas en las tormentas de ideas, de las cuales seleccionamos las cuatro más razonables y factibles que se adaptaran a las

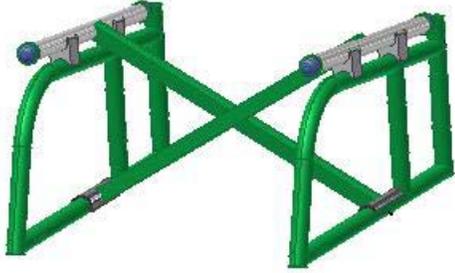
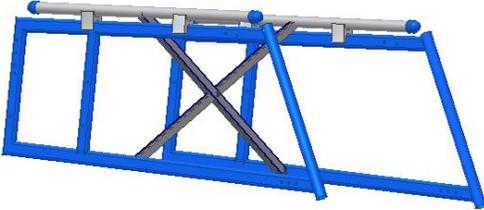
necesidades de funcionalidad, comodidad y ergonomía, factores determinantes para la elección del diseño.

4.5.2 Alternativas para la selección del marco

Antes de plantear la matriz morfológica de la tormenta de ideas, es necesario plantear las características que poseen cada uno de los diseños a estudiar, con el fin de obtener un resultado preciso y objetivo de la selección óptima y que se ajuste mejor a las necesidades de sus usuarios. Por estas razones proponemos lo siguiente:

Tabla 4.1. Ideas Propuestas

Diseño	Descripción
	<p><u>Diseño N° 1:</u> Es un marco rígido, provisto de dos tubos paralelos que le proporcionan la firmeza y dos armazones laterales curvas que complementan la estructura principal de la silla. Las ruedas delanteras van colocadas estratégicamente en dos tubos paralelos que conectan con los que componen las guías para el posapies.</p>
	<p><u>Diseño N° 2:</u> Marco plegable de líneas rectas y sencillas, que consta de sistema de plegado tipo libro, el cual contribuye a guardarla fácilmente. Es un dispositivo funcional ya que permite la adaptación de diversos accesorios, tales como distintos tipos de posapies, posabrazos, portaobjetos, entre otros, que aportan beneficios extras a sus usuarios.</p>

	<p><u>Diseño N° 3:</u> Marco plegable y ergonómico que gracias a sus líneas suaves y curvas proporcionan confort y estética. Posee líneas innovadoras y modernas que impresionan a sus usuarios. La condición de plegabilidad permite guardarla en espacios reducidos de una manera sencilla. Sus dimensiones precisas aportan facilidad en el momento de uso, ya que evita los posibles tropiezos de algunos de sus componentes.</p>
	<p><u>Diseño N° 4:</u> Marco ergonómico y plegable, diseñado con un nuevo parámetro, fundamentado en los principios de elaboración de las bicicletas, ya que incorpora el uso de tubos de perfil aplanado, lo cual reduce las dimensiones del perfil estructural manteniendo las condiciones de resistencia requeridas por el mismo. Elaborar estos tubos puede ser un poco problemático, debido a la falta de maquinaria especializada.</p>

4.5.3. Análisis Morfológico

Consiste en evaluar los parámetros más importantes del problema para luego buscar la mayor cantidad de alternativas para cada parámetro.

A continuación se explicarán los parámetros seleccionados para evaluar las diferentes posibles soluciones de las tormentas de ideas. Para elegir la opción más importante dentro de nuestro estudio, es necesario tomar en cuenta aquellas variables y detalles del diseño en cuestión, para lo que se realizara una ponderación de los parámetros según su importancia, y apoyándonos en encuestas realizadas a personas involucradas con el proceso de una u otra manera, y así poder llegar a la solución más acertada del problema planteado.

4.5.3.1. Parámetros de Selección para las Opciones (Criterios)

Los parámetros de selección para las opciones son el punto de partida para la elección final del diseño, por lo cual deben ser bien definidos para evitar confusiones en el momento de la evaluación. Estos parámetros se detallan a continuación:

- Criterio N° 1: **Resistencia**
- Criterio N° 2: **Ergonomía**
- Criterio N° 3: **Funcionalidad**
- Criterio N° 4: **Proceso de Fabricación**
- Criterio N° 5: **Menor costo de Fabricación**
- Criterio N° 6: **Estética**
- Criterio N° 7: **Peso y dimensiones**

4.5.3.2. Escala de Evaluación

Para la evaluación eficiente de los parámetros de selección, se utilizó una escala de una forma neutral y objetiva con el fin de escoger la opción más razonable. Esta escala plantea los siguientes niveles de estimación:

<i>Símbolo</i>	<i>Denominación</i>	<i>Valor correspondiente</i>
✓	Excelente	5
➤	Muy Bueno	4
◆	Bueno	3
□	Aceptable	2
○	Deficiente	1

4.5.3.3. Matriz Morfológica

Aplicando los criterios para los parámetros de selección y ponderándolo de acuerdo a la escala de estimación anteriormente descrita, evaluamos cada una de las opciones propuestas de una manera objetiva, lógica y neutral, con el fin de elegir el diseño que reuniera las características que mejor se ajustaran a nuestras necesidades.

<i>Criterios</i>	<i>Diseño N°1</i>	<i>Diseño N°2</i>	<i>Diseño N°3</i>	<i>Diseño N°4</i>	<i>Diseño Ganador por categoría</i>
Resistencia	5	4	4	4	1
Ergonomía	2	3	5	5	3 y 4
Funcionalidad	2	3	4	5	4
P.de Fabric.	2	5	3	4	2
Menor costo	2	5	3	3	2
Estética	1	2	5	5	3 y 4
Peso y Dimens.	2	3	4	5	4
TOTALES	16	25	28	31	<i>Diseño N° 4</i>

4.5.3.4 Selección del Diseño

De los cuatro diseños propuestos, el que mejor se adaptó a nuestros requerimientos y a las necesidades de los usuarios fue el N° 4, ya que posee grandes cualidades como la ergonomía y la estética.

Por el criterio relacionado con la resistencia, la opción ganadora fue la silla con marco rígido, debido a que esta condición le permite soportar más eficientemente las sollicitaciones a las cuales se encontrará sometido. Sin embargo, los diseños plegables también tendrán la suficiente firmeza como para aguantar fácilmente los esfuerzos que actuarán sobre ellos.

Cuando hablamos de ergonomía, es decir, la capacidad de adaptar la silla al usuario para brindarle confort y funcionalidad, podemos apreciar que las suaves curvaturas y los ángulos de las partes delantera y superior del marco del diseño N° 3, se ajustan perfectamente a la caída natural de los pies y permiten que el usuario esté sentado de una forma cómoda y estable, situación que no cumplen los otros dos diseños, por sus líneas rectas y rígidas. Igualmente sucede con el marco plegable N° 4, a pesar de no tener líneas tan suaves como el anterior, el nuevo diseño realizado con tubos de perfil aplanado genera mayor comodidad al andar y es más liviano todo el conjunto.

Una silla de ruedas será funcional siempre y cuando permita a su usuario sentarse cómodo, en posición erguida, sea plegable, fácil de propulsar. La silla número uno no reúne un requisito casi indispensable: la plegabilidad. Con respecto a los otros tres diseños, el 4 prevalece sobre los otros dos debido a que aporta nuevos beneficios, tales como la variación de la posición y ángulo de las ruedas traseras, el sistema quick release, el ángulo del marco permite sentarse más cómodamente, el centro de gravedad está mejor distribuido, sus dimensiones se ajustan mejor a las necesidades de traslado del usuario, en fin, una cantidad considerable de ventajas que la hacen merecedora de ganar en esta categoría. Además, es un marco que está aportando una nueva tecnología al estar elaborado con los tubos aplanados, similares a los que se usan para la fabricación de las bicicletas.

En cuanto al proceso de fabricación, obviamente la que implica procesos más sencillos para su manufactura es la silla del diseño N° 2, la cual gracias a sus líneas suaves y rectas permiten fabricarla de una manera rápida y sencilla. Las sillas de los diseños 3 y 4 son más complicadas, sin llegar a ser un problema su producción, mientras que el marco del diseño N° 1 posee formas complejas que necesitan equipos específicos y costosos para poderla elaborar. Aquí se manifiesta implícitamente que en la medida que el proceso de fabricación sea más sencillo, se reflejará en menores costos. Los procesos de fabricación específicos y complejos usualmente también suelen ser de elevado costo.

Los diseños N° 3 y 4 poseen líneas modernas y actualizadas, lo cual genera un impacto visual positivo en sus posibles usuarios, los cuales se preocupan mucho más por la estética de su silla, ya que favorece psicológicamente su bienestar. Esta necesidad fue manifestada al momento de mostrarle los posibles modelos, y todas las opiniones concurren en que los diseños N° 3 y 4 se ajustaban mejor a esta necesidad.

En cuanto al peso, la diferencia no fue significativa en los tres modelos. La pauta se marcó en cuanto a las dimensiones, ya que el modelo N° 1 de marco rígido y posapiés integrado es molesto e incómodo, lo cual lo hace también más grande y robusto. El modelo N° 2, a pesar de ser plegable, sus líneas anticuadas y rectas lo hacen sobredimensionado. Las líneas del modelo N° 4 permiten optimizar en cuanto al uso de material y dimensiones, lo cual también lo hacen práctico y funcional, además de reducido tamaño y cómodo.

4.5.3.5. Selección del Material

El material del marco es un punto muy importante a tomar en cuenta en el diseño, tanto para el buen funcionamiento como para su posterior producción, en virtud de ello se realiza un estudio de tormenta de ideas para la selección.

Alternativas para el Material

Alternativa de material N° 1:

Aluminio: Es un metal ligero, con una densidad de 2.70 g/cm^3 , o sea un tercio de la densidad del acero. Aunque las aleaciones de aluminio tienen propiedades a la tensión relativamente bajas comparadas con el acero, su relación resistencia-peso es excelente. El aluminio se utiliza cuando el peso es un factor importante, también responde fácilmente a los mecanismos de endurecimiento, las aleaciones pueden ser hasta 30 veces más resistentes que el aluminio puro.

Por otra parte el aluminio no suele presentar un límite de resistencia a la fatiga bien definido, de modo que la falla ocurre incidentalmente aun en esfuerzos muy bajos. Debido a su bajo punto de fusión, el aluminio no se comporta bien en temperaturas elevadas. Finalmente, las aleaciones de aluminio tienen escasa dureza, lo que origina poca resistencia al desgaste abrasivo en muchas condiciones.

Clasificación: Las aleaciones de aluminio pueden dividirse en dos grandes grupos, aleaciones para la forja y aleaciones para la fundición, de acuerdo con el método de fabricación. Las aleaciones para la forja, que se conforman mediante deformación plástica, tienen composiciones y microestructuras significativamente diferentes de las aleaciones para fundición, lo cual refleja diferentes condiciones del proceso de manufactura dentro de cada grupo principal

las aleaciones se dividen en dos subgrupos: aleaciones tratables térmicamente y aleaciones no tratables térmicamente. Las primeras son endurecidas por envejecimiento, mientras que las segundas se endurecen por medio de una solución sólida, por deformación o por dispersión. Las aleaciones de Aluminio se clasifican mediante un sistema de numeración que se muestra en la siguiente tabla. El primer número especifica los principales elementos de aleación y los restantes se refieren a la composición específica de la liga o de la aleación:

Aleaciones de Aluminio	Endurecimientos
Aleaciones para la forja	
1xxx Al comercialmente puro (>99% Al)	No envejecido
2xxx Al-Cu	Endurecible por envejecimiento
3xxx Al-Mn	No envejecido
4xxx Al-Si y Al-Mg-Si	Endurecido por envejecimiento si hay Mg Presente
5xxx Al-Mg	No envejecido
6xxx Al-Mg-Si	Endurecible por envejecimiento
7xxx AL-Mg-Zn	Endurecible por envejecimiento
Aleaciones fundidas	
1xx Alum comercialmente puro	No envejecido
2xx Al-Cu	Endurecible por envejecimiento
3xx Al-si-Cu o Al-Mg-Si	Algunos son endurecibles por envejecimiento
4xx Al-Si	No envejecido
5xx Al-Mg	No envejecido
7xx Al-Mg-Zn	Endurecible por envejecimiento
8xx Al-Sn	Endurecible por envejecimiento

Tabla 4.2. Clasificación de las aleaciones de aluminio

El grado de endurecimiento esta dado por la designación T o H, dependiendo de si la aleación es tratada térmicamente o endurecida por deformación. Otras clasificaciones indican si es recocida (O), tratada por solución (W), o usada en su condición de fabricación (F). Los números que siguen la T o la H indican la cantidad de endurecimiento por deformación, el tipo exacto de tratamiento térmico u otros aspectos especiales del procesamiento de la aleación.

Las aleaciones 2xxx, 6xxx y 7xxx para forja son terciarias endurecibles por envejecimiento. En cada aleación, se forman varios precipitados coherentes antes de que se produzca la fase del equilibrio final. Entre sus usos estas aleaciones de aluminio se utilizan principalmente en la fabricación de transporte, aeronáutica, astronáuticas y otras aplicaciones de alta resistencia.

En la siguiente tabla se muestra detalladamente la designación del grado de endurecimiento para aleaciones de aluminio:

<p>F Tal como se fabrico (trabajo en caliente, forja, fundición, etc)</p> <p>O Recocida (en la condición más blanda posible)</p> <p>H Trabajada en frío</p> <p>H1x- trabajada en frío solamente (x se refiere a la cantidad de trabajo en frío y endurecimiento)</p> <ul style="list-style-type: none"> • H12- Proporciona una resistencia a la tensión intermedio entre O y H14 • H14- Proporciona una resistencia a la tensión intermedia entre O y H18 • H16- Proporciona una resistencia a la tensión intermedia entre H14 y H18 • H18- Proporciona una reducción de aproximadamente 75% • H19- Proporciona una resistencia a la tensión mayor en 2000 psi respecto de la obtenida por H18 <p>H2x- Trabajada en frío y parcialmente recocida</p> <p>H3x- Trabajada en frío y estabilizada con una temperatura baja para evitar el endurecimiento por envejecimiento</p> <p>W Tratada por solución</p> <p>T Endurecida por envejecimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • T1- Enfriada desde la temperatura de fabricación y envejecida naturalmente • T2- Enfriada desde la temperatura de fabricación, trabajada en frío y envejecida naturalmente • T3- Tratada por solución, trabajada en frío y envejecida naturalmente • T4- Tratada por solución y envejecida naturalmente • T5- Enfriada desde la temperatura de fabricación y envejecida naturalmente • T6- Tratada por solución y envejecida artificialmente • T7- Tratada por solución, estabilizada por sobre-envejecimiento • T8- Tratada por solución, trabajada en frío y envejecida naturalmente • T9- Tratada por solución envejecida naturalmente y trabajada en frío • T10- Enfriada desde la temperatura de fabricación, trabajada en frío y envejecida naturalmente

Tabla 4.3. Designación del Grado de Endurecimiento para aleaciones de aluminio

Alternativa de material N° 2:

Aceros: Los aceros simples o de bajo carbono, son tratados térmicamente para alcanzar la estructura y las propiedades adecuadas. La estructura puede variar desde la perlita gruesa o fina hasta la vainita o la martensita revenida. Todos los tratamientos térmicos del acero están orientados a la producción de ferrita (α), cementita (Fe_3C) y martensita o de la adecuada combinación de propiedades. Los aceros suelen clasificarse mediante los sistemas AISI y SAE, los cuales usan un código de cuatro o cinco dígitos. Los primeros dos números se refieren a dos elementos de aleación más importante.

Comúnmente se aplican cuatro tratamientos térmicos para los aceros:

- ✓ Recocido en proceso: (Para la eliminación del trabajo en frío), La ferrita en aceros con menos del 0.25% de C se endurece mediante labrado en frío. El tratamiento térmico de recristalización utilizando para eliminar el efecto del trabajo en frío.
- ✓ Recocido y normalizado: Los aceros de bajo carbono son endurecidos por dispersión mediante el control de la cantidad, tamaño forma y distribución de Fe_3C . Cuando se incrementa el carbono, se encuentra más Fe_3C presente y en este punto se encuentra la resistencia del acero.

Tratamiento de austenización: Los aceros hipoeuctoides son recocidos calentándolos $30^\circ C$ por encima de su temperatura de A3. Para producir austenita homogénea. Este es el tratamiento de austenización. Después el acero es enfriado en un horno, permitiendo que tanto el horno como el acero se enfríen juntos, se producen bajas velocidades e enfriamiento. Puesto que se dispone de mucho tiempo para la difusión, la ferrita primaria y la perlita son gruesas y el acero tiene baja resistencia mecánica y adecuada ductilidad.

Esferoidización: Los aceros de alto carbono, que contienen una gran cantidad de Fe_3C , tienen características de maquinabilidad deficientes. Durante el tratamiento de esferoidización, lo que requiere tiempos prolongados (12 hrs. a 15 hrs.) a unos 30° por debajo de austenización, el Fe_3C se aglomera en partículas esféricas para reducir el área de fronteras. La microestructura, conocida como esferoidita, tienen una matriz continua de ferrita blanda y maquinable. Después del maquinado, el acero recibe un tratamiento térmico más complejo para producir las propiedades requeridas.

Los acero inoxidable, de todos los demás aceros, son los que se seleccionan por su excelente resistencia a la corrosión. Todos los verdaderos aceros inoxidables contienen un mínimo de 12% de Cr, lo que permite la formación de una delgada capa protectora de óxidos de cromo cuando el acero se expone al oxígeno de cromo cuando el acero se expone al oxígeno.

Hay cuatro categorías de aceros inoxidables basada en su estructura cristalina y el mecanismo de endurecimiento.

A continuación el cuadro con algunas de las propiedades de las alternativas para la selección de material del marco, apoya-brazos y posapiés. Estos datos son muy importantes a tomar en cuenta al momento de ponderar la matriz morfológica.

Tabla 4.4. Propiedades de las Alternativas de Material

Material	Esfuerzo de Fluencia		Esfuerzo Último	
	Kpsi	MPa	Kpsi	MPa
Aluminio 6063T5	21	144	27	186
Acero comercial 1025	36	247	58	365
Acero Inoxidable 304	35	241	75	517

4.5.3.6. Parámetros para la Selección del Material (Criterios)

Los parámetros de selección para las opciones son el punto de partida para la elección final del material, por lo cual deben ser bien definidos para evitar confusiones en el momento de la evaluación. Los parámetros que se tuvieron en cuenta se detallan a continuación:

Criterio N° 1: **Resistencia**

Criterio N° 2: **Costo**

Criterio N° 3: **Peso**

Criterio N° 4: **Soldabilidad**

Criterio N° 5: **Maquinabilidad**

Criterio N° 6: **Resistencia a la corrosión**

Criterio N° 7: **Disponibilidad en el mercado**

Criterio N° 8: **Acabado**

4.5.3.7. Escala de Evaluación del Material

Para la evaluación eficiente de los parámetros de selección del material, se utilizó una escala de una forma neutral y objetiva con el fin de escoger la opción más razonable. Esta escala plantea los siguientes niveles de estimación:

<i>Símbolo</i>	<i>Denominación</i>	<i>Valor correspondiente</i>
✓	Excelente	5
➤	Muy Bueno	4
◆	Bueno	3
□	Aceptable	2
○	Deficiente	1

4.5.3.8. Matriz Morfológica para el Material

Aplicando los criterios para los parámetros de selección y ponderándolo de acuerdo a la escala de estimación anteriormente descrita, evaluamos cada una de las opciones propuestas para el material de elaboración del marco de una manera objetiva, lógica y neutral, con el fin de elegir el que reuniera las características que mejor se ajustarán a las solicitudes de esta pieza tan fundamental para la silla de ruedas.

<i>Criterios</i>	<i>Material N°1</i>	<i>Material N° 2</i>	<i>Material N° 3</i>	<i>Material Ganador por categoría</i>
Resistencia	2	4	5	3
Costo	4	5	3	2
Peso	5	4	4	1
Soldabilidad	3	5	3	2
Maquinabilidad	4	4	2	1 y 2
Res. Corrosión	4	3	5	3
Disponibilidad	4	4	4	Todos
Acabado	5	4	4	2 y 3
TOTALES	31	33	30	<i>Material N° 2</i>

Como el diseño seleccionado estará sometido a diversas solicitudes, además de ser el elemento fundamental y de mayor importancia de la silla de ruedas, es necesario que el material con el cual sea elaborado soporte grandes esfuerzos sin que se deforme o falle. Es por esto que las propiedades de los aceros se adaptan con mayor naturalidad a las exigencias del diseño.

Los costos juegan un papel fundamental en cuanto a la selección del material, ya que tiene repercusión directa e indirecta: Directa, por el costo para la adquisición del mismo, el valor comercial que tenga en el mercado; Indirecta: porque dependiendo del material que se seleccione, habrá o no que aplicar otros procesos de manufactura para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.

La disyuntiva que se presenta en cuanto al peso se refiere al hecho que a pesar que la aleación de aluminio 6063T5 es muy ligera, sus propiedades mecánicas no son óptimas para nuestro diseño, mientras que los aceros, a pesar de ser menos livianos, tienen mejores propiedades mecánicas.

El acero comercial es fácil de soldar mediante cualquier proceso sencillo. De acuerdo al diseño seleccionado, es necesario realizar diversas uniones soldadas, con lo cual la selección de este material beneficia la construcción de este elemento.

A pesar de sus excelentes características, el material menos maquinable es el acero inoxidable. El acero comercial y el aluminio cuentan con buenas propiedades en cuanto a maquinabilidad se refiere.

Los aceros inoxidables son altamente resistentes a la corrosión, sin necesidad de ningún otro proceso de recubrimiento y/o maquinado, a diferencia de los demás materiales. Es importante resaltar que en la medida que realicemos mayor cantidad de procedimientos para la mejora del material, mayores serán los costos de producción.

Los tres materiales se encuentran disponibles en el mercado en diferentes presentaciones, las cuales podemos ajustar de acuerdo a los requerimientos que se nos presenten.

El aluminio es excelente para maquinar y trabajar, debido a la limpieza con la que podemos efectuar diferentes procesos con este material. Sin embargo, trabajar con aceros es más económico a pesar que debemos aplicar otros procesos, tales como galvanizado, pintura electrostática, cromado y cualquier otro.

Selección del material de la pieza de soporte del asiento

Para la selección de este material, no hizo falta realizar la tormenta de ideas, ya que el factor primordial que se evaluó fue el costo y la facilidad para construirla. Esta pieza muestra geometrías sencillas, razón por la cual será realizada en Aluminio 6063T5.

4.6. Estudio de los esfuerzos aplicados al diseño

Los movimientos a los que va a ser sometido el dispositivo, son lentos y con aceleraciones despreciables. Se realizará un análisis de fuerzas estáticas.

La vida útil de una silla de ruedas se concentra en la resistencia del marco, ya que este al sufrir alguna rotura severa, deja inservible el resto del sistema. Por ello, al realizar un estudio, los cálculos se fundamentarán principalmente en esta pieza, ya que esta estructura es el componente que soporta el peso de la persona, y va a estar sometido a un mayor número de esfuerzos, por lo que presenta una gran tendencia a la deflexión.

Las cargas que soporta una silla de ruedas manual son estáticas (ver normas COVENIN 2908:1998/ ISO 7176/1-1986), debido a que al sentarse la persona, el peso reposa sobre toda la estructura y sus componentes. En tal caso de haber movimiento la frecuencia de vibración que se genera es muy pequeña y estas cargas no se asumen como dinámicas.

Con la finalidad plantear una teoría de falla, se parte de la suposición que de ésta ocurre cuando el valor máximo (crítico) del parámetro de esfuerzo de una pieza estructural o mecánica, alcance o supere el valor del mismo parámetro medido cuando se produce la falla.

Una teoría de falla contiene:

- ✓ Un modelo de prueba que pueda describirse matemáticamente y que relacione las cargas externas con los esfuerzos, deformaciones, energía o cualquier otro parámetro del elemento analizado, en el punto crítico de la falla.
- ✓ Deberá relacionar el parámetro correspondiente al estado multiaxial de esfuerzos con un criterio de falla cuantificable, basado en las propiedades mecánicas, críticas determinadas en la prueba de tracción simple.

A continuación y para efectos de este informe, solo mencionaremos algunas teorías de fallas más comunes:

- ✓ **Teoría del Máximo Esfuerzo Cortante:**

$$\frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \leq \frac{\sigma_{yt}}{2\varphi}$$

donde:

σ_{yt} = Resistencia a la fluencia

φ = Factor de seguridad en el diseño

- ✓ **Teoría de la máxima energía de distorsión por unidad de volumen (Von Mises):**

$$(\rho_1)^2 + (\rho_2)^2 - (\rho_1)(\rho_2) \leq \frac{\sigma_{yt}^2}{2}$$

- ✓ **Teoría de fricción interna o teoría de Mohr:**

$$\frac{\rho_2}{\sigma_{ut}} - \frac{\rho_1}{\sigma_{uc}} \leq \frac{1}{\varphi}$$

A continuación se muestra una grafica donde se comparan las diferentes teorías y se muestra que una es más conservadora que otra:

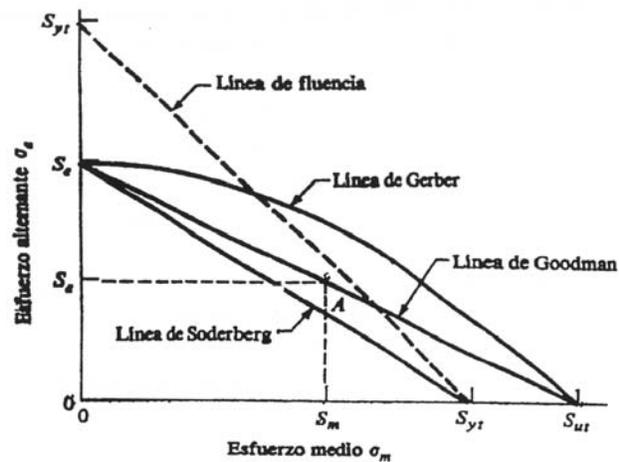


Figura 4.1. Comparación entre las teorías de Fallas

Para efectos de nuestros cálculos utilizaremos la Teoría de Esfuerzos Máximos de Von Mises, al ser la teoría más conservadora, razón por la cual es la más comúnmente usada en las ciencias de la ingeniería.

Finalmente el dispositivo debe someterse a las siguientes teorías:

- ✓ Teoría de Esfuerzos Cortante Máximo.
- ✓ Teoría de la Energía de Distorsión.

4.6.1. Cálculo de los Esfuerzos Máximos Presentes

El cálculo de los esfuerzos máximo presentes en las distintas piezas del dispositivo se realizó por medio de un software computacional suministrado por el Centro de Especialidades de Bioingeniería (CEBIO) de la Universidad Central de Venezuela, llamado Visual Nastran. Los esfuerzos se determinaron utilizando la Teoría de Von Mises, para materiales dúctiles.

4.6.1.1. Teorías de falla de Materiales dúctiles bajo cargas estáticas

La fluencia microscópica de los equipos mecánicos, se debe al deslizamiento relativo de los átomos del material dentro de su estructura de red. Este deslizamiento es causado por esfuerzos cortantes acompañados por distorsión, ya que la energía almacenada en la pieza es la causante de la distorsión, la cual es un indicador de la magnitud del esfuerzo cortante.

4.6.1.2. Energía total de distorsión

La energía de deformación U en un volumen unitario asociado con cualquier es un esfuerzo aplicados. Suponiendo que la curva de esfuerzo deformación es en esencial lineal hasta el punto de fluencia, entonces se puede expresar la energía de deformación local como:

$$U = 1/2 \cdot \epsilon \cdot \sigma$$

Aplicando lo anterior a un estado de esfuerzo tridimensional tenemos:

$$U = 1/2 \cdot (\sigma_1 \cdot \epsilon_1 + \sigma_2 \cdot \epsilon_2 + \sigma_3 \cdot \epsilon_3)$$

Según los esfuerzos principales y deformaciones principales que actúan sobre los planos de cero (0) esfuerzos cortantes.

Colocando esta expresión en función de los esfuerzos principales únicamente:

$$\epsilon = (\sigma_3 + \nu \cdot \sigma_1 - \nu \cdot \sigma_2) \quad \text{donde } \nu \text{ es la relación de Poisson}$$

4.6.1.3. Esfuerzos efectivos de Von Mises

En situaciones que implican esfuerzos combinados a tensión y cortantes sobre un mismo punto suele ser práctico definir un esfuerzo efectivo que pueda aplicarse para presentar dicha combinación de esfuerzos. El procedimiento de energía de distorsión proporciona una manera adecuada de hacerlo. El esfuerzo efectivo de Von Mises (σ') se define como aquel esfuerzo a tensión uniaxial que generaría la misma energía de distorsión que la produciría por la combinación real de los esfuerzos aplicados. Este procedimiento permite tratar esfuerzos combinados multiaxiales de tensión como si se tratara de cargas a tensión como si se tratara de cargas a tensión para el esfuerzo efectivo de Von Mises (σ') para el caso tridimensional:

$$\sigma' = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2 \cdot \sigma_3 - \sigma_1 \cdot \sigma_3)^{1/2}$$

Esto también puede aplicarse en función de los esfuerzos aplicados:

$$\sigma' = ((\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6 \cdot (\sigma_{xy} \cdot \sigma_{yz} \cdot \sigma_{xz}))^{1/2}$$

Y en el caso de dos dimensiones:

$$\sigma' = (\sigma_1^2 + \sigma_1 \cdot \sigma_3 + \sigma_3^2)^{1/2}$$

$$\sigma' = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2)^{1/2}$$

Factor de Seguridad (ϕ)

$$\phi = \delta_y / \sigma'$$

4.6.1.4. Esfuerzos Principales

Para cualquier combinación particular de esfuerzos aplicados alrededor de cualquier punto que se analice habrá una distribución continua del campo de los esfuerzos. Los esfuerzos normales y cortantes en el punto varían con la dirección en cualquier sistema de coordenadas que se escoja. Siempre habrá planos sobre los cuales los componentes de esfuerzo cortantes sean cero. Los esfuerzos normales que actúan sobre esos planos se conocen como esfuerzos principales. Los planos sobre los cuales estas fuerzas principales actúan, están en la dirección de las normales de superficie de los planos principales y se conocen como ejes principales, y los esfuerzos principales que actúan en esta dirección se les conoce como esfuerzos normales principales.

Hay otro conjunto de ejes mutuamente perpendiculares, sobre los cuales los esfuerzos cortantes serán máximos. Los esfuerzos principales actúan sobre un conjunto de sistema planos que están a 45° en relación a los planos de los esfuerzos normales principales y los esfuerzos principales. La siguiente expresión relaciona los esfuerzos aplicados:

$$\begin{vmatrix} \sigma_x - \sigma & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_y - \sigma & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_z - \sigma \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} N_x \\ N_y \\ N_z \end{vmatrix} = 0$$

σ es la magnitud del Esfuerzo principal donde N_x, N_y, N_z son los directores del vector unitario N , que es normal al plano principal.

Para hallar la solución de dicha ecuación el determinante de la matriz de coeficientes debe ser igual a cero (0) dando como resultado:

$$\sigma^3 = C_2 \cdot \sigma^2 - C_1 \cdot \sigma - C_0 = 0$$

Donde:

$$C_2 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$$

$$C_1 = \sigma_{xy}^2 + \sigma_{yz}^2 + \sigma_{xz}^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y - \sigma_y \cdot \sigma_z - \sigma_x \cdot \sigma_z$$

$$C_0 = \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z + 2(\sigma_{xy} \cdot \sigma_{yz} \cdot \sigma_{xz}) - \sigma_x \cdot \sigma_{yz}^2 - \sigma_y \cdot \sigma_{xz}^2 - \sigma_z \cdot \sigma_{yz}^2$$

Los coeficientes C_0, C_1, C_2 se les conocen como la invariante tensoriales, ya que tienen los mismos valores, independientemente de la elección inicial e los ejes X, Y, Z sobre los cuales se calcularon los esfuerzos aplicados. Estos tres esfuerzos principales normales $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ son las tres raíces del polinomio cúbico, estas siempre son ordenadas y están ordenadas de la siguiente manera:

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$$

Los Esfuerzos Principales cortantes se pueden determinar a partir de los valores de los esfuerzos normales principales utilizando:

$$\sigma_{13} = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 \quad \sigma_{12} = (\sigma_1 - \sigma_2) / 2 \quad \sigma_{23} = (\sigma_2 - \sigma_3) / 2$$

Siguiendo este orden $\sigma_{\max} = \sigma_3$ las respectivas direcciones de los planos de los Esfuerzos cortantes principales están a 45° de los Esfuerzos cortantes principales y también son simultáneamente ortogonales.

Cuando en un estado de esfuerzo en dos dimensiones las cuales antes descritas se reducen a la siguiente expresión:

$$\sigma_a, \sigma_b = (\sigma_x + \sigma_y) / 2 \pm \sqrt{\left\{ (\sigma_x - \sigma_y) / 2 \right\}^2 + \sigma_{yz}^2} \quad \sigma_c = 0$$

4.6.1.5. Cálculo de las solicitaciones en cada una de las piezas del dispositivo

Una vez realizado el diseño de cada una de las piezas, se procedió a los cálculos de los esfuerzos y de las fuerzas que actúan sobre ellas. Lo principal que se determino fue el grupo de fuerzas que intervienen en el proceso. Estas fuerzas se estimaron realizando diagramas de cuerpo libre en cada una de las piezas y haciendo sumatoria de fuerzas y momentos sobre las mismas

Aplicando la primera ley de Newton:

$$\Sigma F \uparrow = 0$$

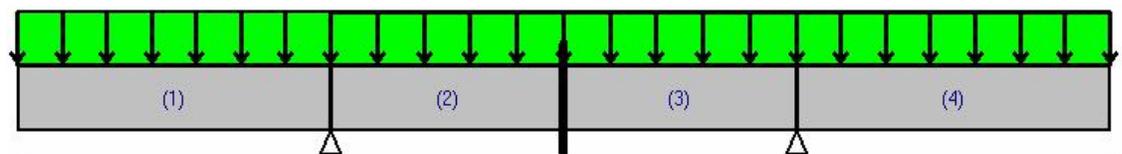
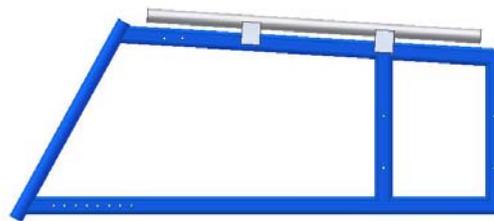
Y para el cálculo de Momentos:

$$\Sigma M = F * b$$

El marco: Como puede apreciarse en la isometría del dibujo, esta estructura es totalmente simétrica, razón por la cual y para facilidad de nuestro estudio, realizaremos los cálculos en una sola cara del marco, ya que en ambas caras el comportamiento es igual.



Barra de soporte del asiento: Esta barra se comporta como una viga con dos apoyos y el peso de la persona que se toma como una carga distribuida uniforme a lo largo de ella. Esta barra es simétrica ya que la barra X de plegabilidad esta soldada en la mitad de esta viga, y hemos tomado la componente vertical de esta fuerza para el estudio.



Bajo basamentos ergonómicos, el diseño del marco se realizó con las dimensiones apropiadas para una persona de peso y altura promedio según los estándares de nuestro país¹, alrededor de 1,70m de estatura y con un peso aproximado de 80Kg.

¹ Fuente Pro-cura de la parálisis

Luego, la mitad del peso de la silla en una cara del marco y con el factor de seguridad ($N_d=2,5$) nos proporciona una fuerza distribuida:

$$\frac{80Kgf}{2} * \varphi = \implies \frac{80*}{2} 2,5 = 100Kgf$$

$$\frac{100Kgf}{42,18cm} = 2,37Kgf/cm$$

Estamos en presencia de una viga hiperestática, ya que consta de tres reacciones y una carga distribuida, para ello emplearemos el método de superposición por integración:

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = 12,1 * A_y + X/2 * (2,37 * X)$$

Integrando y evaluando en las condiciones de fronteras $X = 0$ y $X = 42,1$ cm obtenemos el valor de la reacción A_y , lo que implica que el sistema ya no es hiperestático. Con esto se procede a calcular las otras reacciones con sumatorias de fuerzas verticales y de momentos en el punto A:

$$\sum F_y = 0 \quad 100Kgf + A_y + B_y + C_y = 0$$

$$\sum M_a = 0 \quad -100Kgf * 21,09cm + 12,1cm * A_y + 21,09 cm * B_y + 33,19cm * C_y = 0$$

donde:

$$\begin{aligned} A_y &= 643,69 \text{ N} \\ B_y &= -306,699 \text{ N} \\ C_y &= 643,69 \text{ N} \end{aligned}$$

Los diagramas de Fuerza Cortante y de Momento Flector para la barra son:

Figura 4.2. Diagrama de Fuerza Cortante

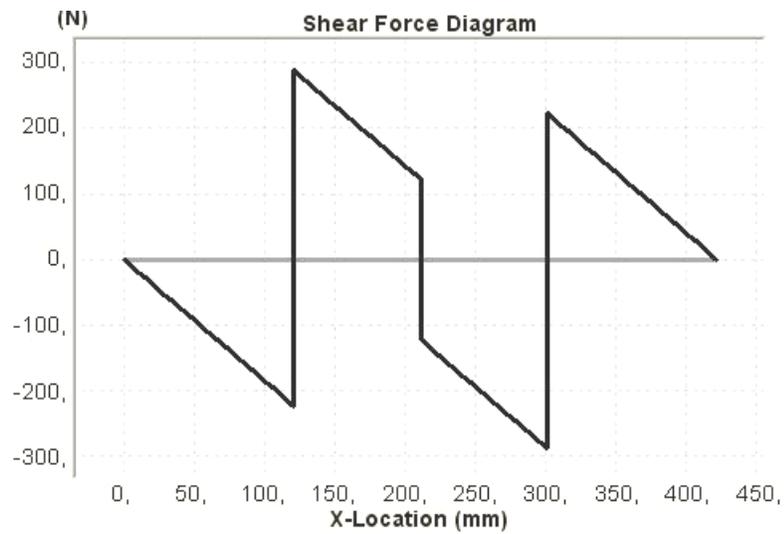
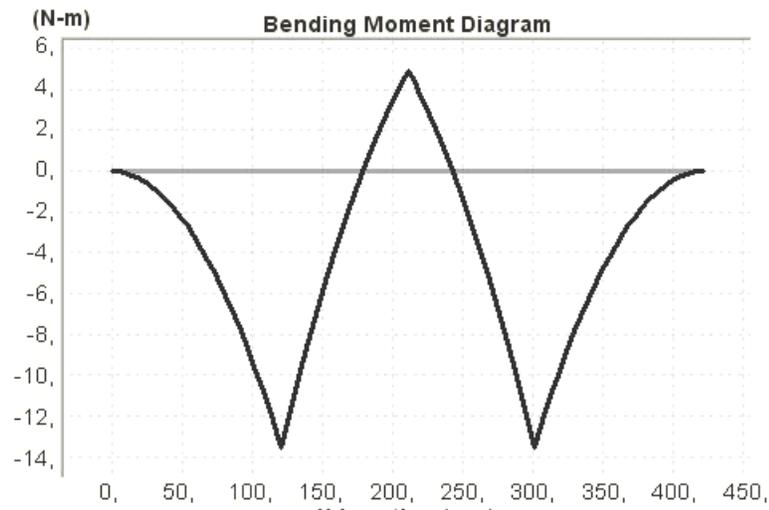


Figura 4.3. Diagrama de Momento Flector



El valor máximo es de 616,108 N/cm

Calculando la deflexión y aplicando la teoría de Von Mises tenemos:

$$\frac{M * Y}{I_0} \leq \frac{\sigma_{yt}}{\phi}$$

donde:

σ_{yt} = Esfuerzo de fluencia

Nd = Factor de seguridad 2,5

M = El valor más alto en el diagrama de momento flector, ya que se estudió la condición menos favorable. Para este caso 616,10 N*cm \Rightarrow 6,1606.8N/m

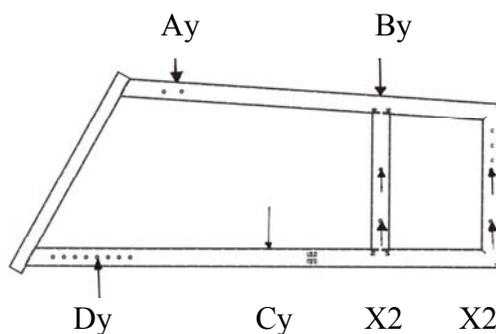
I_0 = Momento Polar de inercia para un círculo:

$$I_0 = \pi * \frac{(2,54^4)}{64} - \pi * \frac{(1,64^4)}{64} = 1,6\text{cm}^4$$

Obtenemos para el material de estudio:

<i>Material</i>	<i>Resistencia de fluencia (MPa)</i>	$\frac{\sigma}{Nd}$	$\frac{M * y}{I_T}$	<i>Observaciones</i>
Tubo pulido	206	82,45	13,84	NO FALLA

Al tener el valor de las reacciones de la barra de soporte, podemos determinar las reacciones externas del marco, los apoyos de la barra por el valor de las reacciones ya antes calculadas, con sumatorias de fuerzas verticales y cálculo de momentos sobre el punto de apoyo D:



Sumatoria de Momentos y de Fuerzas verticales:

$$\sum F_Y = 0 \quad -A_y - B_y - C_y + D_y + 4X_2 = 0 \quad (1)$$

$$A_y = 643,69 \text{ N}$$

$$B_y = -306,699 \text{ N}$$

$$C_y = 643,69 \text{ N}$$

D_y = Es incógnita, es la fuerza vertical que produce la rueda delantera

X_2 = Son incógnitas, son las reacciones que se producen por las ruedas traseras, en los cuatro puntos donde va atornillado la pieza de soporte, las cuatro tienen la misma magnitud.

$$\sum M_D = 0 \quad (2)$$

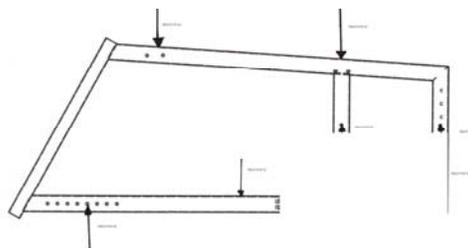
$$+35,19\text{cm} \times 2.X_2 + 50,19\text{cm} \times 2.X_2 - 18,11\text{cm} \times 643,69\text{N} - 36,09\text{cm} \times 643,69 - 31,59\text{cm} \times -306,699 = 0$$

Resolviendo la ecuación (2) nos queda:

$$X_2 = 147,57 \text{ N}$$

Resolviendo la ecuación 1 tenemos:

$$D_y = 833,181$$



Para determinar la reacción F_y de la barra, primero se empleará el método de las secciones, se hará un corte, para luego determinar la reacción con sumatorias de fuerzas verticales y momentos en el punto D:

$$\sum F_Y = 0 \quad -A_y - B_y - C_y + D_y + 2X_2 - F_y = 0$$

$$A_y = 643,69 \text{ N}$$

$$B_y = -306,699 \text{ N}$$

$$C_y = 643,69 \text{ N}$$

$$X_2 = 147,57 \text{ N}$$

$$D_y = 833,181 \text{ N}$$

$$\sum M_D = 0 \quad (2)$$

$$+35,19\text{cm} \times 2 \cdot X_2 + 50,19\text{cm} \times 2 \cdot X_2 - 18,11\text{cm} \times 643,69\text{N} - 36,09\text{cm} \times 643,69 - 31,59\text{cm} \times -306,699 - F_y \times 35,19\text{cm} = 0$$

Resolviendo la ecuación nos da un valor:

$$F_y = 85,31\text{N}$$

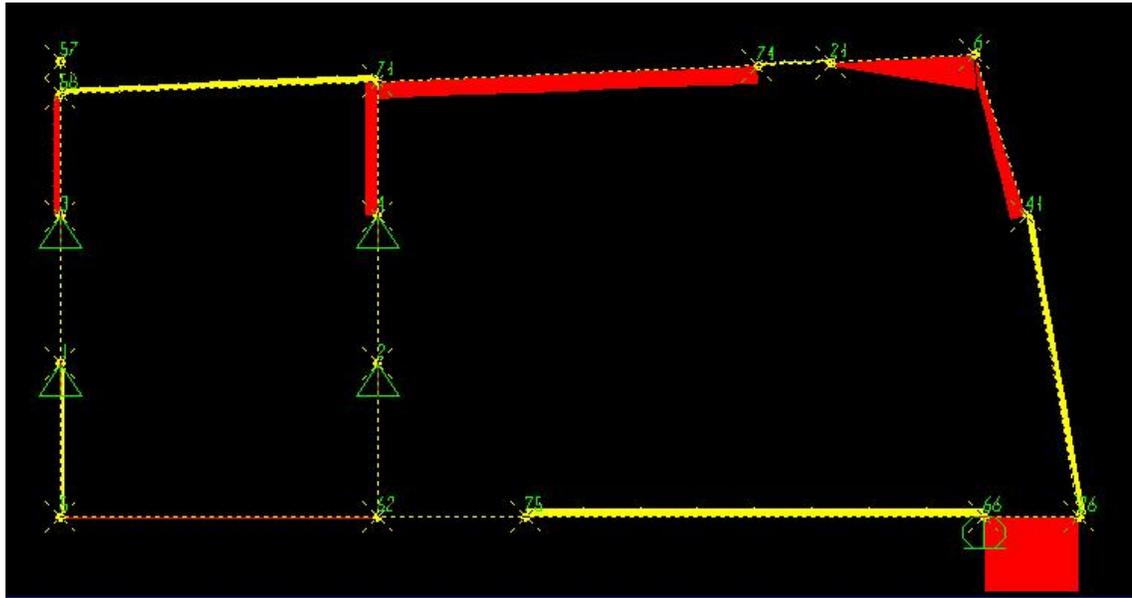
Al tener todas las reacciones externas, procedemos al cálculo de las reacciones internas, para lo cual haremos un despiece de los componentes del marco; en cada unión habrá una reacción vertical y un momento interno que produce la unión soldada.

Se repiten los cálculos para cada una de las barras, cada una representa un sistema hiperestático de primer grado; para ello se aplica el sistema de superposición de integración, anteriormente aplicado, al tener el valor en cada barra de una reacción por este método, se procede a calcular las demás reacciones con cálculo de momentos reacciones con sumatoria de fuerza vertical. El procedimiento es el mismo para las cuatro vigas mostradas.

Al ser un proceso largo y un poco engorroso, comparamos nuestros valores con el aportado por un programa de análisis de estructuras, llamados SAP, los cuales fueron bastantes cercanos.

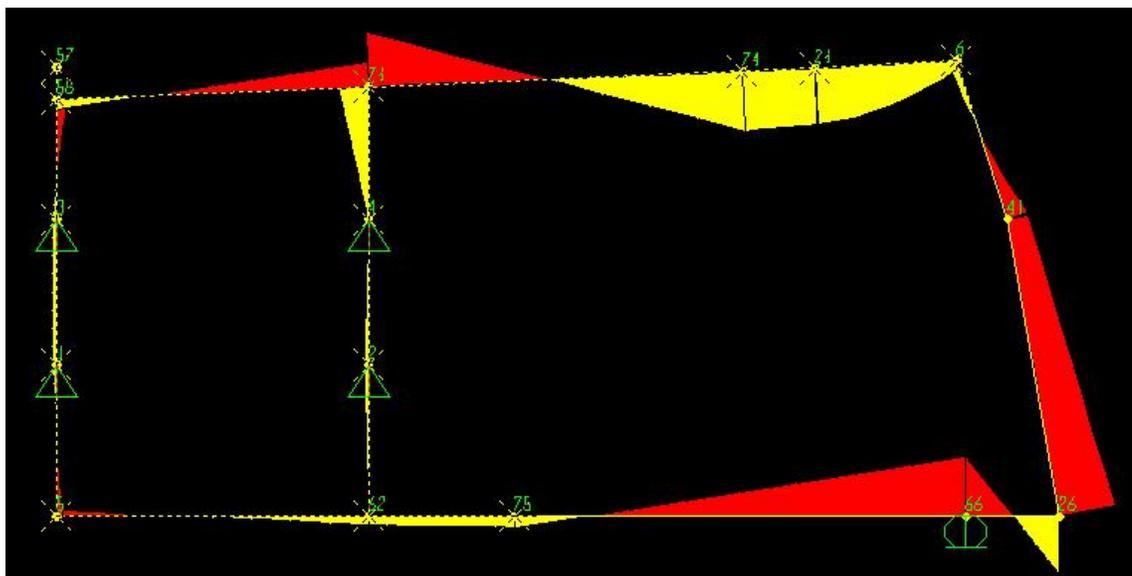
Al tener estos valores, procedimos a realizar los diagramas de momento Flector y de fuerzas cortantes. Para ello también utilizamos como parámetros comparativos las graficas aportadas por el programa anteriormente descrito. Los resultados fueron similares, razón por la cual, de manera mas detallada y grafica, se mostraran los gráficos de Fuerza cortante y momento flector del programa; en el se pueden visualizar todos los diagramas de la estructura armada.

Figura 4.4. Diagrama de Fuerzas Cortantes (Software)



El máximo valor del diagrama de Fuerzas cortante, se encuentra en el punto de apoyo de las ruedas delanteras, este tiene un valor de 1925 N.

Figura 4.5. Diagrama de Momento Flector (Software)



El máximo valor en el diagrama de Momento Flector es de 39,9 Nxm

4.6.1.6. Selección de la Sección Transversal

Primer Estudio:

Tubos de Sección Transversal Circular

Realizaremos cálculos con tubos secciones circulares, con el fin de obtener el diámetro más óptimo.

Estudio de Flexión

Calculando la deflexión y aplicando la teoría de Von Mises tenemos:

$$\frac{M * Y}{I_0} \leq \frac{\sigma_{yt}}{\phi}$$

donde:

σ_y = Esfuerzo de fluencia

Nd = Factor de seguridad (2,5)

M = El valor más alto en el diagrama de momento flector, ya que se estudio la condición más desfavorable. Para este caso 3390 N*cm \Rightarrow 33,9N/m

I_0 = Momento Polar de inercia para un círculo:

$$I_0 = \pi * \frac{(R_{ext})^4}{64} - \pi * \frac{(r_{int})^4}{64}$$

Cálculos de Deflexión

Caso 1: Tubo de 1''

Espesor del Tubo (m)	0,0009
Diámetro externo del tubo (m)	0,0254
Momento de Inercia (m ⁴)	2,042*10 ⁻⁸
Diámetro Interno (m)	0,0236
Momento de Inercia (m ⁴)	1,5227*10 ⁻⁸
Momento Flector Máximo (N*m)	39,9
Factor de Seguridad	2,5
Momento de Inercia Total (m ⁴)	5,2046*10 ⁻⁹
Centroide (m)	0,0127

<i>Material</i>	<i>Resistencia de fluencia (MPa)</i>	$\frac{\sigma}{Nd}$	$\frac{M * y}{I_r}$	Observaciones
Acero pulido	206	82,45	48,68	NO FALLA

Como no fallo el perfil con esta geometría, se continúa calculando para el tubo siguiente inferior.

Caso 2: Tubo de 3/4"

Espesor del Tubo (m)	0,0009
Diámetro externo del tubo (m)	0,01905
Momento de Inercia (m ⁴)	6,464*10 ⁻⁹
Diámetro Interno (m)	0,01725
Momento de Inercia (m ⁴)	4,3464*10 ⁻⁹
Momento Flector Máximo (N*m)	39,9
Factor de Seguridad	2,5
Momento de Inercia Total (m ⁴)	2,1184*10 ⁻⁹
Centroide (m)	0,009525

<i>Material</i>	<i>Resistencia de fluencia (MPa)</i>	$\frac{\sigma}{Nd}$	$\frac{M * y}{I_r}$	Observaciones
Acero pulido	206	82,45	89,70	FALLA

La pieza circular falló con un diámetro de 3/4" y 0,9mm de espesor. Esto nos motiva, a realizar el estudio, con los mismos tubos, pero cambiándoles la sección transversal por medio de un tren de laminación que los aplane en dos caras a las dimensiones requeridas. Con esto podemos verificar la posibilidad de que la estructura pueda soportar las sollicitaciones. En caso de que la estructura no falle, estaremos usando un material de menor dimensiones, lo que implica que sea más liviano, generando de esta manera la solución óptima para resolver el problema del peso.

Segundo Estudio:

Tubos de sección transversal no circular

De manera de minimizar el peso del marco, se utilizara otra tubería de menor diámetro, pero aplanándola por dos lados paralelo, ya que nuestra estructura estará sometido a fuerzas verticales. Con estas nuevas secciones, aumentamos los Momentos de inercia en la dirección vertical. Por tal motivo procedemos a realizar el estudio de flexión en el marco utilizando este nuevo perfil.

Estudio de Flexión

El valor máximo del Momento Flector es de $39,9Nxm = 3990Nxc$

Calculando la deflexión y aplicando la teoría de Von Mises, tenemos:

$$\frac{M * Y}{I_0} \leq \frac{\sigma_{yt}}{Nd}$$

donde:

σ_{yt} = Esfuerzo de fluencia

Nd = Factor de seguridad (2,5)

M = El valor mas alto en el diagrama de momento flector, ya que se estudio la condición menos favorable. Para este caso (ver graficas) $3990 N/cm = 39.9N/m$

I_{x_0} = Momento de inercia para este tipo de sección transversal:

$$I_{x_{0externo}} = \frac{1}{12} * b_{ext} * h_{ext}^3$$

$$I_{x_{0interno}} = \frac{1}{12} b_{int} * h_{int}^3$$

$$I_{x_{0circulo}} = \pi * \frac{(R^4)}{64} - \pi * \frac{(r^4)}{64} = cm^4$$

Para el cálculo aplicaremos el Teorema de Steiner, o de los ejes paralelos,

Donde:

$$I_x = I + A * dy^2$$

$$I_{x_{TOTAL}} = I_{externa} - I_{INTERNA}$$

Donde:

Si vamos a estudiar el caso para un tubo de $\frac{3}{4}$ ", tenemos un perímetro de:

$$2 * \pi * r = \pi * 1,905cm = 5,9847cm$$

Restricciones:

- ✓ La separación de las caras planas, nunca debe ser mayor al diámetro del tubo: 1,905 cm.
- ✓ Perímetro sección circular = perímetro sección aplanada

Tenemos un tubo aplanado con las siguientes secciones:

Dos semicírculos y dos rectángulos, los cuales tienen los siguientes perímetros:

$$P_{\text{circulo}} = 2 * \pi * r$$

$$P_{\text{rectangulo}} = 2 * h \quad (\text{No se toma en cuenta la base, solo la altura})$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{circulo}} + P_{\text{rectangulo}} (\text{las longitudes de la altura})$$

Donde:

- ✓ El diámetro de los semicírculos será igual a la separación de las caras.
- ✓ Sacamos la Altura H del rectángulo con respecto al diámetro de los semicírculos, despejándolo de la formula:

$$5,98\text{cm} = \pi * D + 2 * (h)$$

$$h = \frac{5,98\text{cm} - D * (\pi)}{2}$$

$$b = D$$



Aplicando el teorema de Steiner para una figura compuesta por un rectángulo y dos semicírculos (Externos), tenemos:

- ✓ **Circulo:** Ya que contamos con dos semicírculos, haremos los cálculos para un circunferencia completa

$$Ix = I_{\bar{x}} + A * dy^2$$

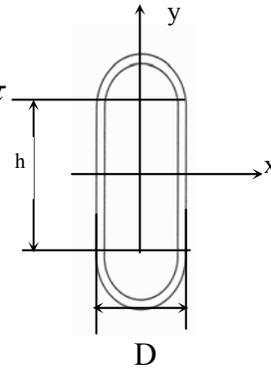
$$I_{\bar{x}} = \frac{1}{8} * \pi * r^4 = \frac{1}{8} * \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^4 = \frac{1}{16} * D^4 * \frac{1}{8} * \pi$$

$$A = \frac{1}{2} * \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{\pi}{8} * D^2$$

$$dy = \frac{h}{2} + a$$

$$a = \frac{4}{3} * \frac{r}{D} = \frac{4}{3} * \frac{D}{2 * \pi}$$

$$\frac{h}{2} = \frac{5,98\text{cm} - D * \pi}{4}$$



entonces Ix para el círculo:

$$Ix = \frac{\pi * D^4}{128} + \frac{\pi * D^2}{8} * \left(\frac{2 * D}{3\pi} + \left(\frac{5,98\text{cm} - D * \pi}{4} \right) \right)^2$$

✓ **Rectángulo:**

$$I_x = \frac{1}{3} * b * h^3 = \frac{1}{3} * D * (5,98cm - D * (\pi))^3$$

$$I_x = \bar{I}_x + A * dy^2$$

como el centro del rectángulo es el mismo centroide de toda la figura $dy=0$

$$I_x = \frac{1}{12} * D * \left(\frac{5,98cm - D * \pi}{2} \right)^3 + 0$$

$$I_{x_{EXT}} = I_{x_{circulo}} + I_{x_{rectangulo}}$$

$$I_{x_{TOTAL(EXTERNO)}} = 2 \left[\frac{\pi * D^4}{128} + \frac{\pi * D^2}{8} * \left(\frac{2 * D}{3 * \pi} + \frac{5,98cm - D * \pi}{4} \right)^2 \right] + \frac{1}{12} * D * \left(\frac{5,98cm - D * \pi}{4} \right)^3$$

Simplificando la ecuación tenemos:

$$I_{x_{TOTAL}} = 0,4678 * D^4 + 11,83 * D^3 - 0,02 * D^2 + 4,4 * D$$

✓ **Para la sección interna:** Como es un tubo de espesor e tenemos que las dimensiones de la sección interna:

$$2 * \pi * r = \pi * (1,905cm - 2 * e) = 5,41cm$$

Rectángulo:

$d = (D - 2 * e)$ el diámetro interno, la separación de caras internas

$$h = \frac{5,41cm - (D - 2 * e) * \pi}{2}$$

$$b = (D - e)$$

Circunferencia:

$$\bar{I}_x = \frac{1}{16} * (D - 2 * e)^4 * \frac{1}{8} * \pi$$

El procedimiento es igual al anterior.

Entonces:

$$I_{x_{TOTAL(interno)}} = 2 \left[\frac{\pi * (D - 2 * e)^4}{128} + \frac{\pi * (D - 2 * e)^2}{8} * \left(\frac{2 * (D - e)}{3 * \pi} + \frac{5,41cm - (D - 2 * e) * \pi}{4} \right)^2 \right] + \frac{(D - 2 * e)}{12} * \left(\frac{5,41cm - (D - 2 * e) * \pi}{4} \right)^3$$

Finalmente la inercia total del tubo aplanado será igual

$$I_t = I_{EXT} - I_{INT}$$

Sabemos que:

$$\frac{M * Y}{I_0} \leq \frac{\sigma_{yt}}{\phi}$$

donde:

$$I_0 = I_t$$

$$y = \frac{D}{2} + \frac{(5,98 - D * (\pi))}{4}$$

Se debe aplanar el tubo de tal manera que la separación de las caras, o sea el diámetro de los semicírculos externos D, nos proporcione el mayor valor de inercia, de manera que nos proporciones el caso más favorable para el estudio de flexión. Para ello, optimizaremos la función. I_{ext} .

Entonces:

$$\frac{df(D)}{dD} = 1,8712 * D^3 + 35,517 * D^2 - 0,04 * D + 4,4$$

Resolviendo este polinomio de tercer grado tenemos que los valores:

$$D = 3,9 \text{ mm.}$$

Este valor nos indica el límite inferior de D, o la separación de las paredes a la que se debe aplanar el tubo. Aplicando la teoría de Von Misses debemos buscar el mínimo valor de D más conveniente, respetando la siguiente restricción:

$$3,9mm \leq D \leq 19mm$$

Entonces haciendo el estudio de flexión, del tubo aplanado con las siguientes medidas:

$$D = 1 \text{ cm}$$

$$h = \frac{(5,98 - D * (\pi))}{2} =$$

$$y = \frac{0,25}{2} + \frac{(5,98 - D * (\pi + 2))}{4} =$$

tenemos:

Caso N° 1:

La separación de cada cara, al límite de 3,9 mm. Obtenemos para los materiales de estudio:

Momento total de inercia: $1,86 \times 10^{-9} \text{ m}^4$

<i>Material</i>	<i>Resistencia de fluencia (MPa)</i>	$\frac{\sigma}{Nd}$	$\frac{M * y}{I_T}$	<i>Observaciones</i>
Acero Laminado en frío A366	250	100	295,43	FALLA
Acero Pulido	206	82,45	295,43	FALLA

Caso N° 2:

Evaluando en el punto medio, las caras internas separadas 7,59 mm, tenemos:

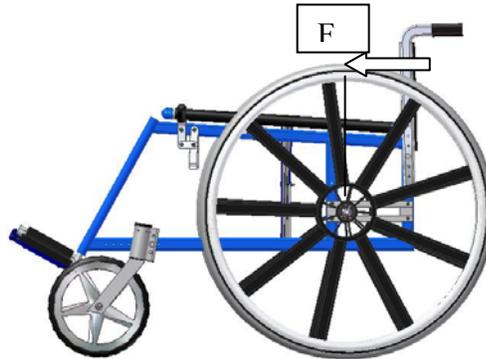
Momento de inercia: $7,19 \times 10^{-9} \text{ m}^4$

<i>Material</i>	<i>Resistencia de fluencia (Pa)</i>	$\frac{\sigma}{Nd}$	$\frac{M * y}{I_T}$	<i>Observaciones</i>
Acero Laminado en frío A366	250	100	13,68	NO FALLA
Acero Pulido	206	82,45	13,68	NO FALLA

Hemos evaluado en 7 mm y la pieza falla, y sucesivamente hasta llegar a 7,5 mm. Con esto podemos asegurar 7,59 mm \approx 8 mm, es lo mínimo que deben estar separadas las caras internas.

Tercer Estudio:

Cálculos de las reacciones de las ruedas traseras al momento de trasladarse



Quando el usuario se impulsa, le aplica una fuerza F tangencial a las ruedas traseras, con el fin de desplazarse de un sitio a otro. Esta fuerza produce un momento torsionante o Torque T , cuya magnitud la podemos calcular como:

$$T = Fxr$$

donde:

$$F = 130N^2$$

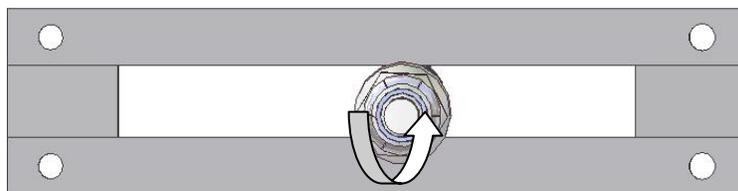
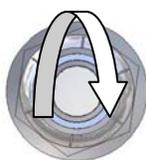
$$r = 300mm \text{ (es el radio de la ruedas traseras)}$$



Sustituyendo tenemos:

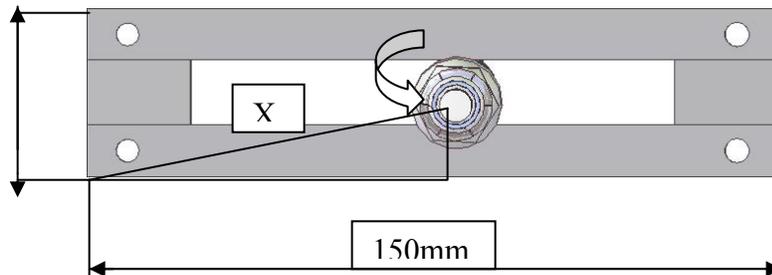
$$T = 130N \times 300mm = 39000N \times mm .$$

Por el tercer principio de Newton, de acción y reacción, esta fuerza es transmitida, pero en sentido contrario al eje, en nuestro caso al quick release, y éste a su vez a la pieza de soporte de la base de la rueda trasera.



² Fuente: Manual del ingeniero mecánico: 130 N, es la fuerza promedio que aplica un individuo con las manos.

Esta reacción a su vez es transmitida a cada uno de los tornillos de las piezas. Esta fuerza torsionante se va a dividir equitativamente, en cuatro fuerzas. Para efectos de este cálculo, se tomara el punto de apoyo del quick release en el centro de la ranura del soporte, ya que en otro punto de la ranura la diferencia no es significativa.



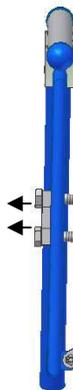
Aplicando Pitágoras tenemos la distancia X:

$$X = \sqrt{(17,32)^2 + (75)^2} = 70,32mm$$

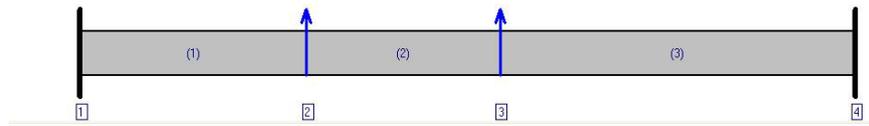
$T = 4 * f * X$ despejando f de la ecuación tenemos:

$$f = \frac{39000Nxmm}{4 * (70,32mm)} = 138,29N$$

Esta fuerza cortante en cada tornillo, produce flexión en cada una de las barras verticales a las cuales está sujeta la base de las ruedas del marco; de manera de facilitar este estudio, calcularemos la flexión en una sola barra, y supondremos que es una viga horizontal y empotrada en sus dos extremos (ya que se producen las mismas reacciones internas al estar soldada en sus bordes), tiene dos fuerzas verticales f . En realidad, en cada punto donde está el tornillo se presentan dos fuerzas $f/2$ en sentido contrario, pues son cortantes. Esto último lo aplicaremos para calcular el diámetro que debe tener cada tornillo.



Horizontalmente:



Estamos en presencia de un sistema hiperestático, haciendo los cálculos respectivos tenemos que las reacciones en sus extremos son:

En el punto 1: $A_y = -181N$

En el punto 2: $B_y = 95,83N$

Figura 4.6. Diagrama de Fuerza de Corte para la barra

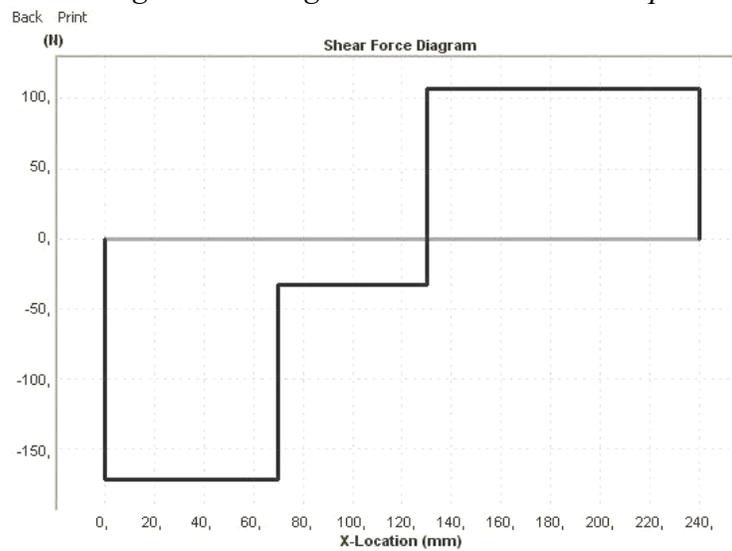
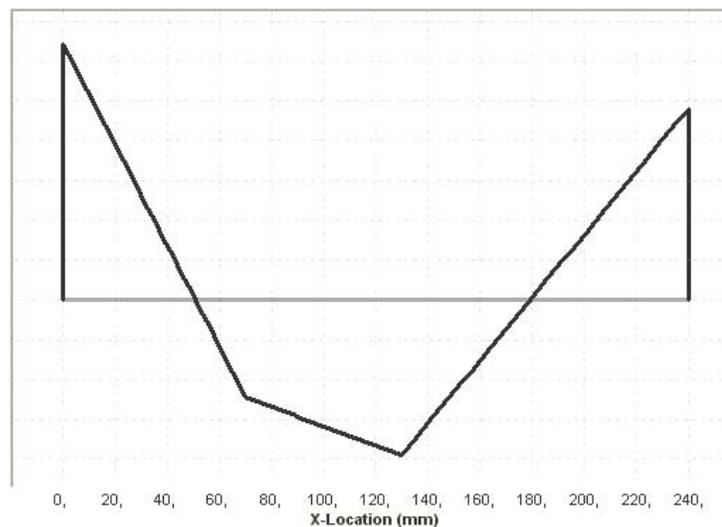


Figura 4.7. Diagrama de Momento Flector (El máximo valor $M=7775,24Nxmm$)



4.6.2. Factores que limitan la resistencia a la Fatiga

Para obtener las propiedades de los materiales relacionadas con el diagrama esfuerzo-deformación, la carga se aplica gradualmente, dando suficiente tiempo para que se desarrolle la deformación. En las condiciones usuales, la probeta se ensaya hasta que se destruye, de manera que los esfuerzos se aplican sólo una vez. Estas condiciones se conocen como condiciones estáticas y se tienen con alto grado de aproximación en muchas estructuras y elementos de máquina.

Sin embargo, frecuentemente ocurre que los esfuerzos varían o fluctúan entre determinados valores. Por ejemplo, una fibra particular de la superficie de un eje rotatorio, sometida a la acción de cargas de flexión, pasa por esfuerzos de tensión y de compresión en cada revolución del eje. Si éste es parte de un motor eléctrico que gira a 1725 rpm, la fibra es esforzada en tensión y en compresión 1725 veces por minuto. Si, además, el eje también está cargado axialmente (por ejemplo, en el caso de un engrane helicoidal o de tornillo sin fin), habrá una componente axial de esfuerzo que se superpondrá a la componente de flexión. Esto, en cualquier fibra, ocasionará un esfuerzo que seguirá siendo fluctuante, pero que oscilará entre valores diferentes. Estas y otras clases de cargas que ocurren en elementos de máquina producen esfuerzos que se llaman repetidos, alternantes o fluctuantes.

En muchos casos hay que analizar elementos de máquina que han fallado bajo la acción de esfuerzos repetidos o fluctuantes y, sin embargo, después de un cuidadoso análisis, se descubre que los esfuerzos máximos reales fueron inferiores a la resistencia última del material y, muchas veces, que fueron aún menores que la resistencia de fluencia. La característica más notable de estas fallas ha sido que los esfuerzos se repitieron un número muy grande de veces. Por lo tanto, la falla se denomina falla por fatiga.

No es realista esperar que el límite de fatiga de un elemento mecánico o estructural resulte igual a uno de los valores que se pueden obtener analíticamente. Por ello vamos a realizar un estudio aproximado de los diferentes factores que pueden influir en una posible falla por fatiga del material de la estructura del marco de la silla de ruedas. Con estos resultados podemos inferir si la fatiga es una condición determinante a considerar para el diseño.

Marín³ propuso una clasificación de algunos de los factores que modifican el límite de fatiga. Las principales condiciones que afectan el límite de fatiga, son las siguientes:

Material: Composición química, base de la falla, variabilidad.

³ Joseph Marin, *Mechanical Behavior of Engineering Materials*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1962, pág. 224.

Manufactura: Método de Fabricación, Tratamiento térmico, corrosión por desgaste, condición de la superficie, concentración del esfuerzo.

Condición ambiental: Corrosión, Temperatura, Estado de esfuerzo, Tiempos de relajación.

Diseño: Tamaño, configuración, duración, estado de esfuerzo, concentración del esfuerzo, velocidad, desgaste.

Para tener en cuenta las más importantes de estas condiciones, se emplea una diversidad de factores de modificación, de los cuales cada uno corresponde a un solo efecto. De acuerdo por esto, se puede afirmar que:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S_e'$$

Donde:

S_e : Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico.

S_e' : Límite de resistencia a la fatiga de la muestra de viga rotatoria.

k_a : Factor de Superficie.

k_b : Factor de Tamaño.

k_c : Factor de Carga.

k_d : Factor de Temperatura.

k_e : Factor de Efectos diversos.

Para calcular el valor de S_e' , debemos basarnos en el análisis que hizo Mischke de pruebas reales provenientes de varias fuentes, donde concluyó que el límite de resistencia a la fatiga, puede estar relacionado con la resistencia a la tensión. En el caso de los aceros, la relación es la siguiente:

$$S_e = 0,504 S_{ut} \text{ con } S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1400 Mpa)}$$

$$S_e = 100 \text{ kpsi con } S_{ut} > 200 \text{ kpsi}$$

$$S_e = 700 \text{ Mpa con } S_{ut} > 1400 \text{ Mpa}$$

En nuestro caso el valor de $S_{ut} = 208 \text{ Mpa}$, lo que nos hace ajustarnos a la primera relación, con lo cual nos queda:

$$S_e' = 0,504 S_{ut} = 0,504 (206 \text{ Mpa}) = 103,824 \text{ Mpa}$$

Ahora vamos a proceder con el cálculo de cada uno de los factores de Marín:

Factor de Superficie: Los factores de modificación de la superficie dependen de la calidad del acabado y de la resistencia a la tensión. La fórmula para calcular el k_a es la que sigue:

$$k_a = aS_{ut}^b$$

De la tabla 7-4 del Shigley, página 318, sobre Factores de acabado de superficies, tenemos:

$$a = 4,51 \text{ Mpa y } b = -0,265 \text{ (porque ha sido maquinado y estirado en frío)}$$

Luego, el valor de k_a será:

$$k_a = (4,51)(206)^{-0,265} = 1,0990102$$

Factor de tamaño: k_b , para una sección circular o equivalente, en los casos de flexión y torsión, se puede expresar como:

$$k_b = (d/0,3)^{-0,1133} \text{ in} \quad 0,11 \leq d \leq 2 \text{ in}$$

$$k_b = (d/7,62)^{-0,1133} \text{ mm} \quad 2,79 \leq d \leq 51 \text{ mm}$$

Para tamaños mayores, k_b varía entre 0,60 a 0,75 en flexión y torsión. En el caso de que se aplique carga axial, no existe el efecto de tamaño, por lo tanto se asume este factor como 1.

Para nuestro caso, el factor de tamaño será:

$$k_b = (0,75\text{in}/0,3\text{in})^{-0,1133} = 0,901391$$

Factor de Carga: El factor de carga está dado por la relación:

$k_c = 0,923$	carga axial	$S_{ut} \leq 220 \text{ kpsi (1520 Mpa)}$
$k_c = 1$	carga axial	$S_{ut} > 220 \text{ kpsi (1520 Mpa)}$
$k_c = 1$	flexión	
$k_c = 0,577$	torsión y cortante	

Dependiendo de los efectos que se quieran calcular, este factor tendrá un determinado valor. Para hacer más crítico nuestro caso, asumiremos el factor de carga como 0,577, es decir, el efecto que producen cargas torsionales y esfuerzos cortantes.

Factor de temperatura: Cuando las temperaturas de operación son menores que las temperaturas del lugar de trabajo, la fractura por fragilidad de los materiales es una posibilidad latente y debe investigarse antes de empezar a trabajar. Cuando las temperaturas de operación son mayores que la del lugar de trabajo, antes debe investigarse la fluencia porque la resistencia de fluencia disminuye muy rápido con la

temperatura. Cualquier esfuerzo inducirá flujo plástico en un material que opere con altas temperaturas; así que también debe tomarse en cuenta este factor. Por último, quizá resulte cierto que no existe límite de fatiga en materiales que operan con altas temperaturas. Debido a la reducción en la resistencia a la fatiga, el proceso de falla depende del tiempo hasta cierto punto.

La cantidad limitada de estos datos de que se dispone indica que el límite de resistencia a la fatiga para aceros aumenta ligeramente cuando se eleva la temperatura y después empieza a disminuir en el orden de los 400 a los 700°F, que no es diferente del comportamiento que observa la resistencia a la tensión. Por esta razón es probable que el límite de resistencia a la fatiga esté relacionado con la resistencia a la tensión a temperaturas elevadas en la misma forma que a la temperatura del lugar de trabajo. Por lo tanto, parece muy lógico emplear las mismas relaciones para anticipar el límite de fatiga a temperaturas elevadas que se utilizan a la temperatura del lugar de trabajo, cuando menos hasta que se disponga de datos más completos. Al menos, esta práctica proporcionará un estándar útil contra el cual se puede comparar el desempeño de diversos materiales.

De acuerdo a la tabla 7-5 del Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, página 321, el factor de temperatura:

$$k_d = 1,000$$

Factor de efectos diversos: Uno de los motivos para emplear el k_e es tomar en cuenta la reducción en el límite de resistencia a la fatiga debida a todos los otros efectos, tales como la corrosión, el recubrimiento electrolítico, el metalizado por aspersion, la corrosión por apriete o la concentración de esfuerzos. Sin embargo, la verdadera razón de usarlo es que sirve de recordatorio de que deben considerarse dichos efectos, pues no se dispone de valores reales de k_e .

Los efectos residuales o remanentes pueden servir para mejorar el límite de resistencia a la fatiga, o bien para afectarlo negativamente. Por lo general, si el esfuerzo remanente en la superficie de un elemento es de compresión, se mejora el límite mencionado.

Para nuestro caso, el valor de k_e se asume igual a 1.

Ahora, una vez calculados los Factores de Marín, procedemos a buscar el valor de S_e :

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S_e'$$

$$S_e = (1,090990102)(0,901391)(0,577)(1)(1) 103,824 \text{ Mpa}$$

$$S_e = 58,9125196 \text{ Mpa}$$

Se determinan los esfuerzos principales distintos de cero, a partir de un análisis por círculo de Mohr:

$$\sigma_A, \sigma_B = \sigma_x/2 \pm [(\sigma_x/2)^2 + \tau_{xy}^2]^{1/2}$$

Sustituyendo:

$$\sigma_A, \sigma_B = 295430081,3/2 \pm [(295430081,3/2)^2 + 13681743,3^2]^{1/2}$$

$$\sigma_A, \sigma_B = 147715040,65 \pm 148341784,824$$

$$\sigma_A = 296056825,474 \text{ Pa}$$

$$\sigma_B = - 626744,174 \text{ Pa}$$

Calculamos ahora el esfuerzo de Von Mises:

$$\sigma' = (\sigma_A^2 - \sigma_A \sigma_B + \sigma_B^2)^{1/2}$$

Sustituyendo:

$$\sigma' = (296056825,474^2 - (296056825,474)(- 626744,174) + - 626744,174^2)^{1/2}$$

$$\sigma' = 296370694,571 \text{ Pa}$$

Por último, estimamos el factor de seguridad contra falla por fatiga, y es:

$$n = S_e / \sigma' = 296,370694571 \text{ Mpa} / 58,9125196 \text{ Mpa}$$

$$\mathbf{n = 5,030691211}$$

Lo cual nos indica que no ocurre falla por fatiga del material, y conservamos los parámetros establecidos, en cuanto a mantenernos dentro del rango definido para el factor de seguridad de diseño de dispositivos que involucren personas ($2 \leq n \leq 3$).

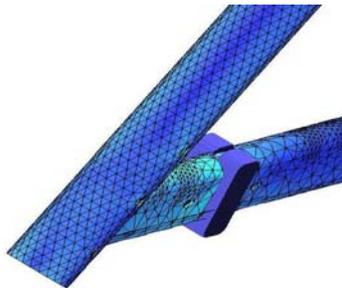
4.7. Modelado del sólido: Análisis Fea

El cálculo de los esfuerzos máximos presentes en las distintas piezas del dispositivo, se realizó por medio de un software computacional M.S.C Visual Nastran Desktop FEA, el cual es una herramienta de diseño y análisis que incorpora técnicas automatizadas de simulación. Por medio de la tecnología de elementos finitos se pueden evaluar los modelos

con base en la resistencia de materiales, esfuerzos permisibles o Factor de seguridad deseado. Los esfuerzos se determinaron con la teoría de Von Misses ya que es el más utilizado y conveniente en materiales dúctiles como el acero.

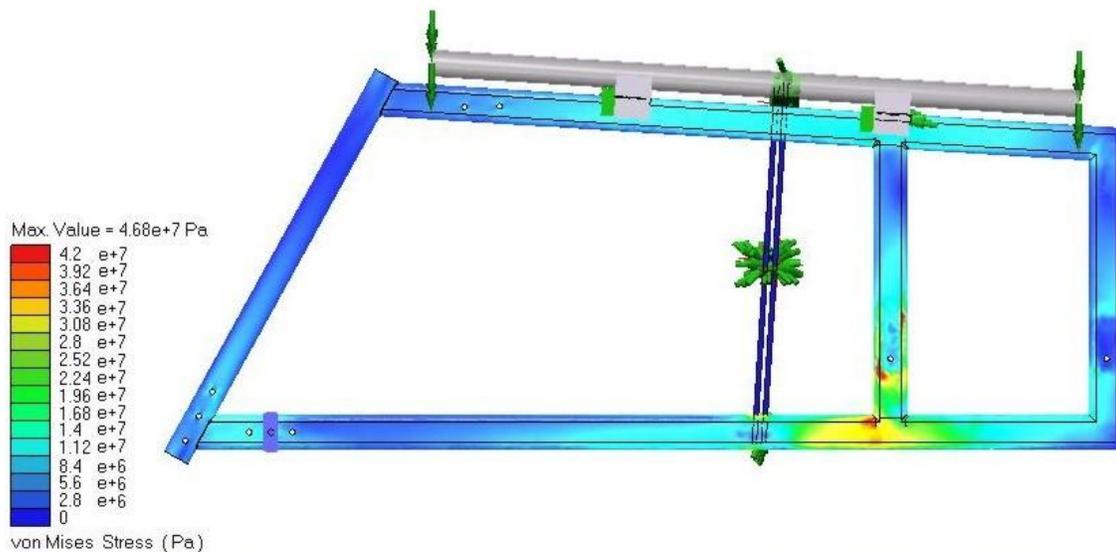
Los elementos de malla utilizados para los cálculos, fueron del tipo tetraedro de segundo orden, con un tamaño promedio de malla de 5 mm; con ello podemos asegurar que nuestros resultados son confiables, ya que el número y tamaño de elementos en una malla es el factor determinante en la precisión de los cálculos FEA, una malla más densa ofrece mayor certeza en el comportamiento real del modelo, como es en nuestro caso.

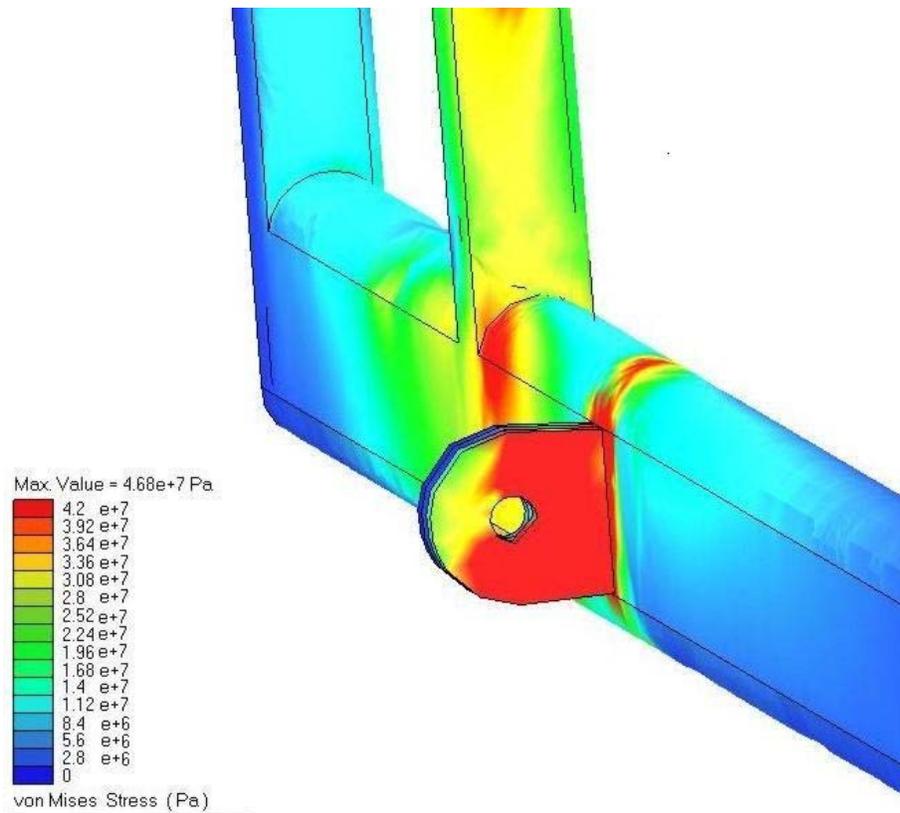
A continuación la grafica donde se puede apreciar el tamaño de la malla empleada:



4.7.1. Resultados de los análisis realizados al cuadro de la silla de ruedas

En la gráfica se puede apreciar las reacciones y los esfuerzos presentes en cada cara lateral del cuadro y en las tijeras. Estas ultimas no presentan un alto valor o una variación en los esfuerzos ya que están únicamente sometidas a esfuerzos de tensión.





En las gráficas podemos observar los valores en color rojo, indicando las zonas donde se presentan los valores máximos de esfuerzos. El valor del factor de seguridad de la pieza es de:

$$\sigma_{MAX} = \frac{\sigma_{fluencia}}{Nd}$$

donde:

$$\sigma_{MAX} = 46,8MPa$$

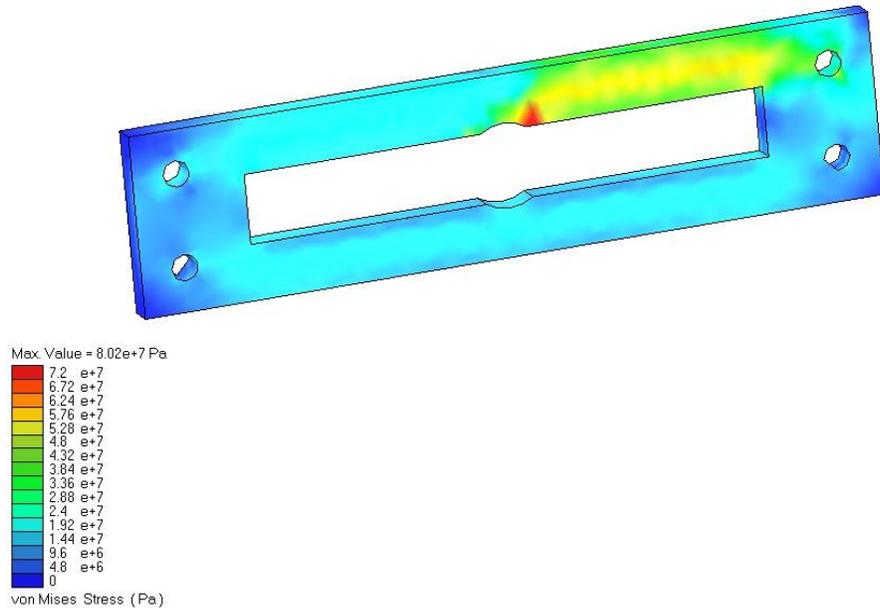
$$\sigma_{fluencia} = 206,135MPa$$

despejando el factor de seguridad de la relación y sustituyendo tenemos:

$$Nd = \frac{206,135MPa}{46,8MPa} = 4,4$$

Este valor es lo suficientemente alto, como para asegurar que la estructura soporte todas las sollicitaciones

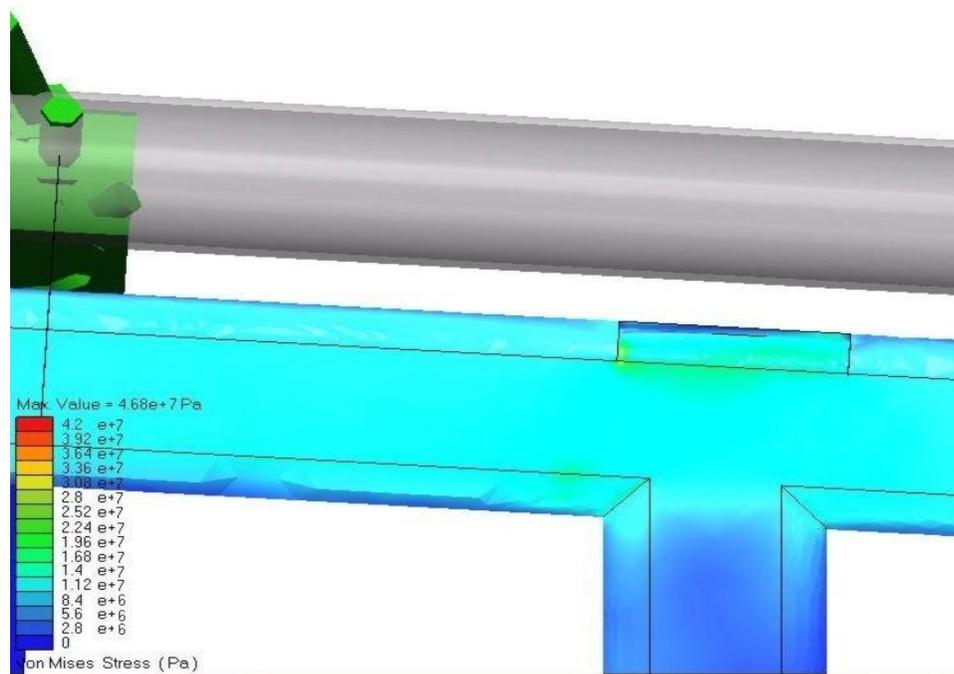
4.7.2. Resultados de los análisis realizados a la pieza de soporte de las ruedas traseras



$$\sigma_{MAX} = \frac{\sigma_{fluencia}}{Nd}$$

$$Nd = \frac{207MPa}{80MPa} = 2,6$$

4.7.3. Resultados de los análisis realizados a la pieza de apoyo del tubo del asiento



$$\sigma_{MAX} = \frac{\sigma_{fluencia}}{Nd}$$

$$Nd = \frac{206,135MPa}{46,8MPa} = 4,4$$

4.8. Cálculo de los Tornillos

Para los siguientes cálculos se tomaran la Teoría de Esfuerzos Cortantes Máximos, el material falla si se cumple:

$$\sigma_{MAX} = \frac{\sigma_{fluencia}}{2}$$

El esfuerzo de fluencia del material de los tornillos seleccionados (AISI 304) es de 241 Mpa

$$\frac{F}{A} = \frac{241N / mm^2}{2}$$

Donde:

F = Se estudiara en el caso mas desfavorable, donde esta el máximo valor de Fuerza cortante, en el diagrama de Fuerzas cortante, el cual es de 1925 N

A= área de los tornillos

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

En la estructura del marco, algunos componentes están sujetos por medio de tornillos los diámetros de los tornillos utilizados para sujetar el espaldar, las ruedas delanteras, los posapies y la pieza de sujeción de las ruedas traseras son de 6 mm.

Para el caso de las tijeras se utilizo un tornillo de Diámetro 8 mm.

$$\frac{1925N}{\frac{\pi(6mm)^2}{4}} \geq \frac{241N / mm^2}{2}$$

$$68,08N / mm^2 \geq 120,5N / mm^2 \quad \text{“La pieza no falla”}$$

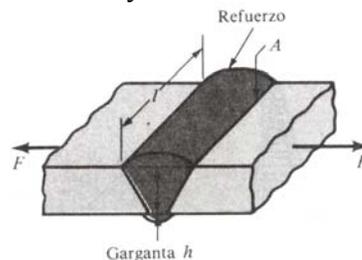
$$\frac{1925N}{\frac{\pi(8mm)^2}{4}} \geq \frac{241N / mm^2}{2}$$

$$38,29 \geq 120,5 \quad \text{“La pieza no falla”}$$

4.9. Cálculo de las soldaduras

4.9.1. Cálculos de los cordones a tope de los cuadros laterales de la silla

Los cordones están sometidos a cortes y tensión.



Para una junta a tope con ranura en V sometido a una carga de tensión, tenemos que el valor del Esfuerzo máximo es igual:

$$\sigma_{\max} = F/A$$

$$A = h \cdot l = 0,008 \times 0,015 = 0,0012 \text{ m}^2$$

$$F = 100 \text{ N}$$

$$\sigma_{\max} = 50 \text{ N} / 0,0012$$

$$\sigma_{\max} = 41666,65 \text{ KN/m}^2$$

Tenemos que para un acero AISI 1020

Esfuerzo de fluencia es: 520 Mpa

Esfuerzo último: 440 Mpa

Para el electrodo a utilizar

Se selecciona un electrodo $\tau_{yt} > \tau_{ut}$ material

Entre los Electrodo más comerciales y comúnmente encontrados en el mercado, podemos mencionar los siguientes:

Nombre Comercial: **AMS6 (Arco Metal)**⁴

Clasificación: **AWS/ASME: SFA-5.18 / ER 70S-6**

Covenin: ER 500S-6

Posiciones para soldar: TODAS.

Descripción: Alambre de Acero al Carbono cobrizado superficialmente para ser usado en el proceso de soldadura semiautomática y automática con protección gaseosa (proceso MIG/MAG).

Aplicación: Para la soldadura de la mayoría de los aceros al carbono y de baja aleación. Para unir piezas de la industria Naval, Automotriz, Petrolera, Papelera, Maquinaria pesada y agrícola entre otras.

Características:

<i>Diámetro mm / pulg.</i>	<i>Largo (mm)</i>	<i>Resistencia a la Tracción</i>	<i>Alargamiento en 50 mm</i>	<i>Resistencia al impacto</i>
0,8 / 0,030 0,9 / 0,035 1,0 / 0,040 1,2 / 0,045 1,6 / 1/16 2,4 / 3/32	Continuo	480 N/mm ² Min (70 Ksi Min)	20% Min *	27 N.m.Min *a 29°C

*Usando CO₂ como gas de protección.

⁴ Fuente: *Catálogo de Arco Metal (AM). Edición 2003.*

El amperaje se regula dependiendo de las variables fijadas en la máquina, tales como velocidad del alambre, gas de protección, voltaje del arco, entre otros.

Composición Química:

C: 0,06 – 0,15

P: 0,025 máx.

Mn: 1,40 – 1,85

S: 0,035 máx.

Si: 0,80 – 1,15

Cu: 0,50 máx

Presentación: Bobinas de 12 Kg y 15 Kg. Carrete de 27 Kg (bajo pedido).

Certificaciones:

NORVEN 2728

LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

AMERICAN BUREAU OF SHIPPING

Nombre Comercial: **WA-82⁵**

Clasificación: **AWS ER70S-3**

Posiciones: Opera en todas las posiciones cuando se emplea transferencia por corto circuito.

Descripción: El electrodo WA-82 es un alambre macizo para soldadura de aceros al carbono por los procesos MIG/MAG. Trabaja con CO₂, mezcla de Argón – Oxígeno.

Aplicación: Se utiliza principalmente para soldaduras de un pase, pero puede ser usado también en soldaduras de múltiples pases, específicamente en aceros calmados o semicalmados. Se utiliza para soldar aceros ASTM A36, A283 Grado C, A515, A516 y otros similares.

Propiedades Mecánicas:

Resistencia a la tracción: 50 – 58 kg/mm² (72 – 82 ksi)

Límite de Fluencia: 42 – 49 kg/mm² (60 – 70 ksi)

Elongación: 22 – 30%

(Ensayos realizados según AWS A5.18)

Composición Química:

C: 0,06 – 0,15

P: 0,025 máx.

Mn: 1,40 – 1,85

⁵ Fuente: *Catálogo Resumido de West Arco. Electromanufacturas S.A. 1996.*

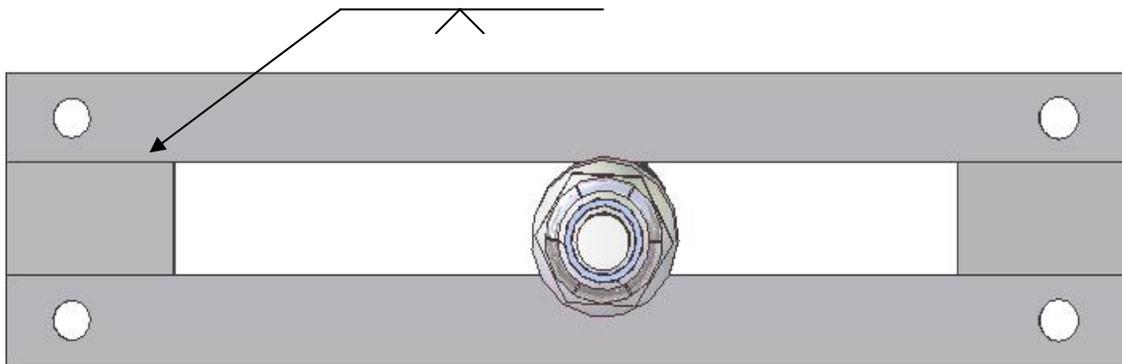
S: 0,035 máx.
 Si: 0,80 – 1,15
 Cu: 0,50 máx

Presentación: Carretes de 15 Kg.

Aplicando Von Misess Tenemos:

$N_d = 440\text{Mpa}/41.66\text{Mpa}=5,28$
 $N_{d_e} = 462\text{ Mpa}/41,66\text{Mpa} = 5,54$

4.9.2 Cálculo de las soldaduras aplicadas en la pieza de soporte de las ruedas traseras



Al igual que en el caso anterior, vamos a tener una junta a tope con ranura en V sometida a cortes y a una carga de tensión, con un valor de esfuerzo máximo igual a:

$$\sigma_{\max} = 46,8 \text{ Mpa}$$

Tenemos que para un acero AISI 1020

Esfuerzo de fluencia es: 470 Mpa
 Esfuerzo ultimo: 390 Mpa

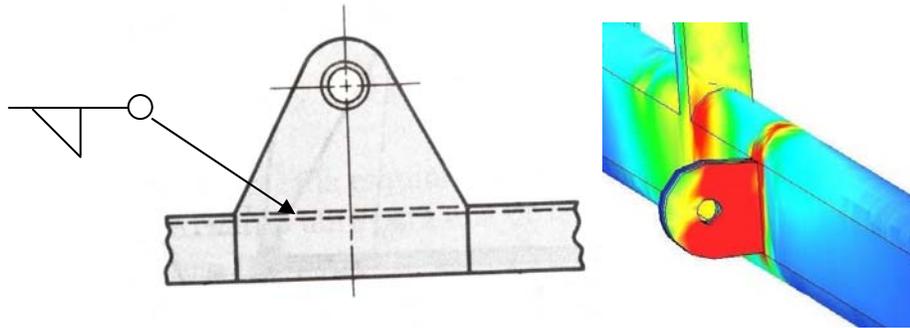
Para el electrodo a utilizar E80xx

Esfuerzo de fluencia: $\sigma_{ut}=551 \text{ Mpa}$
 Esfuerzo ultimo: $\sigma_y= 462\text{Mpa}$

Aplicando Von Misess Tenemos:

$N_d = 390\text{Mpa}/46,8\text{Mpa}=8,40$
 $N_{d_e} = 462\text{ Mpa}/46,8\text{Mpa} = 9,40$

4.9.3. Cálculo de los cordones en las ménsulas del cuadro de la silla



La fuerza que actúa en el centro del agujero de la ménsula, donde se atornillan las pletinas de la tijera, se produce una fuerza F a través del centro del agujero. Hay otra fuerza F_g , es la que ejerce sobre la ménsula el grupo de juntas, esta ubicada en el centroide de la ménsula.

- ✓ La fuerza F_y ocasiona corte en toda la unión soldada
- ✓ F_x ocasiona corte también en toda la unión
- ✓ Se produce un M , ya que F y F_g tienen líneas de acción diferente

$X=0,0092$ es la distancia desde el centroide al centro del agujero

$F=395$ N la fuerza, producida por el peso.

$M=395\text{N} * 0,0092\text{m}=49,62$ Nxm

Las pletinas tienen un ángulo de inclinación de 30° , por lo tanto esta es la inclinación de la fuerza.

$$F_y = \text{sen}30^\circ * 1990 \text{ N} = 1966,18\text{N}$$

$$F_x = \text{cos}30^\circ * 1990 \text{ N} = 306,96\text{N}$$

$$A = 1,4114 * h * (b+d) = 1,41 * 0,315 * (0,315\text{cm} + 1,42\text{cm}) = 0,7706\text{cm}^2$$

$$I_u = (1,42)^2 / 6 * (3 * b + d) = 0,7973\text{cm}^4$$

$$I = 0,707 * h * I_u$$

$$I = 0,707 * 0,3175 * 0,7706 = 0,1729\text{cm}^2$$

En cada extremo de la ménsula se concentran los esfuerzos cortantes de F_y M

$$\tau_1 = F_y / A + Mx / I = 1966,30\text{N} / 0,7706\text{cm}^2 + 49,62\text{Nxm} * 0,71\text{cm} / 0,7973 = 25,987\text{N/cm}^2$$

$$\tau_1 = 5,46 \text{ MPa}$$

El esfuerzo cortante debido a F_x

$$\tau_2 = 306,30 / 0,7706 \text{ cm}^2 = 397,59\text{N/cm}^2 = 3,975\text{Mpa}$$

Tenemos que para un acero AISI 1020

Esfuerzo de fluencia es: 470 Mpa

Esfuerzo ultimo:390 Mpa

$$\tau = (\tau_1^2 + \tau_2^2)^{1/2} = 26,28 \text{ Mpa}$$

$$Nd = 0,5 * 470 / 26,28 = 8,9$$

Esfuerzos en el metal base

$$A = 1,42 \text{ cm} * 0,63 = 0,89 \text{ cm}^2$$

El esfuerzo de corte en el metal es

$$\tau_{yx} = F_x / A = 306,96 / 0,89 \text{ cm}^2 = 344,89 \text{ N/cm}^2$$

El modulo de la sección de la ménsula en la superficie intermedia de la soldadura es

$$I/c = b * d^2 / 6 = 0,635 \text{ cm} * (1,42 \text{ cm})^2 / 6 = 0,2123 \text{ cm}^4$$

El esfuerzo en los extremos de la cara, en el material es:

$$\tau_y = F_y / A + M / I/c = 1966,6 \text{ N} / 0,89 \text{ cm}^2 + 46,92 \text{ N} * \text{cm} / 0,2123 \text{ cm}^4 = 2430 \text{ N/cm}^2$$

$$\tau = (\tau_y^2 + 3 * \tau_{yx}^2)^{1/2} = 2502,99 \text{ N/cm}^2 = 25,0299 \text{ Mpa}$$

$$Nd = 470 \text{ Mpa} / 25,029 \text{ Mpa} = 18,7$$

4.10. Tolerancias

Una cota señalada en un plano no puede mantenerse exactamente al fabricar la pieza. La medida obtenida en la pieza, denominada medida real, resulta siempre menor o mayor. Para limitar la diferencia se determinan, cuando es necesario, dos medidas que se denominan medidas límite, entre las cuales puede encontrarse a discreción la medida real. La mayor es la medida máxima, y la menor la medida mínima. La diferencia que se establece entre la medida máxima y la mínima se denomina tolerancia.

Se llaman campos de tolerancia las superficies rayadas con líneas cruzadas, que en las representaciones gráficas quedan limitadas por las medidas máxima y mínima. La magnitud de una tolerancia se expresa por la altura del campo y se rige por la utilización que haya de tener la pieza. No debe ser innecesariamente pequeña, ya que la fabricación se encarece cuando se exige al producto una exactitud difícil de lograr.

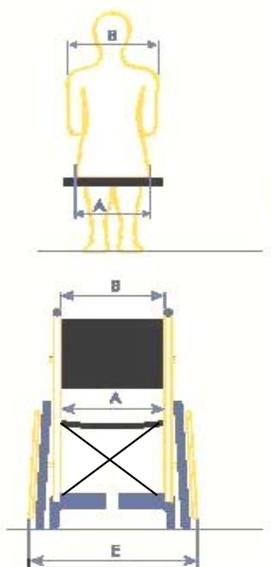
El término tolerancia se refiere a la desviación permisible respecto al tamaño básico que se especifica. Para este estudio se utilizaron las tolerancias comprendidas en las Normas ISO.

4.11. Especificación final del diseño

FICHA PESONAL

Algunas dimensiones importantes que debemos tomar en cuenta al momento de establecer las especificaciones de la silla son:

- Peso
- Dimensiones



<i>Nomenclatura</i>	<i>Descripción</i>
A	Anchura de las caderas
B	Anchura de los hombros
E	Anchura total de la silla

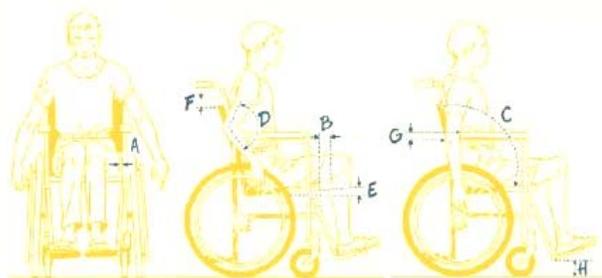
Se debe tener en cuenta también la altura desde detrás de la rodilla hasta la planta del pie y la longitud del muslo.

	Descripción
Plegado	Plegado de los laterales y extracción de los apoya pies
Estructura	Laterales independientes, unidos por mecanismo de tijeras
Mantenimiento	Periódico debido al desgaste de sus componentes, piezas en movimiento y vínculos.
Estabilidad	El vínculo del cuadro por medio de la tijera, no permite la rigidez del mismo.
Posición del torso	Angulo de caderas de 90 grados. Es desaconsejable un ángulo mayor, según prescripciones medicas modernas.
Posición de los pies	Angulo de flexión de rodillas de mas de 90 grados.
Posición de manejo	Pasiva. Los pies se encuentran muy adelantados, y el respaldo retrasado. Las manijas sobresalen por sobre el respaldo haciendo presión en los omoplatos.
Dimensiones externas	Longitud de 90 cm. Solo permite una posición más descansada del usuario. En personas de la tercera edad, permite una posición más descansada
Tapizado	Fijado con tornillos. No se puede extraer para su limpieza. Hay que cambiarlo por uno nuevo cuando se vence.

Volumen plegada	110 long. - 83 alto - 30 ancho 0.27 metros cúbicos
Peso	12.5 Kgs (cuadro y ruedas principales).

FICHA TÉCNICA DE LA SILLA

Entre las dimensiones⁶ más resaltantes que debemos tener en cuenta al momento de establecer las especificaciones de una silla de ruedas, se encuentran las siguientes:



<i>Nomenclatura</i>	<i>Descripción</i>
A	<i>Anchura del Asiento:</i> Debe tener una holgura de 25mm entre el lateral del asiento y los muslos.
B	<i>Borde delantero del Asiento:</i> De 30-50mm entre el asiento y la parte posterior de la rodilla.
C	<i>Inclinación Respaldo-Asiento:</i> Entre 100 y 110°. Si es regulable, se puede adaptar mejor a las diferentes actividades.
D	<i>Ángulo entre el brazo y el Antebrazo:</i> Debe ser de 120° con la mano agarrando la parte superior del aro propulsor.
E	<i>Inclinación del Asiento:</i> Entre 1 y 4° hacia atrás. Es muy importante evitar el deslizamiento hacia delante y el exceso de presión sobre el sacro.
F	<i>Altura del Respaldo:</i> Debe estar aproximadamente 25mm por debajo de la escápula. Se debe tener en cuenta que no debe interferir en el movimiento del brazo hacia atrás.
G	<i>Altura del Posabrazos:</i> Aproximadamente 20 mm por encima del codo, con el brazo extendido.
H	<i>Altura del Posapies:</i> 50mm mínimo, aunque se recomienda entre 100 y 130mm para evitar tropiezos. Hay que evitar que el pie se deslice entre los Posapies.

⁶ Fuente: *Fundación ProCura de la Parálisis*. Medidas y especificaciones usadas para la selección de una silla de ruedas de acuerdo a las dimensiones del usuario.

FICHA DEL PACIENTE

NOMBRE: _____.

EDAD: _____, SEXO: _____, OCUPACION: _____.

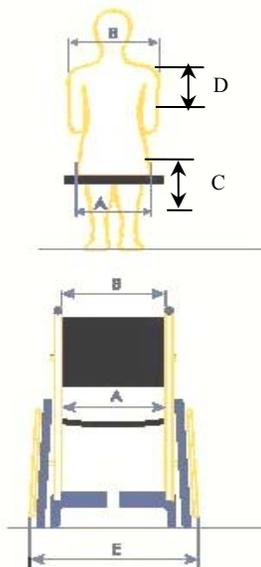
DIRECCION: _____

TIPO DE SILLA: _____.

REVISADO POR: _____.

LUGAR Y FECHA: _____.

FIRMA DEL USUARIO: _____.



<i>Nomenclatura</i>	<i>Descripción</i>	<i>Dimensión</i>
A	Anchura de las caderas	
B	Anchura de los hombros	
C	Longitud del Muslo	
D	Longitud del brazo	
E	Anchura total de la silla	

Tabla para la Selección del Tamaño de la silla

Para poder seleccionar el tamaño adecuado del asiento de la silla de ruedas, se establece un patrón de medidas, el cual está relacionado con el ancho de la pelvis. De acuerdo con esto, tenemos la siguiente tabla para escoger la silla indicada:

<i>Ancho de Pelvis</i>	<i>Asiento Equivalente⁷</i>
20 – 25	12”
25 – 28	13”
28 – 31	14”
31 – 34	15”
34 – 37	16”
37 – 40	17”
40 – 43	18”
43 – 46	19”
46 – 50	20”

⁷ Fuente: Sunrise Medical. Quickie LXi. 2001.

CAPÍTULO V: Proceso de Manufactura

5.1. Diseño y Manufactura

El proceso de manufactura ha sido desarrollado conjuntamente con los procesos del diseño, base principal de la ingeniería concurrente, filosofía de trabajo aplicada comúnmente en la actualidad.

Quizás la optimización del proceso de manufactura es el punto sobresaliente y las mejoras posibles que merecen una consideración especial incluyen:

- ✓ La mecanización de las operaciones manuales.
- ✓ La utilización de medios más eficientes en las operaciones mecánicas.
- ✓ Operación de los medios mecánicos de manera más eficiente.
- ✓ Al cambiar una operación, considerar los efectos posibles en las operaciones subsiguientes.

Casi siempre hay muchas maneras de producir un diseño dado y continuamente se están ideando mejores métodos de producción. Al investigar y cuestionar de manera sistemática el proceso de manufactura, se desarrollarán métodos más eficaces.

5.2. Volumen de producción

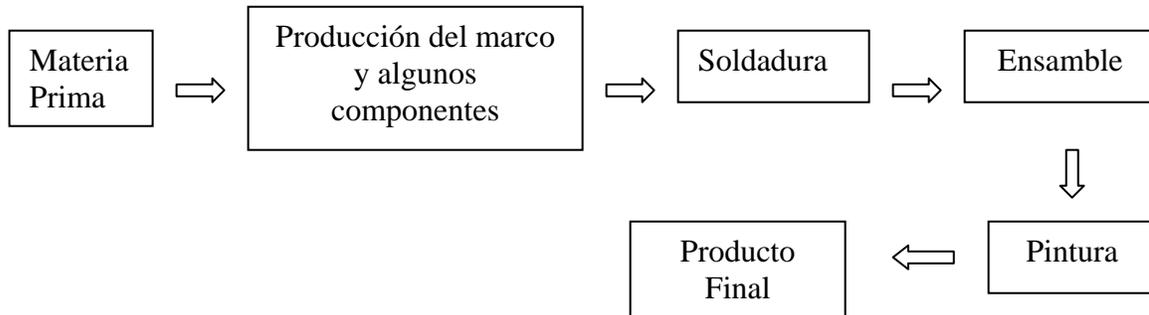
Antes de iniciar el proceso de manufactura, se debe tener claro el número de sillas que se deben producir por año, cifra que ya se obtuvo en el desarrollo del capítulo III, ya que con el volumen de producción se estimara la cantidad de materia prima, los procesos de fabricación necesarios, el tamaño de la planta y el número de personas que integrarán el equipo multidisciplinario de trabajo.

Nuestro volumen de producción estimado para los próximos cinco años es:

<i>Años</i>	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Nº de sillas / año</i>	4356	4465	4577	4691	4929

Este volumen de producción estimado podría sufrir algunos cambios (aumentar o disminuir), ya que esta sujeto a las ventas del año anterior, lo cual no se puede establecer como un valor fijo, sino por el contrario, es una variable.

Una vez establecido el diseño que vamos a producir y haciendo una estimación del volumen de producción, podemos pensar en los pasos de trabajo que debemos seguir para el proceso de manufactura, los cuales se esquematizan de la siguiente manera:



Deben tenerse presentes cinco consideraciones en relación tanto con el material directo como el indirecto que se utilice en el proceso:

1. Hallar un material menos costoso.
2. Hallar materiales que se procesen con mayor facilidad.
3. Utilizar los materiales en forma más económica.
4. Utilizar materiales sobrantes.
5. Utilizar económicamente los abastecimientos y las herramientas.

El departamento de Manufactura, el personal técnico y de ensamblaje se encargara de recibir y corroborar la existencia de suficiente materia prima, las herramientas necesarias y los implementos necesarios para la producción, así como la precisión de los ensamblajes de acuerdo a lo acordado con el Departamento de Diseño; de esta manera los dos departamentos interactúan juntos permitiendo alcanzar lo establecido para cada uno de los departamentos.

Las alternativas de producción se centraran en cubrir la materia prima necesaria para la fabricación de los componentes de la silla de ruedas, para ello se realizaron dos divisiones de los diferentes componentes de esta: en el primer grupo tenemos el marco, la tapicería, el recubrimiento o la pintura. Para ellos utilizaremos el método de los factores ponderados ya que requerirían selección y especificación de los materiales, mientras que el segundo grupo, los invariables, serán los componentes a los que a nuestro criterio no necesitan de la selección de los materiales.

5.3. *Parámetros para la selección de producción propia vs. outsourcing*

Es muy importante identificar cuáles componentes de las sillas de ruedas serán más factibles realizar o comprar. Para ello se estudiarán una serie de factores, que están directa e indirectamente relacionados con los costos. Entre ellos tenemos:

- ✓ **Procesos internos disponibles:** Si determinamos procesos no disponibles de manera interna, la decisión obvia es comprar. Con frecuencia los posibles proveedores desarrollan una gran eficiencia, en un conjunto limitado de procesos, que los vuelven competitivos.
- ✓ **Cantidad de Producción:** La cantidad de unidades determina, en gran parte, la posibilidad de definir las operaciones por outsourcing. Con frecuencia, para volúmenes pequeños es conveniente comprar las piezas, y para el caso inverso lo ideal es fabricarlas.
- ✓ **Vida del producto:** Garantizar una larga vida del producto ajustándose a los estándares de calidad y a un bajo costo de fabricación, favorece a su realización por producción interna.
- ✓ **Artículos Estándar:** Algunos artículos, disponibles en catálogos, como por ejemplo: tornillos, tuercas y muchos otros productos, se producen por proveedores que se especializan en ello, en estos casos la alternativa más rentable es comprarlos a ellos.
- ✓ **Fuente alternativa:** Las fábricas compran partes a plantas como una especie de fuentes alternativas para sus propias plantas de producción. Esto es un intento de asegurar una provisión de partes o para equilibrar la producción en periodos de demandas fuertes.

Proceso de elaboración del Rin de rayos:

A pesar que utilizaremos rines de paletas en la elaboración de nuestra silla de ruedas, vale la pena mencionar como es el proceso de fabricación de los rines de rayos, con el fin de entender más claramente el por qué se descartó dicho modelo. Los procesos involucrados en el ensamblaje de los rines de rayos son los siguientes:

- ✓ El Rayado: Consiste en tejer los rayos, tomando dos rayos consecutivamente sujetándolos y cruzándolos en su respectivo niple. Este proceso tarda un estimado de 5 minutos en la instalación de cada par de rayos.
- ✓ Prensado: Consiste en apretar los niples utilizando una pistola especial. Este proceso tarda dos minutos aproximadamente.
- ✓ Nivelado: Con ayuda de un soporte, manualmente se nivela el rin.

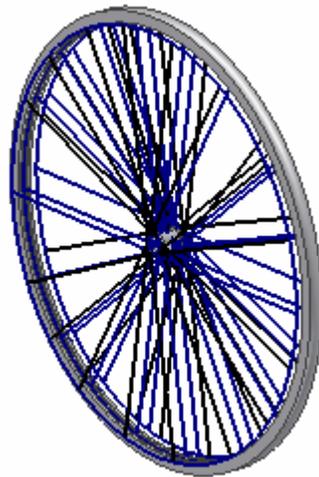


Figura 5.1: Rin de Rayos

Como ya se mencionó con anterioridad, el rin que se va a utilizar en la fabricación de nuestra silla de ruedas es el denominado de paletas, debido a que es más seguro para el usuario y mucho más estético que el de rayos. Para poder elaborarlo, se debe utilizar la técnica de moldeo por inyección, debido a que se hace con un polímero resistente. El molde para la obtención de este elemento es sumamente costoso, razón por la cual consideramos prudente estudiar la posibilidad de obtener este componente a través de proveedores externos.

Hicimos el estudio de la posibilidad de producirlo versus adquirirlo, donde obtuvimos como resultado que es mucho más rentable comprarlo a través de proveedores internacionales que fabricarlo, ya que crear el molde necesario para hacerlos tiene un costo exageradamente elevado, puesto que en el país no se produce y no contamos con la infraestructura y equipos para poder elaborarlo con la precisión y acabado óptimo, lo cual implica mandar a fabricar dicho molde fuera, con un costo que oscila entre 60000 y 80000 U.S.\$¹.

Proceso de fabricación de la manzana de la rueda trasera:

En este proceso se utilizarán tres troqueles para lograr el acoplamiento total del rodamiento y formar el conjunto que denominamos manzana. Para la colocación de cada uno en su respectivo rin, se utilizan en total cuatro golpes de cada troquel. El corazón de la manzana se elabora en tubo de hierro de 1 ½ pulgadas. Posteriormente, para introducir el rodamiento en las tapas de la manzana, se utiliza una prensa.

¹ Fuente: *Manaplast S.A. de Venezuela*

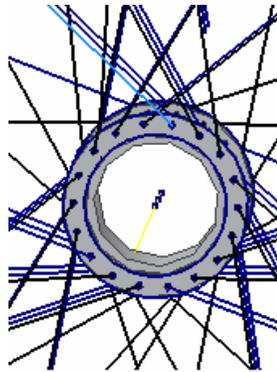


Figura 5.2: Manzana de la rueda trasera

Vale la pena destacar que la breve explicación que se realizó de este proceso se hizo a manera de información, ya que este componente de la silla de ruedas será adquirido mediante proveedores externos.

Proceso de fabricación de las ruedas delanteras:

Este proceso de fabricación se realiza a través del moldeo por inyección. Aquí vamos a realizar una breve descripción del mismo, ya que por su complejidad y elevado costo, este componente será adquirido a proveedores externos.

- ✓ Diseño del molde: Dependiendo del polímero a inyectar se determina el material con el que se construye el molde. En el caso se utilizara polipropileno, ya que es uno de los plásticos de mayor uso para estas aplicaciones, debido a sus características. El molde se construye en acero y tendrá una sola cavidad debido a que no se necesitan más por el moderado nivel de producción.
- ✓ Fijación del molde: El molde abierto se fija a la maquina de inyección, para comenzar el ciclo de moldeo.
- ✓ Inyección: Al alcanzar la temperatura y la viscosidad necesaria el material de inyección, este se inyecta a la cavidad a una alta presión. El molde posee un sistema de refrigeración por lo que el material inyectado se enfría cuando entre en contacto con el mismo.
- ✓ Expulsión de la pieza: El molde se abre y con un mecanismo eyector se expulsa el material moldeado.

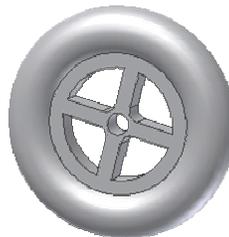


Figura 5.3: Rueda Delantera

Fabricación de la horquilla de la rueda delantera:

Igualmente que en la fabricación de la rueda delantera, la horquilla es parte las operaciones de outsourcing. Para este proceso se utilizan dos troqueles diferentes, uno de corte de desarrollo y otro para el doblado. En la realización de esta pieza se necesitan tres golpes de cada uno de los troqueles.



Figura 5.4: Rueda y Horquilla

Ya mencionados los factores a tomar en cuenta, según sea el caso, definiremos las diferentes operaciones por outsourcing. Entre las piezas que escogeremos para la producción externa tenemos:

- ✓ *Rin de paletas para las ruedas traseras*
- ✓ *Aro propulsor*
- ✓ *Caucho de ruedas traseras 600 mm*
- ✓ *Tripa de Rueda de 600mm*
- ✓ *Quick release*
- ✓ *Receptor para la guía del eje (Threaded Receptacles)*
- ✓ *Guía para el eje (Receiver Caps)*
- ✓ *Ruedas delanteras (con eje y base)*
- ✓ *Artículos Estándar:*
 - ✓ *Remaches*
 - ✓ *Tuercas*
 - ✓ *Tornillos*
 - ✓ *Rodamientos*
 - ✓ *Pletinas*

A continuación se presenta un cuadro con los diferentes artículos estándar y sus respectivos precios calculados para cada una de las sillas de ruedas:

Piezas estándar por Outsourcing

<i>Componente</i>	<i>Proveedor</i>	<i>Costo Unitario (US\$ - Bs)</i>
Quick Release ó Rapid Release	REID TOOLS SUPPLY COMPANY (EEUU)	15 – 28800
Guía para el eje (Receiver Caps)	REID TOOLS SUPPLY COMPANY (EEUU)	7 – 13440
Receptor de la Guía para el eje (Threaded Receptacles)	REID TOOLS SUPPLY COMPANY (EEUU)	18,44 – 35400
Rin de las ruedas traseras 24” x 2,125”	MINOS 97 (Biskaia – España)	24 – 46000
Cauchos de ruedas Traseras 600 mm	Redimo Bikes (Caracas – Venezuela)	3,2 - 6140
Ruedas delanteras	Minos 97 (Biskaia – España)	7,5 – 14000
Tripa para caucho de 600 mm	Redemo Bikes (Caracas – Venezuela)	0,50 – 1000
Tornillos y tuercas de aceros con Diámetro nominal de 6 mm	Tortillería Ordenanza (Caracas – Venezuela)	0,50 - 1000 c/unidad

Tabla 5.1. Piezas adquiridas por outsourcing

5.4. La Materia Prima

5.4.1. Selección del Recubrimiento

Alternativa N° 1: Recubrimiento con pintura electrostática

Es uno de los más avanzados procesos para producir un acabado del metal de alta calidad. A través de este recubrimiento se pueden lograr una gran variedad de colores, texturas y brillos. Por sus características de resistencia y apariencia, su aplicación puede ser muy extensa: El Proceso inicia con un lavado de todas las piezas para lo cual se utilizan detergentes y enjuagues biodegradables, protegiendo así nuestro medio ambiente. A las piezas, se le aplica una capa de fosfato, utilizada para mejorar la adhesión de la pintura al producto. Por último se aplica la pintura en polvo a las piezas y se introducen al horno para lograr su adherencia.

El equipo utilizado para este proceso, comprende pistolas de aplicación con regulación de espesor de la capa de pintura, cabinas de aplicación con extractor de polvos y hornos de cajón con dispositivos de control de tiempo y temperatura.

El recubrimiento electrostático con pintura en polvo cobra una importancia creciente. Los incrementos de esta tecnología son muy favorables para el medio ambiente están muy por encima de otros procesos. Las instalaciones para aplicar este procedimiento son reducidas y sencillas, y tienen la posibilidad de automatizarse, lo cual reduce el espacio ocupado y disminuye el número de empleados necesarios para realizar el proceso.

Ya que el recubrimiento tiene lugar en un sistema cerrado y sin disolventes tampoco se presentan efectos contaminantes perjudiciales.

El rendimiento del material de recubrimiento es, según su sistema de recuperación, de hasta más del 99%, lo que se traduce en alto rendimiento y bajo costo de mano de obra. Es por eso que esta tecnología es una de las más rentables de toda la técnica superficiales.

Alternativa N° 2: Recubrimiento de Cromo

Conocido popularmente como cromado, se valora por su aspecto decorativo y protector, utilizándose ampliamente para diversas aplicaciones, debido a que produce uno de los recubrimientos electro depositados más duros. El cromado se realiza con el fin de otorgarles una buena presentación o acabado al material (o piezas) tratado, otras veces proporciona mayor dureza y exigente acabado liso con brillo al espejo y con alta precisión, y por esta razón se usa ampliamente para partes que requieran resistencia al desgaste, por ejemplo, pistones hidráulicos y cilindros así como anillos de pistones, componentes de motores de aeronaves, guías roscadas en maquinarias textil y aplicaciones similares. En su mayor parte sigue siendo ampliamente usada, aunque en algún caso se cuestiona el empleo del cromado por motivos medioambientales, ya que

es altamente contaminante, además de ser un poco más costoso que otros recubrimientos.

El cromado depositado electrolíticamente es un metal muy duro y tiene un mate azulado característico, así como una resistencia muy elevada a deslustrarse. En la práctica corriente de los acabados metálicos, se aplica generalmente en forma de depósitos sumamente delgados (aproximadamente de 0,25 a 1,25 μm de espesor) para comunicar resistencia al deslustre a un depósito electrolítico subyacente (generalmente de níquel), que sirve de principal protección al metal de base al que se aplica. Este tipo de recubrimiento se realiza con el fin de darlo un buen acabado decorativo, resistencia y protección de la corrosión.

Escala de evaluación

<i>Símbolo</i>	<i>Denominación</i>	<i>Valor correspondiente</i>
✓	Excelente	5
➤	Muy Bueno	4
◆	Bueno	3
□	Aceptable	2
○	Deficiente	1

Matriz Morfológica

Alternativas	Pintura electrostática	Cromado
Menor Costo	5	4
Resistencia a la corrosión	4	5
Estética	5	3
No Contaminante	5	2
Facilidad de aplicación	5	4
Resistencia al deslustre	4	5
Total	28	23

La alternativa seleccionada por tener mayor puntuación es el recubrimiento por pintura electrostática, debido a que se ajusta mejor a nuestros requerimientos y es un proceso sencillo y económico, además de ser más versátil ya que permite aplicarse en una amplia gama de colores y es menos contaminante.

5.4.2. Materiales para la Tapicería

En el mercado se encuentran disponibles una gran cantidad de materiales y telas que pueden adaptarse a nuestros requerimientos. Por tal motivo, es necesario establecer sólidamente los parámetros más resaltantes que nos permitan escoger el adecuado en tan amplia gama existente. Vamos a proponer las siguientes opciones por ser las más óptimas y las que se usan más comúnmente:

<i>Material</i>	<i>Descripción</i>
Semicuero	Material sintético, resistente y rígido.
Tela de Paracaídas	Nylon sintético altamente resistente, impermeable.
Nylon Corduroy	Nylon sintético muy resistente y fácil para realizar diversas operaciones, tales como costuras y uniones. Es impermeable y su vez permite la transpiración.

Criterios de Selección del Material de la Tapicería

Los parámetros de selección para las opciones son el punto de partida para la elección final del Material para la tapicería, por lo cual deben ser bien definidos para evitar confusiones en el momento de la evaluación. Los parámetros que se tuvieron en cuenta se detallan a continuación:

Criterio N° 1: **Resistencia**

Criterio N° 2: **Ergonomía**

Criterio N° 3: **Facilidad para la colocación en la silla**

Criterio N° 4: **Menor costo**

Criterio N° 5: **Durabilidad**

Criterio N° 6: **Estética**

Criterio N° 7: **Impermeabilidad**

Escala de Evaluación

Para la evaluación eficiente de los parámetros de selección del material para la tapicería, se utilizó una escala de una forma neutral y objetiva con el fin de escoger la opción más razonable. Esta escala plantea los siguientes niveles de estimación:

<i>Símbolo</i>	<i>Denominación</i>	<i>Valor correspondiente</i>
✓	Excelente	5
➤	Muy Bueno	4
◆	Bueno	3
□	Aceptable	2
○	Deficiente	1

Matriz Morfológica

Criterio	Semicuero	Tela de Paracaídas	Corduroy
Resistencia	4	4	5
Ergonomía	2	5	5
Colocación	3	4	5
Menor costo	5	2	3
Durabilidad	3	3	4
Estética	2	4	5
Impermeabilidad	1	5	5
Totales	20	27	32

El Corduroy actualmente tienes una diversa gama de aplicaciones a nivel comercial, tales como la elaboración de resistentes morrales y maletas de viajero, así como cualquier cantidad de elementos sometido a grandes solicitudes de carga. Es un material ligero, altamente impermeable, que permite el flujo de la sudoración, lo cual es un beneficio para nuestros requerimientos, ya que en el caso de las sillas de ruedas este factor es determinante al momento de escoger el material de tapicería, debido al problema de formación de escaras.

Los beneficios que nos brinda este material van más allá de su costo, ya que el ahorro que podamos tener en seleccionar un material más económico nos puede implicar gastos superiores a futuro, que nos puede generar problemas en la comercialización

5.4.3. Materiales elegidos para los Componentes

Finalmente tenemos que la materia prima escogida para la elaboración de cada uno de los siguientes componentes que se producirán es:

<i>Componente</i>	<i>Material</i>	<i>Características</i>
Marco plegable de la silla de ruedas	Acero pulido	Diámetro 3/4" Espesor 0,9mm Esfuerzo de fluencia 206 Mpa Densidad 7,9g/cm ³
Tapicería	Nylon Corduroy	Alta resistencia Permeable
Recubrimiento Electrostático	Pintura en polvo	Agradables colores Económico Fácil aplicación

Para el segundo grupo de los invariables (frenos, soporte de asiento, piezas de sujeción de las ruedas traseras, posapies), los cuales son los diferentes componentes en el que en sus procesos de fabricación no requerirán de un estudio para la selección del material, tenemos:

<i>Componente</i>	<i>Materia Prima</i>	<i>Propiedades</i>
Soporte del asiento	Aluminio 6063T5	Barras cuadradas macizas de 1x1" Esfuerzo de fluencia 180 Mpa Densidad 2,5 g/cm ³
Frenos	Acero comercial ANSI STEEL SAE 1025	Pletinas de 1"x 1/8" Módulo de elasticidad 210 Mpa Límite de fluencia 235 Mpa Densidad 7,9 g/cm ³
Pieza de Sujeción de las ruedas traseras	Acero comercial ANSI STEEL SAE 1025	Pletinas de 1"x 1/8" Módulo de elasticidad 210 Mpa Límite de fluencia 235 Mpa Densidad 7,9 g/cm ³
Posapies	2 materiales: Polipropileno Acero pulido	Polipropileno Módulo de elasticidad 1400 Mpa Resistencia a la tensión 35 Mpa Elongación de 10% Gravedad específica 0.90 Temperatura de fusión 349°F Acero pulido Esfuerzo de fluencia 206 Mpa Densidad 7,9g/cm ³

Tabla 5.2. Materiales para algunos componentes

Una vez ya establecidos y especificados todos los materiales para la producción de cada componente, mostramos a continuación una lista de los precios y los posibles proveedores de materia prima:

<i>Material</i>	<i>Precio Unitario (U.S.\$ - Bs)</i>	<i>Proveedor</i>
Acero Pulido Diámetro 3/4" Espesor 0,9mm x 6m	4 – 7.680	CONDUVENCA Caracas- Venezuela
Acero Pulido Diámetro 1/2" Espesor 1mm x 6m	3 – 5.760	CONDUVENCA Caracas- Venezuela
Pletinas de hierro ASTM- 1025 1" x 1/8" x 6 m de largo	2 – 3.840	MAPLOCA C.A. Avenida principal de Los Ruices – Caracas
Barras macizas cuadradas de aluminio 6063T5 De 1"x 1" x 6m	45 – 86.400	Aluminio de Venezuela C.A. Sucursal de Los Rosales

Tabla 5.3. Costos de Materiales

Todos los proveedores establecen que la forma de pago es de contado y los pedidos deben hacerse con 15 días de anticipación. En el caso de Aluminio de Venezuela ofrecen un 15 % de descuento, de los precios anteriormente expuestos, al comprar un número superior de 1000 unidades.

5.5. Proceso de producción

A continuación se especifican cada uno de los procesos de producción involucrados, tanto interna como externa, de algunos de los componentes de la silla de ruedas:

Proceso de producción del marco:

- ✓ Recepción de materia prima: Se reciben los perfiles de Acero estructural (aplanado), con la forma ya preestablecida, solamente para cortar y unir.
- ✓ Tronzado: Se cortan los perfiles recibidos con las siguientes longitudes: Tubo circular de 303 mm y 476 mm y Tubo aplanado de 223mm, 225mm, 504mm y 644mm. Con

respecto a las pletinas, se realizarán dos cortes de 470mm de largo (ver planos anexos con las dimensiones).

- ✓ **Soldadura:** Al tener las piezas cortadas y dobladas se procede a realizar las respectivas uniones con soldadura MAG, en todo el contorno que conforma el borde de unión de los tubos. De manera de lograr una optimización del proceso, se realizara una plantilla para facilitar el punteo del soldador.
- ✓ **Taladrado:** Se procede a agujerear los perfiles, en los lugares donde van a ir las diferentes uniones atornilladas, con las dimensiones preestablecidas en los planos respectivos.
- ✓ **Ensamblaje:** Se acoplan todos los elementos que van integrados al marco. Luego al tener cada pieza lateral ensamblada, se procede a unir los tubos con las pletinas de las tijeras, y estas van atornilladas en la parte inferior del marco, por medio de unas ménsulas soldadas.
- ✓ **Recubrimiento:** Con pintura electrostática con el fin de proteger y decorar. Se realizarán en 3 atractivos colores.

Ensamble de Marco

Procedimiento: Este es el componente más importante y a la vez más engorroso al momento de ensamblar. Una vez elaborados todos los componentes y obtenidas cada una de las partes laterales (tubos soldados que forman los lados del marco), se coloca a cada lateral un par de piezas que constituyen las bases del tubo principal del asiento mediante una unión atornillada (ver más adelante este componente y su método de producción). Luego, buscamos los tubos que componen el asiento, a los cuales se les han soldado previamente las ménsulas respectivas para las pletinas que ayudarán al plegado, y se fijan en las bases respectivas a presión. Una vez realizados estos procesos, se colocan las pletinas atornilladas a las ménsulas y los accesorios y demás componentes que completan el conjunto.

Tiempo estimado de ensamble:

- ✓ Tiempo total en soldadura de las piezas: 25 min.
- ✓ Tiempo total atornillando todas las piezas: 15 min.

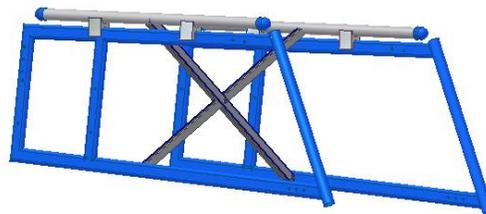


Figura 5.5. Ensamble del Marco

Proceso de fabricación del freno:

Material: Acero comercial ANSI STEEL SAE 1025 en forma de Pletinas de 1”x 1/8”.

Troquelado: Se realiza con el fin de cortar las piezas más precisas y con los contornos redondeados que se requiere para la producción de este componente.

Recubrimiento: Para lograr un efecto más estético y protector, se recubre con pintura electrostática.

Moleteado: (opcional) Se efectúa con el fin de otorgarle aspereza al extremo que entrará en contacto con el caucho, con el fin de evitar deslizamientos. Se dice que este proceso es opcional ya que con la presión que el freno ejerce sobre el caucho se tiene la suficiente resistencia como para evitar movimientos de la silla.

Ensamble del freno

Procedimiento: Tanto para el freno izquierdo como el derecho se ejecuta con el mismo procedimiento. Este mecanismo de biela manivela esta comprendido por tres barras planas unidas por tornillos y sus respectivas arandelas y se une al marco por los mismos tornillos. El freno se puede apreciar en la Figura 5.6.

Tiempo estimado: 35 minutos (incluyendo todas las operaciones).



Figura 5.6. Freno

Proceso de fabricación de la pieza de soporte de las ruedas traseras

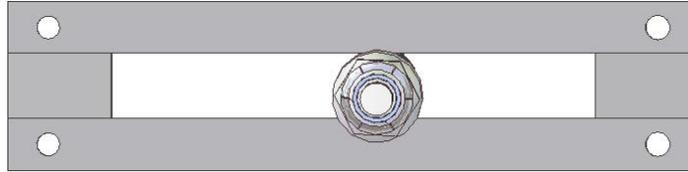


Figura 5.7. Base de las Ruedas Traseras

Pieza: **Base de las Ruedas Traseras.**

Material: **Pletinas de Acero 1025, Ancho 1" x 1/8" espesor.**

Procesos de Fabricación Involucrados: **Corte y Soldadura con arco.**

Descripción del Proceso:

Primeramente, se realizan los cortes de los cuatro trozos de pletina de 1" de ancho y 1/8" de espesor, que vamos a utilizar para la elaboración de esta pieza. Cortaremos dos piezas largas de 170mm cada una y dos piezas cortas de 16mm cada una. Para realizar este proceso se pueden utilizar diversas máquinas, las cuales están encargadas de trozar barras, perfiles extruidos y laminados, etc., entre las cuales podemos mencionar: sierras de arco, sierras de cinta, sierras con ruedas de fricción, sierras con ruedas abrasivas y sierras circulares.

Luego, las dos piezas más largas las colocamos paralelas y posteriormente los dos partes más cortas se disponen a los extremos, colineales y paralelas a las dos anteriores, de manera que la separación entre ellas es de 119 mm, que es la distancia que permitirá al usuario cambiar la posición de colocación de las ruedas traseras de su silla.

Una vez ubicadas las piezas de esta manera, procedemos a realizar la soldadura MAG (Metal Active Gas) de ranura cuadrada, mediante una unión a tope de las piezas de pletina. La selección del electrodo y el tipo de electrodo a utilizar, se expresó en el capítulo anterior, donde se mencionaron dos posibles opciones, como lo son los conocidos comercialmente como AMS6 (Covenin ER-500S-6) y WA-82 (AWS ER70S-3).

Proceso de fabricación de la pieza de soporte de la base del asiento

Pieza: **Base del tubo del asiento.**

Material: **Aluminio**

Procesos de Fabricación Involucrados: **Corte y Taladrado.**

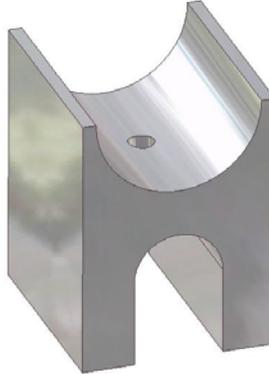


Figura 5.8. Base del tubo del asiento

Descripción del Proceso:

Primeramente, se realizan los cortes necesarios para obtener una pieza en forma de un pequeño paralelepípedo. Una vez cortada la pieza, mediante el empleo de una broca pequeña, o primeramente con la ayuda de alguna herramienta punzante, procedemos a marcar el centropunto que nos servirá como guía para el posterior proceso de taladrado. Luego, mediante el empleo de una broca $\frac{3}{4}$ de pulgada, procedemos a elaborar la ranura que servirá de guía y soporte para el tubo base del asiento de la silla. Para fijarlo al marco podemos hacerlo mediante una unión atornillada, para lo cual emplearemos una broca pequeña que perforará a la pieza a través del eje principal (diámetro de la broca 6mm).

Proceso de fabricación del posa-pies

Material: Este se realizará en tubos de Acero pulido de diámetro 1/2" con 1mm de espesor.

Corte: Se harán cortes de 121mm y 225mm.

Soldadura: Con la maquina de soldadura MAG, en todo el contorno de los extremos de los tubos, para unir la parte larga que se une al marco con la pequeña porción donde se coloca la base sintética que sirve de apoyo para el pie. En todas las soldaduras usaremos los electrodos especificados anteriormente, por tratarse del mismo proceso.

Perforado: Se procederá a abrir agujeros de 0,6mm en los tubos, en las partes donde estarán ubicadas las uniones atornilladas.

Ensamble: Se proceden a realizar todas las uniones por medio de tornillos e introducir la pieza de polipropileno.

Proceso de ensamblaje del posapies

Procedimiento: Una vez ya obtenido los tubos soldados en forma de L, se coloca a presión la base de apoyo del pie y se asegura mediante tornillos para evitar que esta pieza se mueva o se salga de su base (Figura 5.9).



Figura 5.9. Posapies Ensamblado

Ensamble de los rines de las ruedas traseras, el caucho y el aro propulsor

Procedimiento: Una vez recibido el rin por haberlo adquirido mediante una operación de outsourcing, se procede a colocar el caucho, previamente de colocarse la tripa en el mismo, se infla y se procede a atornillar el aro propulsor. Se debe procurar que este ensamble sea lo más “compacto” posible (ver Figura 5.10).

Tiempo estimado de ensamble: Aproximadamente 5 min.

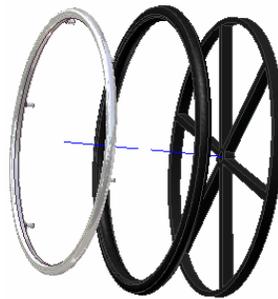


Figura 5.10. Ensamble de la rueda trasera

Operaciones de ensamblaje de todos los componentes

En esta fase se especifican todas las uniones necesarias en los componentes de la silla de ruedas, como los cordones de soldadura, los remaches, uniones atornilladas, pasadores y otros. Cada uno de los procesos de ensamblaje que se efectuarán a cada componente de la silla se detallarán a continuación. El tiempo estimado para dichos procesos fue suministrado por Empresa Torinos C.A. y Distribuidora Orgatec C.A.

HOJA DE PROCESOS

Nombre de la Pieza: MARCO

Material: ACERO 1025. Cantidad: _____.

Fecha: _____. Revisado por: _____.

Nº	Operación	Máquina	n (rpm)	d (mm)	L (mm)	t (min)	Observación
1	Corte	Tronzadora		1,9	644 225 504 303	25	Los tubos vienen previamente aplanados
2	Soldadura	Soldadora MAG – Electrodos	–	1,9	–	35	Se deben fijar bien los tubos a la base para soldar
3	Pintura	Pint. Electrostática	–	1,9	–	25	Se debe esperar el secado para continuar los procesos de ensamblaje
4	Tapizado	Maq. de Coser	-	-	-	20	
5	Ensamblado	Destornillador, prensa y remachadora	–	–	–	30	

HOJA DE PROCESOS

Nombre de la Pieza: POSAPIES

Material: ACERO 1025 - POLIMERO. Cantidad: _____.

Fecha: _____. Revisado por: _____.

N°	Operación	Máquina	n (rpm)	d (mm)	L (mm)	t (min)	Observación
1	Corte	Tronzadora		1,9	120 225	10	Se emplean tubos circulares
2	Ensamblaje		-	-	-	10	Se deben fijar bien los tubos a la base para soldar
3	Pintura	Pint. Electrostática	-	-	-	10	

HOJA DE PROCESOS

Nombre de la Pieza: ESPALDAR

Material: ACERO 1025. Cantidad: _____.

Fecha: _____. Revisado por: _____.

N°	Operación	Máquina	n (rpm)	d (mm)	L (mm)	t (min)	Observación
1	Corte	Tronzadora		1,9	400	10	Se elabora en tubos circulares
2	Doblado	Dobladora	-	1,9	400	10	Se deben fijar bien los tubos a la base para doblar
3	Tapizado	Maq. de Coser	-	-	-	20	

HOJA DE PROCESOS

Nombre de la Pieza: FRENOS.

Material: ACERO ASTM 1025. Cantidad: _____.

Fecha: _____. Revisado por: _____.

N°	Operación	Máquina	n (rpm)	d (mm)	L (mm)	t (min)	Observación
1	Troquelado	Troqueladora	–	–	150	5	Se elabora pletinas de acero 1025
2	Doblado	Dobladora	–	–	150	5	Deben fijarse bien a las bases para un doblado eficiente
3	Ensamblaje	Destornillador Prensa	–	–	–	5	

Tabla 5.4. Resumen de Procesos

<i>Pieza</i>	<i>Descripción</i>	<i>Procesos aplicados</i>	<i>Tiempo²(min)</i>	<i>Observaciones</i>
Marco	Componente principal de la silla, elaborado de tubos aplanados de acero comercial	Corte Soldadura Pintura Secado Tapizado Ensamblado	15 25 15 15 20 20	Los tubos de sección elíptica del marco se reciben previamente con esta geometría
Espaldar	Esta compuesto por dos tubos doblados en L	Corte Doblado Tapizado	5 5 15	Se usan tubos circulares
Posapiés	Esta elaborado de tubos y un apoyo para los pies de polímeros	Corte Ensamblaje	5 10	Se emplean tubos circulares
Frenos	Elaborado con pletinas cortadas y dobladas	Troquelado Doblado Ensamblado	15 10 10	
Ruedas traseras y Aro Propulsor	Este componente viene desarmado, por lo cual es necesario integrar cada una de sus partes	Recepción Control de Calidad Ensamblaje	5 5 5	El tiempo de recepción depende del distribuidor
Ruedas delanteras	Este componente viene ensamblado	Recepción y Control de Calidad	10	
Pieza de sujeción de las ruedas traseras	Componente elaborado con pletinas soldadas que permite el acople del receptor de la guía para el eje.	Corte Soldadura Pintura Secado	5 10 5 5	A esta pieza se le coloca luego de terminada la pieza receptora de la guía del eje.
ENSAMBLAJE TOTAL	Consiste en unir todas la partes de la silla	Acople Atornillado Remachado	10 15 15	Los tiempos dependen del secado de las piezas que van pintadas.

² Fuente: *Distribuidora Orgatec C.A.*



Figura 5.11. Vista del ensamble completo

5.6. Instalaciones para la producción

En la parte anterior identificamos las diferentes maquinarias y procesos necesarios para la producción. Para ello, inicialmente agrupamos e identificamos cada componente, de manera de ubicar cada proceso y reconocer cuales componentes poseen patrones de producción similares y las maquinarias requeridas, esto con el fin de aprovechar al máximo todos los recursos, logrando una disminución en los costos y mayor rapidez en la producción, siguiendo con el principio de ingeniería concurrente.

Una vez establecido el tipo de maquinarias, operarios y material a utilizar se dispone a buscar la instalación necesaria para nuestra producción. Se necesitará un local lo suficientemente grande que permita disponer las áreas de ejecución de los diferentes procesos como: recepción de material, corte, doblado, soldadura, ensamble, recubrimiento y un área para el depósito. Igualmente se necesita espacio físico para las oficinas que componen el Departamento de ventas y marketing, Departamento de desarrollo e investigación, Gerencia general y Departamento administrativo.

La fábrica estará localizada en la región capital, lo cual representa una significativa ventaja, ya que nuestros clientes potenciales están concentrados en Caracas, así como la mayoría de los principales entes gubernamentales e instituciones benéficas.

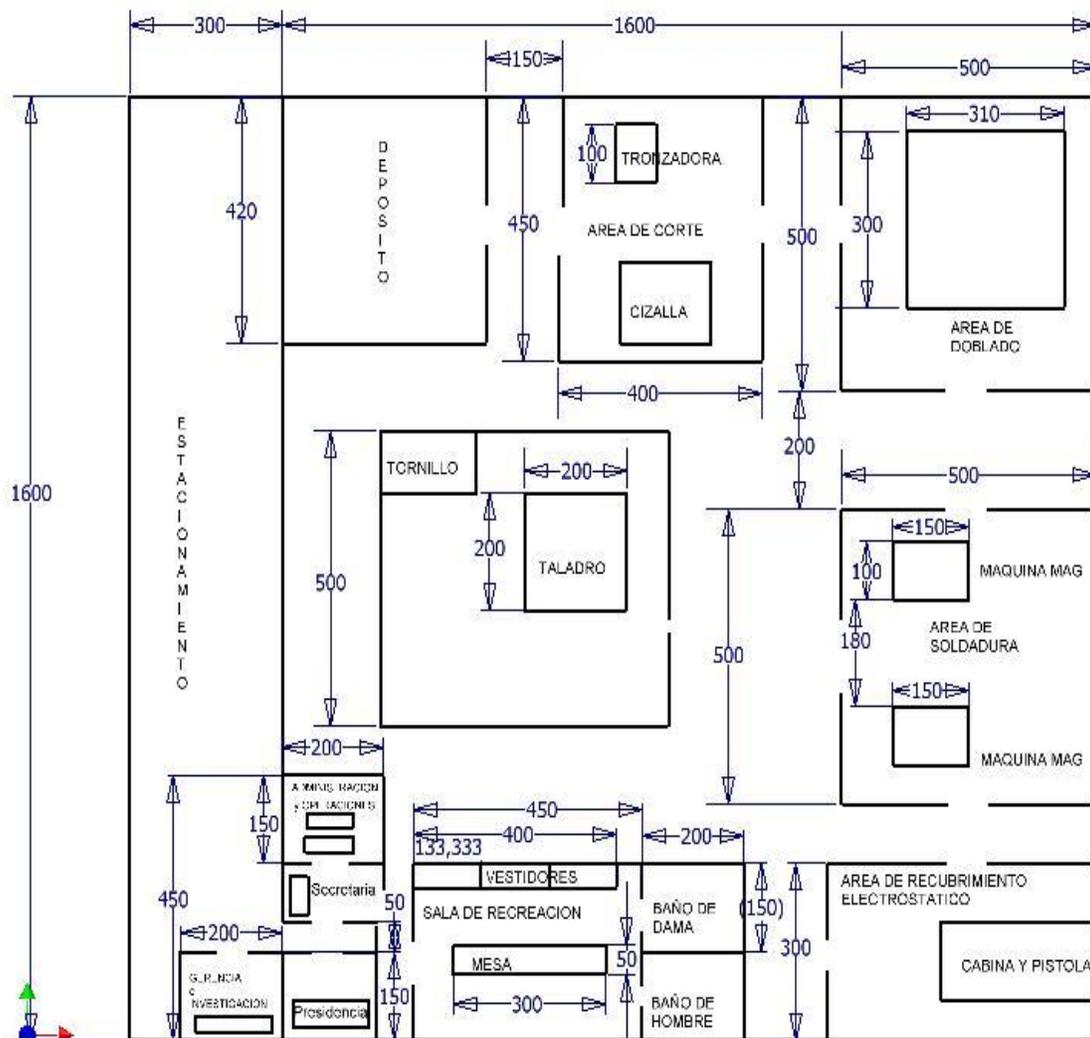


Figura 5.12. Vista del Plano de la Planta (medidas en cm)

5.7. Adquisición de Equipos y Maquinarias

Para producir las sillas de ruedas, necesitamos una serie de maquinas y herramientas que en lo sucesivo especificaremos. Es importante resaltar que en la selección de las diferentes maquinarias se tomaron varios factores en cuenta:

- ✓ **Proveedores:** Es importante que se presente una buena oferta, y que presente un precio formal en su cotización.
- ✓ **Precio:** Esto representa gran parte de la Inversión Inicial para arrancar.
- ✓ **Capacidad Instalada:** Es importante determinar exactamente el número de máquinas requeridas para la producción, esto nos evita comprar capacidad ociosa.
- ✓ **Mano de Obra:** Calcular el número de empleados directo e indirectos, así como el nivel de capacitación que necesiten.
- ✓ **Consumo de energía eléctrica:** Los equipos consumirán electricidad, o cualquier otra fuente de energía, es importantísimo tomarlo en cuenta ya que pueden afectar significativamente nuestros costos de producción.
- ✓ **Costos de Fletes y seguro:** Se procura verificar si estos están incluidos en el precio original y cuanto ascienden
- ✓ **Costos de instalación y de puesta en marcha:** Se debe verificar si se incluyen en el precio original y cuanto asciende.
- ✓ **Existencia de Stock o piezas de repuestos en el país:** Es común que en estos equipos, los repuestos solo puedan obtenerse importándolos. Esto obviamente puede acarrear problemas, ya que la producción podría detenerse y generar grandes retrasos. Entre las principales desventajas de la importación se encuentran: la falta de divisas, la espera por la llegada de la pieza, los fletes por traslado y aduana. Esta situación debe tratar de evitarse.

Tabla 5.5. Maquinarias y Funciones

<i>Maquinarias y Equipos</i>	<i>Función</i>
Esmeril	Corte de tubos y pletinas, por acción de un disco abrasivo.
Taladro de Banco	Remoción de material por acción de brocas y disco abrasivos
Soldadura MAG	Unión de piezas metálica por deposición de alambre metálico
Dobladora de tubos	Dobleza de tubo
Cizalla	Corte de lámina
Prensa de Banco	Mecanismo de sujeción
Maquina de coser	Unión de tela de nylon
Troqueladora	Estampado

5.7.1. Precios de las maquinarias

A continuación mostramos los precios y los posibles proveedores de las diferentes maquinarias necesarias para nuestra producción:

Maquinarias	Precio (U.S. \$ - Bs.)	Proveedor
Esmeril de pedestal Marca: STONY CRAFT, Modelo: HG-8A	350 – 672.000	Maquinarias Felco C.A.
Taladro de Columna con capacidad de 5/8”, 1800 rpm.	360 – 691.200	Maquinarias Felco C.A.
Máquina para Soldadura MAG	1.350 – 2.592.000	Maquinarias Felco C.A.
Dobladora de tubos marca METALPRO Hidráulica de 1/2” a 2”	4.000 – 7.680.000	Maquinarias Felco C.A.
Cizalla (manual) para lámina de 1 1/8” en acero A36, Marca: TENNMITH, Modelo: 52	5.100 – 9.792.000	Maquinarias Felco C.A.
Prensa de Banco de 1 ton.	400 – 768.000	Maquinarias Felco C.A.
Maquina de coser OVER LOCK marca SINGER	2.000 – 3.840.000	Maquinas de Coser Antonio
Troqueladora Marca Chicago	19.500 – 37.440.000	Ferretería Industrial Antonio Guzzo C.A.
Troquel para la fabricación del Freno Marca Chicago	9.165 – 17.596.800	Ferretería Industrial Antonio Guzzo C.A.
Tronzadora de Tubos, Marca RYOBI, hasta 14” (355mm)	200 – 384.000	Maquinarias Felco C.A.
Equipo de Recubrimiento electroestático Manual modelo EconoCoat de Nordson	7.285 – 13.987.200	INDUQUIP C.A.

Tabla 5.6. Maquinarias y Costos

5.8. Equipo Técnico

Para calcular el número de mano de obra, realizamos los siguientes cálculos con las siguientes formulas:

$$\text{N}^\circ \text{ de empleados} = \text{R.P.} \times (t_{\text{fabricación}} / \eta)$$

Donde:

- ✓ R.P. es la Rata de producción la cual se calcula:

$$\text{R.P.} = (\text{volumen de producción diaria}) / 480 \text{ min.}$$

Estos datos son calculados para un día de trabajo comprendido en el siguiente horario de 7:45 a.m. hasta 12:00 m. y de 2:00 p.m. hasta las 5:00 p.m., contabilizando un total de 8 horas diarias de trabajo que representa 480 minutos diarios de trabajo. Se tiene estimado que el volumen de producción aumente un 8% cada año.

- ✓ $t_{\text{fabricación}}$ = Tiempo necesario para la fabricación de los componentes de la silla de ruedas. Es igual a 287 min.
- ✓ η = Eficiencia en la producción, esta se estimara en 95%.

De acuerdo con los cálculos realizados y las estimaciones hechas, para componer el equipo de técnicos y personas encargadas del procesamiento de la materia prima tenemos un total de ocho operarios que dividimos en las siguientes áreas:

- ✓ **DOBLADOR** (2 Cargos: el técnico y su ayudante): Será el responsable de realizar el proceso de doblado de los tubos para el marco y los accesorios, mediante el manejo de las máquinas para tal fin.
- ✓ **SOLDADORES** (2 cargos: un técnico y su respectivo ayudante): Tendrán a su cargo la responsabilidad de realizar todos los procesos de soldadura que amerite la fabricación del marco de la silla.
- ✓ **TAPICERO** (1 cargo): Se encargara de colocar el espaldar y el asiento de las sillas.
- ✓ **ASISTENTES DE ENSAMBLAJE** (2 Cargos): Una vez doblados los tubos y soldados, el asistente de ensamblaje se encargará de la unión de las demás partes que componen la silla.

Otros puestos

Será necesaria la contratación de un chofer, para trasladar los productos y hacerlos llegar a los clientes. Igualmente se dispondrá de por lo menos, una persona para la limpieza de la planta, así como de las oficinas y demás dependencias de la empresa.

Total de empleados: 14 entre operarios, chofer, gerentes, secretarias y administrador.

CAPÍTULO 6: Estudio económico

El objeto fundamental de este estudio es ofrecer información sobre las posibilidades técnico-económicas referentes a la instalación de una fábrica de sillas de ruedas a ubicarse en Guarenas – Estado Miranda.

En el contenido de este, se analizarán los factores principales que deben considerarse para proyectos de este tipo. Cabe admitir que la información que se presenta corresponde a la mínima necesaria para determinar la factibilidad económica del proyecto.

6.1. Objeto social de la empresa

El objeto social de la empresa es la explotación y fabricación de sillas de ruedas estándar. Así mismo podrá realizar cualquier otra actividad lícita de comercio, tales como alquiler.

6.2. Estudio de mercado

Cabe destacar, según estudios para el año 2001, del Instituto Nacional de Prevención Salud y Seguridad Social de Accidentes, en Venezuela se contabilizaron de 15000 nuevos discapacitados por año, de los cuales 5000 son discapacitados motores.

En relación con la producción nacional no se encontraron ningún competidor directo, ya que en el mercado actual solamente existe fabricación artesanal dispersa, no cuantificada.

Es importante determinar el volumen necesario para establecer la posible fabricación del producto, el cual es en este caso sillas de ruedas, así como la potencial participación y penetración en el mercado.

6.2.1. Tamaño del Mercado

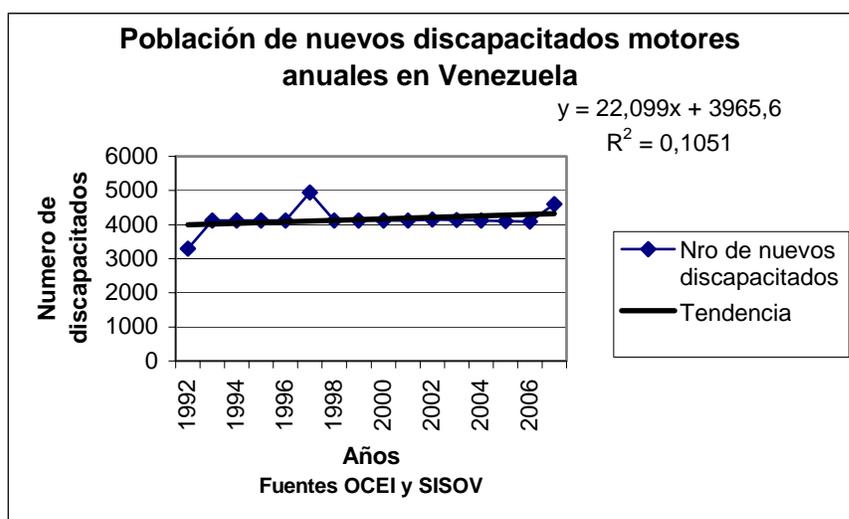
Antes de hacer el estudio de la oferta y demanda es importante explorar el tamaño del potencial mercado, para ello estudiaremos la cantidad de discapacitados actual en el país así como la tasa de crecimiento anual de esta población. Según fuentes oficiales de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 10% de la población mundial sufre de alguna discapacidad. Actualmente en Venezuela, no hay cifras oficiales de número de discapacitados en Venezuela lo que imposibilita conocer con mayor exactitud la magnitud del problema, aunque según datos suministrados por el Ministerio de salud y Desarrollo Social se estima que este es del 10% de la población nacional, mostrando un comportamiento ajustado a los suministrados por la OMS. Algunas instituciones de forma independiente han realizado estudios estadísticos de discapacitados, entre ellos Fundación Pro-cura de la Parálisis el cual determino que en el país se cuenta con 225.000 personas con discapacidad motora lo que representa un 0.9 %¹ de la población total esta obligada a usar una silla de ruedas. De esta cifra el 80%² pertenece a los estratos sociales más humildes, por lo cual podemos inferir que un pequeño número de

¹ Fuente: *Fundación Pro-Cura de la Parálisis*

² Fuente: *Fundación Pro-Cura de la Parálisis*

discapacitados posee una silla de ruedas. Otros datos importantes suministrados por el Instituto Nacional de Prevención Salud y Seguridad Laboral, para el año 2001³, en Venezuela se registraron 15.000 nuevos discapacitados por año, de los cuales 5000 son discapacitados motores con movilidad en el tronco superior.

En el siguiente gráfico con los datos obtenidos de las fuentes secundarias mencionadas anteriormente, se muestra la población estimada de nuevos discapacitados motores en el país, desde año del año 1992 así como de los próximos cinco años, mostrando un sustantivo crecimiento anual.



Gráfica 6.1. Población de Nuevos Discapacitados en Venezuela

6.2.2. Oferta

Para realizar este estudio, se identificaron el número de productores, la capacidad instalada y utilizada, calidad, precios, inversión necesaria tanto fija y variante, números de trabajadores y volumen de ventas.

Actualmente en el país no se producen sillas de ruedas, la mayoría son fabricadas en países como: Brasil, Estados Unidos y Japón. Entre las empresas encargadas en la venta de estos productos tenemos *Orgatec, C.A.*, la cual se encarga de ensamblar las sillas traídas de Brasil. Otros competidores los constituyen las sillas de ruedas *Quickie*, de *Sunrise Medical*, que son distribuidas a través de Fundación Pro Cura de la Parálisis. Esta última marca goza de gran reconocimiento en el mercado destacándose por su gran trayectoria en la innovación tecnológica, así como en la calidad de sus productos, además de estar afianzado en el mercado, al estar por un período aproximado de 30 años, con la desventaja evidente de ser un producto sujeto a las fluctuaciones de la economía y sumamente costoso (inalcanzables para la mayoría de los consumidores).

³ Cifras estimadas por los Postgrados de Salud Ocupacional

Existen otras compañías encargadas de la importación de las sillas, como lo es la *Importadora Medikel, C.A.*, la cual trae sus productos de diferentes países, tales como Estados Unidos y Japón. Las sillas de ruedas ensambladas aquí o importadas, son vendidas por una serie de distribuidoras de equipos médicos y afines, tales como Locatel, cadenas de farmacias como *Farmayor C.A.*, Fundaciones encargadas de la integración de los discapacitados como Fundación Procura, Conapi, Bandesir, etc. A continuación se presentan los costos de algunas sillas de ruedas⁴ de nuestros competidores más cercanos, las cuales poseen características similares a nuestro diseño:

Tabla 6.1. Comparación entre los modelos ofertados en el mercado

<i>Modelo</i>	<i>Características</i>	<i>Costo (\$ - Bs)</i>	<i>Distribuidora</i>	<i>Observaciones</i>
Breezy 510	Asiento de material semi permeable Posapies ajustable	1250 – 2.400.000	Funda Procura	
Quickie Revolution	Asiento ergonómico Liviana	2500 – 4.800.000	Funda Procura	
Quickie GPV	Ultraliviana Asiento Ergonómico	2666 – 5.120.000	Funda Procura	
Invacare MG	Asiento de semicuero Posapies elevables	296 – 567.960	Importadora Orgatec Locatel	Se ofrece un descuento para los clientes afiliados en las tiendas de Locatel
Invacare MGI	Asiento de material semipermeable	689 – 1.323.090	Importadora Orgatec Locatel	Se ofrece un descuento para los clientes afiliados en las tiendas de Locatel
Invacare Tracer SX5	Asiento de semicuero Espaldar reclinable Posabrazos	1900 – 3.040.000	Importadora Orgatec Locatel	Se ofrece un descuento para los clientes afiliados en las tiendas de Locatel
Invacare Tracer Transport	Armazón de hierro Asiento de semicuero	512 – 983.335	Importadora Orgatec Locatel	

⁴ Fundación Pro-cura

Standard Sencilla	Armazon de hierro Asiento de semicuero	de	162 – 310.000	Importadora Orgatec Locatel	
Standard Plegable	Asiento Semicuero Armazon de hierro Plegable	de	183 – 350.000	Importadora Orgatec Locatel	
Reclinable	Asiento Semicuero Espaldar reclinable Posabrazos	de	625 – 1.200.000	Importadora Medikel Framayorca	
Con posabrazos	Asiento de tela semi permeable		402 – 771.400	Importadora Medikel Farmayorca	
Para Obesos	Asiento Semicuero	de	467 – 897.350	Importadora Medikel Farmayorca	

Entre nuestros posibles competidores nacionales podemos mencionar a las diferentes empresas dedicadas a la producción de productos similares, como es el caso de la empresa *Torino, C.A.* la cual se dedica a la fabricación de coches ortopédicos infantiles, ya que la infraestructura y las maquinarias utilizadas son muy similares a la de una empresa de producción de silla de ruedas. Otros competidores nacionales podrían ser las diferentes empresas existentes en el país para la fabricación de productos y equipos médicos de gran prestigio como: *Corpomédica, 3M Productos Clínicos, Eurociencias y Piemca, Ortopédicos 2000, PVM Representaciones Médicas, Tecnomed, CiTec-ULA*, entre otras.

6.2.3. Demanda

Basándonos en estudios realizados por organismos oficiales sobre el número de nuevos discapacitados motores para el año 2001⁵ y asumiendo una tasa de crecimiento poblacional del 2.2%⁶, tenemos un gran tamaño del mercado por lo cual podemos suponer que tenemos aproximadamente mas de 5000 nuevos discapacitados por año, que necesitaran obligatoriamente adquirir una silla de ruedas, realizamos los cálculos referentes a los años posteriores con dichas cifras y estimando un 40% de penetración de nuestro producto en este mercado, podríamos aproximadamente tener una producción inicial de 2010 unidades para el año 2003 según señalamos en la presente tabla:

⁵ Fuente: Instituto Nacional de Prevención Salud y Seguridad laborales

⁶ Fuente: Sistema integrado para indicadores de Venezuela

<i>Producto</i>	<i>Demanda Máxima (unidades)</i>	<i>Porcentaje de participación</i>	<i>Unidades Producidas</i>
Sillas de Ruedas Estándar	5253	40%	2010

Dichas cifras nos da una idea del enorme potencial de crecimiento que a corto y mediano plazo podría alcanzar la empresa produciendo y distribuyendo nuestro producto, calculando un porcentaje de utilidad por unidad del 40%. Estos datos son bastantes conservadores si tomamos en cuenta el hecho de no contar actualmente con competencia nacional y que para efectos de los cálculos no se han considerado el número de discapacitados motores ya existentes que ameriten adquirir por diversas circunstancias una silla de ruedas, así como también todos aquellos pacientes que lo requieran temporalmente.

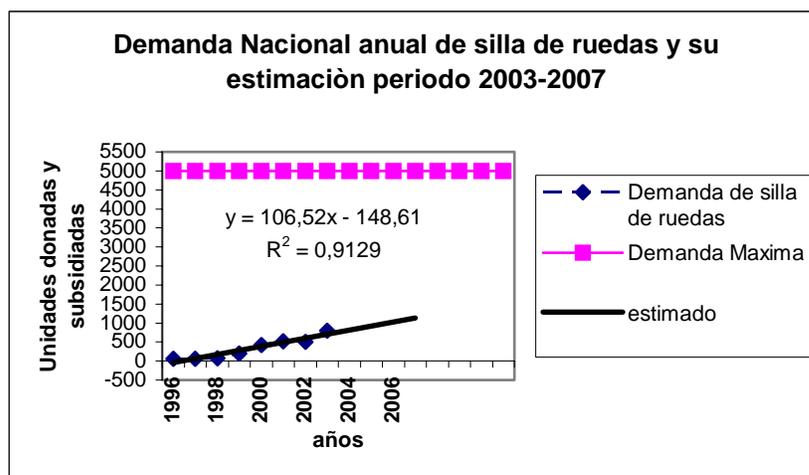
Por otro lado es importante resaltar que actualmente se han realizado solicitudes por el Fondo Único Social, Seguro Social y Fundación Pro-cura, contabilizando un total de 6900⁷ unidades para el año en curso desglosadas en el siguiente cuadro:

	<i>Fondo Único Social</i>	<i>Seguro Social</i>	<i>Fundación Pro-cura</i>	<i>Total</i>
Unidades Solicitadas	3000	3000	900	6900

Esto nos sirve para dar una idea de la necesidad actual que se tiene del producto, una gran demanda existe que se podría envolver, y que por diversas razones existentes no han podido cubrir

6.2.4. Volumen de venta de los oferentes

Para hacer el estudio de venta de los oferentes tomaremos como referencia el número de venta y donaciones realizadas por fundación Pro-cura desde el año 1996 hasta el 2002, y realizando una estimación de los próximos cinco años:



Gráfica 6.2. Demanda Anual de Sillas de Ruedas

⁷ Datos suministrados por fuentes impresas: El universal, El nacional.

Con respecto a la oferta y la demanda del producto existente, podemos apreciar que actualmente y en el futuro, estamos en presencia de un mercado cautivo, en donde esta muy lejos de cubrir con la demanda máxima, Son cifras bastantes conservadores ya que se tomo como demanda máxima solo al numero de nuevos discapacitados, con un aproximado de 5000 personas, cuando esta se prevé que aumentara a una tasa de crecimiento del 2.2 % anual, y que habrá un significativo porcentaje de discapacitados del acumulado que por diferentes razones necesitaran cambiar sus sillas, y no hemos cuantificado en el calculo de demanda máxima, por lo cual este numero es todavía superior. Se puede asegurar que este un potente mercado que no se ha aprovechado, solo se ha cubierto un muy pequeño porcentaje.

6.2.5. Porcentaje de penetración en el mercado

Para determinar el posible volumen de producción, se establecerá el porcentaje de penetración del mercado de sillas de ruedas. Con este valor de penetración que asumiremos, calcularemos el volumen de producción anual para 264 días laborales.

Siendo bastantes conservadores, estimaremos un 40% de penetración en el mercado de nuevos discapacitados, un 1% del porcentaje de acumulado anual de discapacitados, estimando crecimiento de venta anual del 2%, proporcional al crecimiento de la muestra, tendremos como volumen de producción para los próximos años:

<i>Años</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>
Número de sillas por año	4356	4465	4577	4691	4929

6.3. Características del producto

Una silla de ruedas debe tener como objetivo principal permitir al usuario la máxima funcionalidad, comodidad y movilidad. Para ello, la silla debe estar pensada para ajustarse a los requerimientos individuales basados en criterios de ergonomía y necesidades propias del tipo de lesión. Si se escoge una silla de ruedas no apropiada, puede resultar incomoda para la persona y generar una discapacidad adicional, tal como deformaciones en la columna, escaras y dolores musculares, entre otras. El resultado será que la energía del usuario se malgastará de manera innecesaria debido al esfuerzo continuo por modificar su postura.

Un factor determinante a la hora de adquirir una silla de ruedas en nuestro país, es el costo elevado que tiene la misma, debido a que son importadas y por ende se hacen inaccesibles para la mayoría de sus usuarios. De la población total de personas con discapacidades, el 80%⁸ pertenece a los estratos sociales de más bajos recursos, lo cual incrementa aún más la problemática existente en este sector particular.

⁸ Fuente: Fundación Pro-Cura de la Parálisis

En Venezuela encontramos que el 42%⁹ de los discapacitados se encuentran en edad productiva, los cuales ameritan llevar una vida bastante activa y para ello necesitan sillas de ruedas especializadas para realizar sus actividades. Nuestro diseño, es capaz de cubrir las expectativas de nuestros clientes potenciales y consumidores en función de la información suministrada directamente por sus usuarios. De esta manera se contribuye a que este tipo de pacientes, a pesar de su discapacidad, puedan integrarse gradualmente a la sociedad y al campo laboral en la medida de sus posibilidades y de las oportunidades existentes, permitiendo que se desprendan del sentimiento de inutilidad que frecuentemente los embarga.

Para poder ajustar correctamente una silla de ruedas a las necesidades de su usuario, es importante conocer la extensa gama de posibilidades que existen en los distintos componentes y accesorios de la misma. De esta forma podemos elegir en cada una de las partes la que mejor se adapte y así aprovechamos al máximo la funcionalidad de la misma al colocarla en la silla.

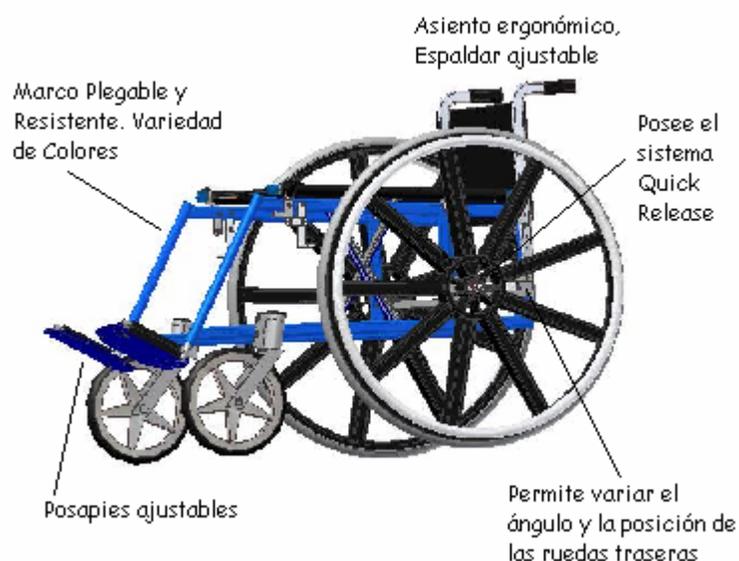


Figura 6.1. Diseño Final

Hasta el momento, nuestros clientes potenciales se han visto obligados a adquirir productos importados, generando ciertas desventajas ineludibles, tales como el elevado costo, el hecho que no hay una rápida capacidad de respuesta ante las solicitudes realizadas, tanto de sillas como de los respectivos repuestos y servicios, los trámites engorrosos de importación y aduana, problemas de traslado, en fin, un sin número de inconvenientes que entorpecen el proceso de adquisición de una silla de ruedas.

⁹ Fuente: *Ministerio de Salud y Desarrollo Social*

6.4. Demanda del producto

Nuestro producto esta diseñado para el uso de personas discapacitadas, en forma temporal o permanente, siempre y cuando posean movilidad de las extremidades superiores (brazos, tronco y cabeza). Ofrecemos una silla de rueda estándar, capaz de llenar sus expectativas y a la vez pueda estar al alcance de nuestros consumidores. Aparte de proponer unos precios atractivos, ofrecemos otras características muy importantes como: versatilidad y estética, accesorios, asesoría, servicios de mantenimiento (tanto preventivo como correctivo) con rapidez y efectividad para nuestros clientes y consumidores, y de esta manera cubrir el vacío que existe en nuestro país, donde la población discapacitada se ve desposeída de los medios para mantener en el tiempo un estado óptimo de funcionamiento en sus sillas.

Por otra parte, nuestra idea busca impulsar un nuevo mercado laboral en el país, que no tenía auge en el pasado, debido a la ausencia de representación nacional en esta rama, con grandes expectativas de crecimiento a corto y mediano plazo, ya que aquí en Venezuela se cuenta con todos los medios para realizar esta labor.

6.5. Comercialización del producto

Se establecerá un procedimiento de venta y de servicio especial tanto al pequeño y cliente para dar a conocer los beneficios de nuestro producto así como su rentabilidad Aplicaremos el “Típico sistema de Negocios Empresarial”; el esquema es el siguiente:



Estableceremos nuestro propio plan de Marketing y ventas en forma directa, con ello obtendremos un flujo continuo de nuevos clientes además de ofrecer un servicio personalizado y familiar a cada uno de nuestros clientes. Por ello los diferentes sistemas implementados para cada cliente se detallan a continuación:

6.5.1. Instituciones benéficas, organismos públicos y gubernamentales, así como clínicas y hospitales que presten servicio social a los discapacitados

Se establecerá un contrato con clínicas, hospitales, organismos públicos e instituciones benéficas de acción social, dando especial apoyo y facilidad de financiamiento parcial o total para la adquisición de las sillas de los casos, que estos organismos determinen, de las personas que dispongan de menos recursos. Esto permitirá que instituciones como Fundación Pro-cura tenga la facilidad de seguir con su labor de donar o vender las sillas dependiendo del estado socio económico del consumidor. El organismo deberá procesar las solicitudes de ayuda, y direccionar un considerable flujo de pacientes a nuestras oficinas, se elabora formalmente el presupuesto dirigido al ente financiador, con una excelente relación calidad-costos. Se firma el contrato, y la carta aval donde se comprometen los organismos formalmente a cancelar el monto acordado en un determinado período de tiempo, finalmente se entregará la mercancía.

6.5.2. Sistema propuesto para distribuidores

Se podrían plantear los siguientes casos:

- ✓ Se proporcionara un costo de mayorista a todos nuestros distribuidores, siempre y cuando sus pedidos superen a la cantidad límite previamente establecida.
- ✓ Se suministraran producto a consignación, en la cual se establecerá relación “producto vendido-producto cancelado”.
- ✓ La garantía a nuestro distribuidores de tener a disposición un gran stock de diferentes piezas y respuesta, de manera de ofrecer un óptimo y rápido servicio.
- ✓ Se aplicara un estricto control de los márgenes de ganancias al distribuidor, con el fin de evitar las comunes especulaciones de sobreprecio.

6.5.3. Venta directa al detal para los consumidores

No es nuestro principal objetivo, pero existirá la opción de ofrecer directamente a las personas la adquisición de nuestro producto.

6.5.4. Sistemas de Pago

Todos los pagos podrán hacerse de contado, en la cantidad acordada entre la compañía y el comprador y en el tiempo previsto para la entrega del producto.

6.6. Volumen de producción

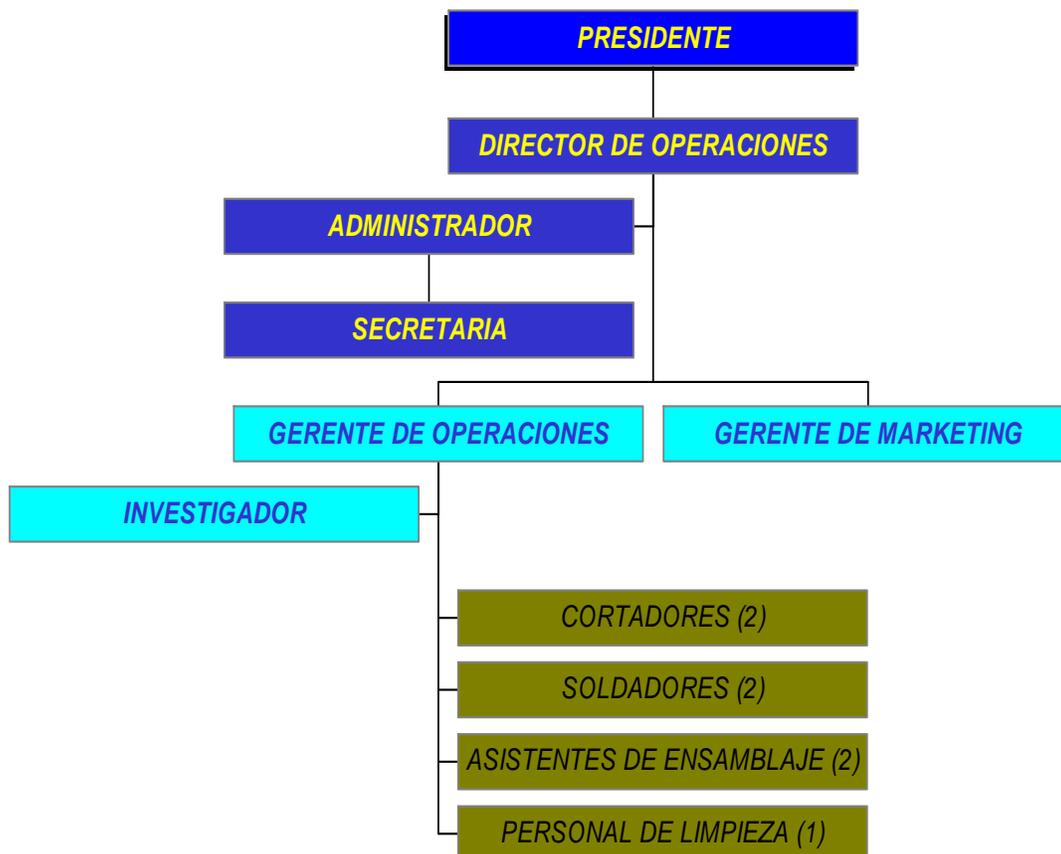
Para ello tomaremos un porcentaje del mercado de nuevos discapacitados y otra porción de los acumulados. Se estudiarán tres escenarios, de los cuales para efectos de este trabajo tomaremos el escenario B, el más conservador donde se asume considera un 40% de penetración de la demanda máxima de la nueva población discapacitada, y el 1% de la población discapacitada acumulada en el primer año arrojando un total de 4404 sillas. Cabe destacar que esta cifra se ajusta perfectamente a las peticiones del Fondo Único Social y el Instituto Venezolano de los Seguros, los cuales han solicitado lotes de 3000 sillas cada uno, para un global de 4200 sillas anuales, suponiendo un solapamiento del 30%.

6.7. Aspectos Administrativos y Organizacionales

Desde el punto de vista técnico y de la administración empresarial general, la estructura organizativa responde a definidas líneas de trabajo. El personal administrativo posee excelente capacidad administrativa para organizar y poner en marcha la empresa. El personal operativo es calificado.

En cuanto a la organización interna de la empresa, en el organigrama siguiente se puede observar claramente las líneas de mando y las funciones específicas de cada una de ellas.

6.7.1. Organización de la Empresa



Funciones de cada uno de los miembros de la Organización

Presidente

- ✓ El Presidente será el encargado de gerenciar y dirigir la empresa. Tiene la responsabilidad de plantear y hacer cumplir las normas por las cuales deben regirse cada uno de los empleados, así como de afianzar y mantener el correcto funcionamiento de la planta.
- ✓ Debe estar en capacidad de establecer relaciones con entes públicos y privados, con el fin de atraer los recursos (directos e indirectos) que permitan cumplir las metas establecidas dentro del plan de acción de la empresa.
- ✓ Elaborar, coordinar y controlar el Presupuesto de Gastos de la empresa.
- ✓ Analizar el plan general de desarrollo, mantenimiento y determinar necesidades de recursos.
- ✓ Identificar la posibilidad y/o necesidad de optimización, sistematización y/o automatización de los procesos.
- ✓ Determinar la satisfacción usuario/calidad/rendimiento.

Director de Operaciones

- ✓ Es el encargado de planificar a corto y mediano plazo la producción, así como las necesidades y/o utilización de los recursos de equipos, personas y materias primas.
- ✓ Debe establecer y mantener actualizadas normas y procedimientos y documentación de las funciones y/o procesos.
- ✓ Verificar que el sistema se mantenga en total operación.
- ✓ Controlar en primera instancia la calidad de los productos a producir.
- ✓ Programar, administrar y coordinar la captación, selección, utilización y adiestramiento de los recursos humanos de la empresa.

Gerente de Operaciones

- ✓ Será un Ingeniero encargado de las tareas de coordinación de la producción de las actividades en general, empaque y despacho. Bajo su responsabilidad se encontrará también el control de la calidad de los suministros de los proveedores, así como la del producto terminado.
- ✓ Debe llevar el control de la necesidad de material para las diversas operaciones de la empresa.
- ✓ Administrar, dirigir y llevar el control de las operaciones.
- ✓ Controlar y llevar registro histórico del as fallas.
- ✓ Velar por la seguridad, custodia, sitio asignado de las personas y equipos.

Gerente de Marketing

- ✓ Encargado de establecer las directrices para la promoción, publicidad, técnicas de mercado y ventas de los productos de la empresa.
- ✓ Su gerencia también tendrá a su cargo el establecimiento y mantenimiento de las relaciones empresa-cliente.

Administrador

- ✓ Será el encargado del manejo de las cuentas de la empresa, contactos con los bancos, créditos recibidos y otorgados, en fin, todas las operaciones financieras relacionadas con la compañía.
- ✓ Además, tendrá la responsabilidad de llevar al día la contabilidad, libros, pago de impuestos, etc.
- ✓ Efectuar los estudios de análisis de costos y de sus variaciones conjuntamente con la contabilidad.
- ✓ Llevar los controles administrativos necesarios y efectuar evaluaciones periódicas de gastos o inversiones de toda la Empresa.

Investigador

- ✓ Diseñar, estudiar e implementar productos que puedan llegar a las clases de bajos recursos.
- ✓ Ayudar a la Gerencia a efectuar los estudios de factibilidad a objeto de determinar alternativas de cambios de ingeniería de equipos, nuevas áreas de explotación, etc., así como dar asesoramiento de los mismos.
- ✓ Sugerir posibles mejoras y modificaciones al producto.

Secretaria

- ✓ Será la encargada de llevar a cabo todas las labores cotidianas de oficina y brindar apoyo al personal perteneciente a la Gerencia.
- ✓ Debe encargarse de la recepción y envío de correspondencia y/o llamadas telefónicas.
- ✓ Dar apoyo logístico a cada uno de los integrantes de la gerencia.

Cortadores

- ✓ Serán los responsables de realizar los procesos de corte y taladrado, que se encuentran incluidos dentro del proceso de fabricación del marco y de los accesorios de la silla que se produzcan en la fábrica.
- ✓ Realizar el mantenimiento técnico preventivo y correctivo cuando lo amerite el equipo.
- ✓ Hacer producción de acuerdo con la hoja de asignación de trabajo que le fuere entregada por el Gerente de Operaciones.
- ✓ Velar por la custodia y seguridad del equipo que opera.

Soldadores

- ✓ Tendrán a su cargo la responsabilidad de realizar todos los procesos de unión mediante soldadura que amerite la fabricación del marco y accesorios de la silla.
- ✓ Deben arrancar y ajustar todo el equipo, así como realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo a planes.
- ✓ Asegurar la buena utilización y rendimiento del equipo/persona.
- ✓ Velar por la seguridad y custodia del equipo que opera.
- ✓ Hacer producción de acuerdo con la hoja de asignación de trabajo que le fuere entregada por el Gerente de Operaciones.
- ✓ Cualquier otra actividad que le asigne el Gerente de Producción.

Asistentes de Ensamblaje

- ✓ Una vez cortados y soldados los tubos del marco y demás accesorios, el asistente de ensamblaje se encargará de la unión de las partes, tanto las elaboradas, como las adquiridas mediante operaciones de outsourcing.
- ✓ Recepción, revisión y desglose por pieza.
- ✓ Montaje de piezas especiales.
- ✓ Verificar la calidad de los procesos de fabricación previos al ensamblaje.
- ✓ Hacer producción de acuerdo a la hoja de asignación de trabajo que le fuere entregada por el Gerente de operaciones.

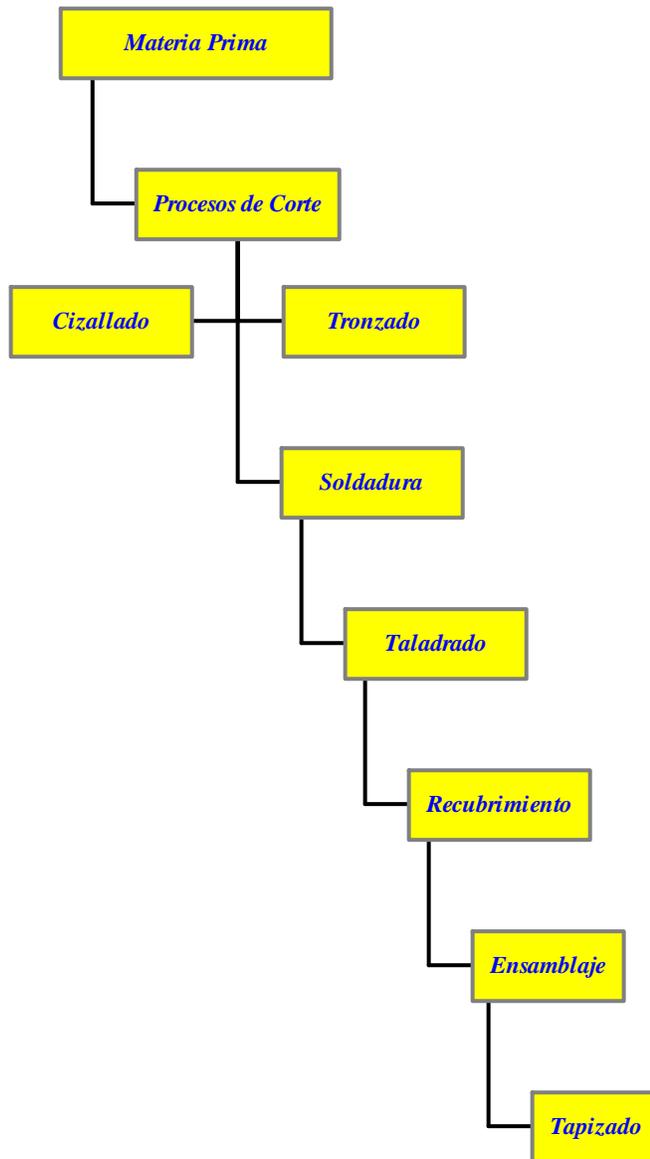
Personal de limpieza

- ✓ Debe mantener en orden cada una de las instalaciones de la empresa, en la medida de las posibilidades de acceso a las diferentes áreas, tanto de oficinas como de producción.
- ✓ Obedecer cualquier otra instrucción que le sea asignada por algún requerimiento especial donde pueda ser necesaria su intervención.

Otros cargos a futuro

En la medida de las posibilidades y del crecimiento de la compañía, será necesaria la contratación de un chofer, para trasladar el producto final y hacerlo llegar hasta nuestros clientes.

6.7.2. *Flujograma del proceso*



Inicio:

- ✓ Se lleva la materia prima, del lugar del depósito a la planta donde se procesara.
- ✓ Se acoplan las maquinas a medidas lógicas, de acuerdo al producto requeridos.

Corte (Tronzado y cizallado): Estos dos procedimientos se realizaran simultáneamente, con la tronzadora se cortan los tubos circulares y aplanados, mientras con la cizalla se cortan las pletinas y las láminas.

Soldadura: Se realizan los respectivos puntos de soldaduras, a cada de las piezas requeridas.

Taladrado: Se realizan los agujeros a todas las piezas, donde estarán cada uno de las uniones atornilladas.

Recubrimiento: Se realiza el recubrimiento electrostático al cuadro de la silla, en la cabina que se dispone en la misma empresa.

Ensamblaje: Una vez secado el cuadro, se procede al ensamblado total de la silla, colocando cada uno de los componentes que la integran.

Tapizado: Una vez ensamblada la silla, se procede a tapizar el espaldar y el asiento.

6.8. Plan de Inversiones

El plan de inversiones requerido para realizar el proyecto es el siguiente:

Costos Fijos: 1 mes

Concepto	U.S. \$	Bolívares
Alquiler de Galpón	1.041	2.000.000
Electricidad	416	800.000
Publicidad y marketing	1.041	2.000.000
Teléfono	52	100.000
Muebles e insumos	3.792	7.280.000
Maquinarias	184	353.355
Mano de obra	4.289	8.234.090
Costo fijo mensual	10.815	20.767.445
Costo fijo c/silla	30,9	59.336

Costos Variables: 1 mes

Concepto	U.S. \$	Bolívares
Pintura	1,25	2.000
Material	10,25	16.395,50
Piezas varias	211,25	337.927,02
Total Costos Variables c/silla	222,75	356.322,52
Total Costos Variables por mes (350 sillas)	77.962,5	124.712.882,80

Los precios de los rubros mencionados son los que rigen el mercado. En este estudio se anexan presupuestos, de las maquinarias y algunos materiales (ver anexos).

6.8.1. Maquinarias

Es la inversión necesaria para la supervisión del montaje e instalación de las maquinarias, se estimo en base de presupuestos.

MAQUINARIAS		U.S. \$	Bolívares
1	Tronzadora* Ryobi, hasta 14"	200	384.000
1	Esmeril Stony Hg-8A	350	672.000
1	Cizalla Manual* 1x1/8" Tennmith	5.100	9.792.000
1	Taladro de columna* cap: 5/8"	360	691.200
1	Troqueladora Chicago	19.500	37.440.000
1	Troquel del freno	9.165	17.596.800
2	Maquina MAG	2.700	5.184.000
1	Maquina de Recubrimiento	7.285	13.987.200
1	Maquina de Coser "Singer"	2.000	3.840.000
TOTAL		49.710	95.443.200

6.8.2. Equipo de Oficina

Este concepto se refiere al mobiliario y equipos necesarios para el funcionamiento de las oficinas administrativas.

Cant.	Equipo	Costo Unit. (\$)	Costo Unit.(Bs)	U.S.\$	Bs. Total
6	Escritorio	130	250.000	780	1.500.000
12	Sillas	42	80.000	500	960.000
3	Computadoras	521	1.000.000	1563	3.000.000
1	Computadora	781	1.500.000	781	1.500.000
3	Archivador	52	100.000	156	300.000
1	Insumos	11	20.000	11	20.000
Total		1.537	2.950.000	3.791	7.280.000

6.8.3. Ocupación

Para el cálculo de la mano de obra a utilizar en el proyecto, es necesario hacer una clasificación del personal que laborará durante el primer año de funcionamiento de la empresa, trabajando 8 horas diarias en un horario comprendido en dos turnos de 8:00 a.m. hasta las 12:00 m. y en la tarde de 1:00 hasta 5:00 p.m.

Personal	Bs.	Nº de	Anual	Mensual
Empleados	Mensuales	personas		
Presidente de la compañía	1000000	1	15000000	1250000
Director de operaciones y calidad	800000	1	12000000	1000000
Gerente de operaciones	700000	1	10500000	875000
Marketing y ventas	600000	1	9000000	750000
Investigación y desarrollo	500000	1	7500000	625000
Administración	500000	1	7500000	625000
Secretaria general	247080	1	3706200	308850
Obreros				
Calificados				
Operador de la tronzadora	247080	1	3706200	308850
Operador de la cizalla	247080	1	3706200	308850
Soldadores	247080	2	7412400	617700
Pintor	247080	1	3706200	308850
Ensamblador y asistente	247080	1	3706200	308850
Personal de limpieza	247080	1	3706200	308850
Total Nómina Gerencia			U.S. \$ 2835	Bs. 5.433.850
Total Nómina Obreros			U.S. \$ 1126	Bs. 2.161.950
Total Nómina Empleados			U.S. \$ 3961	Bs. 7.595.800

Para estos cálculos se incluyo, lo estipulado por la Ley orgánica de trabajo, 35% en prestaciones sociales, seguro social, bono de transporte, etc.

6.8.4. Depreciación

La depreciación de los activos fijos, las cuales incluyen maquinarias, equipos, mobiliarios y equipos de oficinas, se ha calculado por el método de línea recta. Se estima una vida útil de acuerdo al uso y características de los activos. Para la depreciación de las maquinas se tomo una vida útil de 20 años; entonces el valor anual de estas maquinarias:

<i>Concepto</i>	<i>U.S. \$</i>	<i>Bolívares</i>
Depreciación Total de las Máquinas en un período de 20 años	2208,5	4.240.257,5

El equipo tiene una vida útil de 3 años entonces la depreciación anual del equipo es:

<i>Concepto</i>	<i>U.S. \$</i>	<i>Bolívares</i>
Depreciación Total de los Equipos de oficina en un período de 3 años	1264	2.426.666,66

6.8.5. Gastos de Operación

Mantenimiento, reparaciones y repuestos: Esta partida se estimo en base del 6 % del total del costo de las maquinarias.

Electricidad: Se estimo en base a 4165 Kw/mes.

Agua: 300m³ al mes.

Transporte: Se estima un 3% sobre el valor de las ventas.

Comisiones de vendedores: Se calcularon en base a un 10% sobre las ventas

Impuestos municipales: Se considero el 1% sobre los ingresos bruto, este es el valor que se le otorga en equipos médicos

Marketing y ventas: Se estimo para el primer año en 24.000.000 Bs.

Seguro: Se estimo el 2% del valor de los activos y materia prima en existencia.

Arrendamiento: El arrendamiento del galpón se estimó, según ofertas clasificadas en 2.000.000 Bs. mensuales.

Gastos generales: Teléfono, correo, aseo y papelería 1.000.000 Bs. Mensuales.

6.9. Cronograma de Instalación y Puesta en Marcha

De acuerdo a los ofrecimientos hechos en la cotización para la adquisición de la maquinaria y equipo, se prevé un periodo de un mes para la recepción y puesta en sitio de las mismas, instalación y comercialización del producto.

6.9.1. Estrategia de Crecimiento

Inicialmente, nuestra empresa estará localizada en Caracas, ya esta ciudad nos ofrece grandes ventajas por su ubicación geográfica y su importancia económica y social para el resto del país. Así, aprovecharemos los recursos disponibles para iniciar nuestra entrada en el mercado local, con miras futuras a expandirnos a otras ciudades, adyacentes o no, que requieran de nuestro producto.

En principio esperamos abarcar un porcentaje considerable del nuevo mercado de personas discapacitadas, esperando crecer y tener una buena aceptación de los clientes y consumidores por nuestra excelente calidad y costo. Posteriormente esperamos poder satisfacer las necesidades de otros clientes, tales como el acumulado de discapacitados de años anteriores que por alguna razón deben reemplazar sus sillas de ruedas.

Además de disponer de un considerable stock de sillas de ruedas para la venta, tendremos disponibles un lote para alquiler, con la idea en mente de poder satisfacer también a las personas que se encuentran discapacitadas en forma temporal, o a todas aquellas que momentáneamente no cuentan con los recursos suficientes para adquirir este elemento tan necesario para su movilidad.

Posteriormente, se ha pensado en lanzar nuevos productos y servicios, siempre y cuando contribuyan a mejorar la calidad de vida de nuestros usuarios, y complacer las peticiones y cubrir las necesidades de todos y cada uno de nuestros clientes.

6.9.2. Plan de desarrollo

Para establecer un desarrollo efectivo de la planta, nos centraremos en tres tareas fundamentales:

- ✓ *Constitución de la empresa*, que abarca todo el proceso de instalación, compra de materiales y equipos, obligaciones legales, en fin, todo lo necesario para que arranque la producción.
- ✓ *Marketing*, en esta fase desarrollaremos toda la logística relacionada con los planes de mercadeo y venta.
- ✓ *Producción, Manufactura y Ventas*, una vez iniciada la producción, diversificaremos las posibilidades de manufactura, para optimizar los procesos.

Fases del Proceso	M E S E S											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Primera Fase: Constitución de la Empresa												
Ubicación del local	*											
Ubicación del Outsourcing	*											
Compra de los equipos y maquinaria	*	*										
Compra de materiales	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
Fabricación de lote de prueba			*	*	*							
Segunda Fase: Marketing												
Contacto con los clientes potenciales	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Donaciones a los posibles clientes		*	*			*	*		*	*		
Desarrollo del plan de Marketing	*	*	*	*								
Lanzamiento de la Publicidad					*	*	*	*	*	*	*	*
Visita a hospitales y Clínicas	*	*	*	*				*	*	*		
Tercera Fase: Producción, Manufactura y Ventas												
Fabricación de lote para alquiler		*	*	*				*	*	*		
Fabricación de lotes de venta	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Fabricación de peticiones particulares				*	*	*	*	*	*	*	*	*
Inicio de las ventas		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Fabricación de peticiones especiales				*	*	*	*	*	*	*	*	*

Tabla 6.2. Plan de Desarrollo

6.10. Punto de equilibrio de las ventas

Una vez ya estimados los *Capitales de Trabajo* y de los *Activos* se procede a calcular el *Punto de Equilibrio* de nuestras ventas, donde nuestro *Beneficio* será igual a cero, y de allí en adelante obtendremos nuestras ganancias netas. El *Precio de Venta P* se estableció teniendo en cuenta el costo de los modelos ofertados en el mercado actual, reflejados en la tabla 6.1. en la página 151 de este capítulo, donde podemos ver que con un valor de Bs. 500.000,00 como base inicial de nuestro producto podemos cubrir el costo neto de fabricación e ir amortizando un pequeño porcentaje de los gastos de operación, con lo cual lo hacemos muy competitivo y llamativo para nuestro clientes potenciales.

Para el cálculo del punto de equilibrio de un periodo mensual tenemos:

CV: Costos variables. Este tiene un valor de Bs. **356.322,52**

CF: Costos Fijos. Este tiene un valor de Bs. **20.767.444,79**

P: Precio de venta. Bs. **500.000,00**

Q: Unidades vendidas

B: Beneficio

Formulas a utilizar

$$I = P * Q$$

$$CT = CV + CF$$

$$CT = P * Q + CF$$

Ingresos:

$$I = P * Q$$

$$I = 500.000 * Q$$

$$CT = CV + CF$$

$$CT = P * Q + CF$$

$$CT = 356.322,5 * Q + 20.767.444,79$$

Beneficio Mensual

$$B = I - CT$$

$$B = 500.000 * Q - (356.322,5 * Q + 20.767.444,79)$$

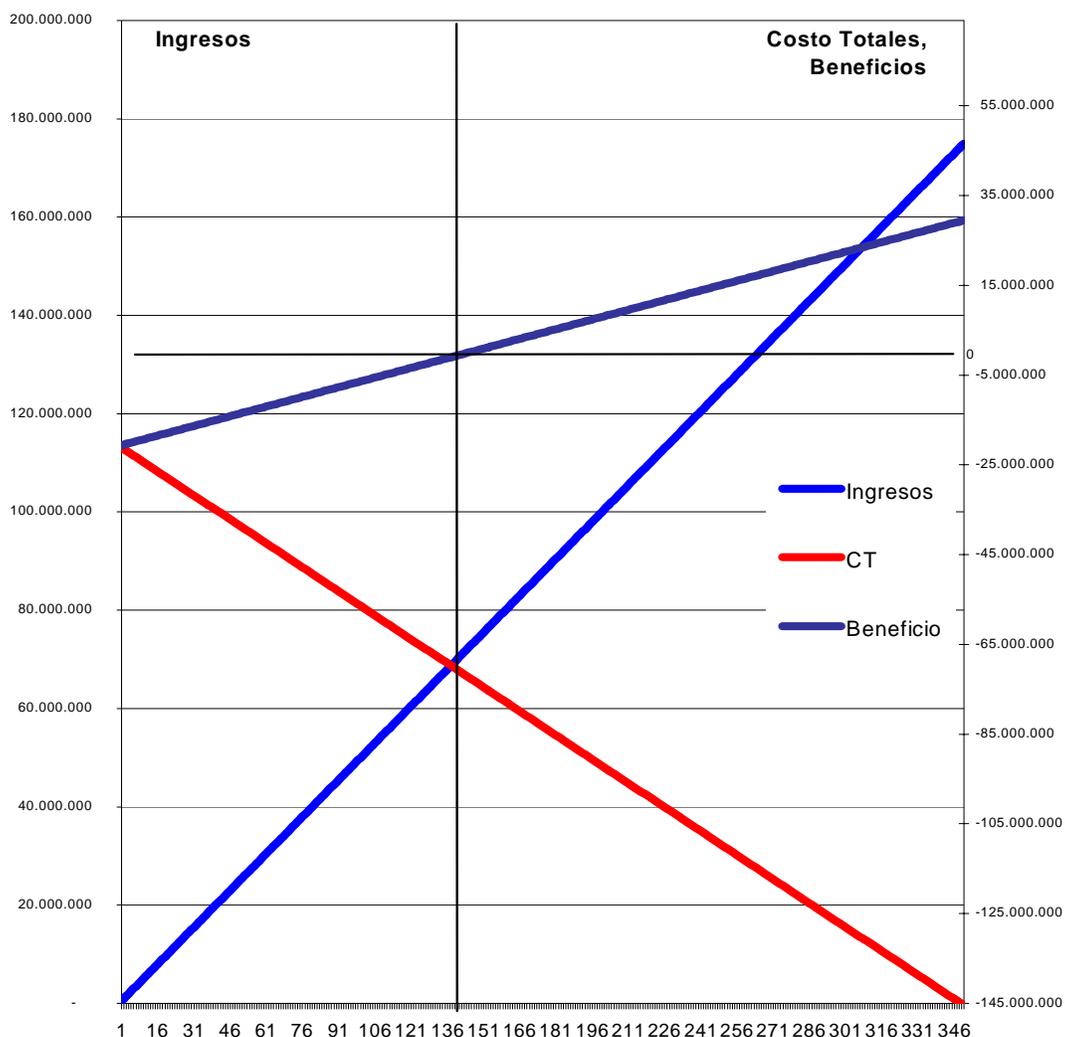
$$0 = 500.000 * Q - (356.322,5 * Q + 20.767.444,79)$$

$$20.767.444,79 = 500.000 * Q - 356.322,5 * Q$$

$$20.767.444,79 = 143.677,5 * Q$$

$$Q = 144,54 \text{ unidades}$$

Con este resultado, tenemos que mensualmente se debe vender una cantidad de 144 unidades para lograr un beneficio igual a cero.



Gráfica 6.3. Punto de equilibrio

Beneficio igual a cero al vender 144 sillas mensuales

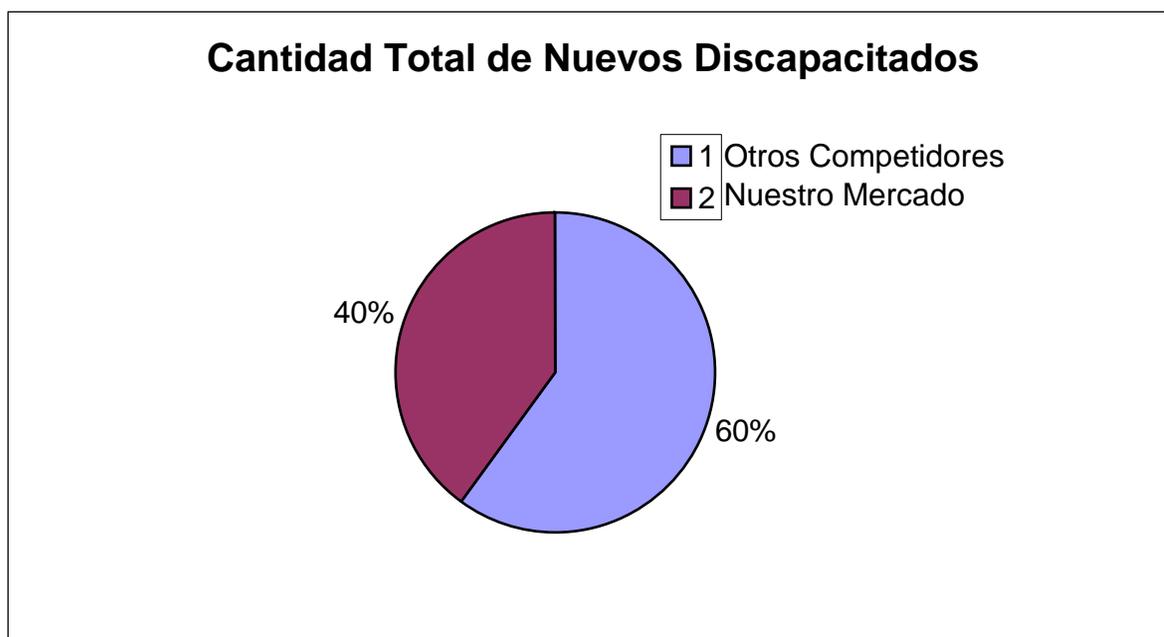
Proyecciones

Nuestro pronóstico esta basado según las necesidades de nuestros clientes, por lo cual calculamos que nuestra empresa contará con una cantidad considerable de usuarios de nuestro producto y un porcentaje de utilidad por unidad del 50%. Prevemos una ganancia neta anual para el primer año de aproximadamente Bs. 516011650,40.

Previsión de crecimiento de ventas

Se basa en el supuesto de que para finales del primer año, habremos alcanzado un 40 % de penetración en el mercado de nuevos discapacitados, con un crecimiento del 5% anual.

Gráfica 6.4. Cantidad Total de Nuevos Discapacitados



Previsión de ventas

Prevedemos que un 5% de la producción total anual será destinada para prestar el servicio de alquiler de las sillas de ruedas para particulares, con el fin de poder cubrir las necesidades de aquellas personas que no poseen los recursos para adquirir tan importante medio de movilización, y en este sector aspiramos tener un crecimiento del 5% anual. El principal fuerte en nuestro mercado será la venta de los lotes de sillas de ruedas a cada uno de los potenciales clientes, abarcando principalmente a los nuevos discapacitados; sin embargo, hay que tener en cuenta que una considerable cantidad de población representa el acumulado de personas discapacitadas existentes, pero nuestro enfoque se ha estimado sin basar sustancialmente nuestras cifras en este rubro.

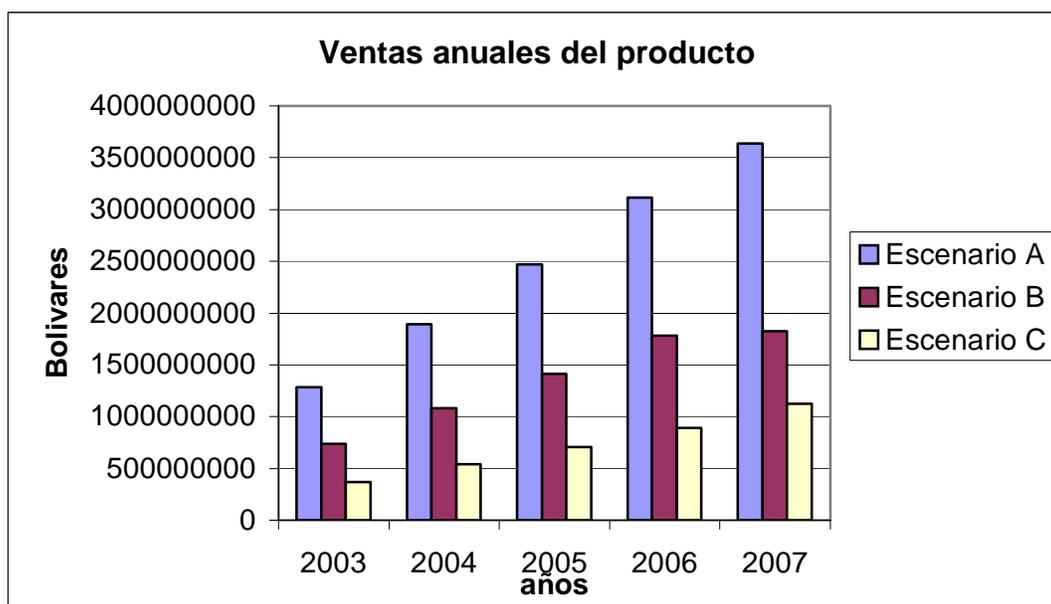
Previsión en el crecimiento de ventas para el segundo año

Se estima que para el segundo año nuestras ventas alcancen el 45% del mercado potencial, pues esperamos que el producto este afianzado dentro del mercado, debido a que será del conocimiento de nuestros clientes las bondades que posee nuestro producto, tales como su excelente calidad y sus costos inigualables, así como también la garantía y servicio eficiente que vamos a poder ofrecer por la ventaja de ser un producto hecho en Venezuela.

Flujo de caja y sensibilidad

En el siguiente gráfico mostramos las ventas estimadas para los próximos cinco años, en tres marcos hipotéticos diferentes:

Gráfica 6.5. Ventas Anuales



- El escenario A, el cual se proyecta de una manera más optimista, muestra un estimado de penetración en el mercado de nuevos discapacitados del 70% (3.500 unidades) de los nuevos discapacitados y el 1,2% (2.700 unidades) del acumulado que necesitan reemplazo de sus sillas, aproximadamente para el primer año por lo que se piensa fabricar 6.200 sillas donde se aprecia una ganancia neta para el primer año de Bs. 810.366.393 con un TIR bastante elevado del 123%. Es bastante ambicioso estimar una entrada en el mercado tan elevada, ya que hay que tener en cuenta que los clientes deben conocer bien, inicialmente, las ventajas de nuestro producto aún más cuando hay otros similares existentes y de tradición.
- El escenario B, el más conservador de todos, considera un 40% (2153 unidades) de penetración de la demanda máxima de la nueva población discapacitada, y el 1% (2251 unidades) de la población discapacitada acumulada en el primer año arrojando un total de 4404 sillas. Estas son cifras bastante aceptables al tomar en cuenta que en la actualidad no existe competidor cercano en cuanto a costos se refiere, y que para efectos del estudio solo se hizo una estimación basándose en un pequeño % de discapacitados motores, arrojando una ganancia neta de Bs.516011650,4 con un TIR del 67,24%, es importante destacar que actualmente tenemos una solicitud por parte del Fondo Único Social y de los Seguros Sociales de 6000 sillas, y aunque no son cifras consideradas en el calculo de nuestra producción nos da una visión de la inmensa necesidad que hay en el mercado del producto.
- En el escenario C, el más pesimista de todos, estima cubrir el 20% del mercado total de nuevos discapacitados y 0.5%, arrojando una ganancia neta de Bs.195240456,5 con un TIR del 16,1% para el primer año, lo cual demuestra que por más decadente que sea el panorama, nuestro producto siempre va a ser competitivo.

Ingresos

Ingresos: Se utiliza el 68% de la capacidad instalada para el primer año, se prevé que para el sexto año (2008) se utilizó el 99% de la capacidad instalada.

Escenario B 40% de los nuevos Y 1,2% del acumulado	Volumen Unidades	Venta Unitario del producto Bs.	Ingresos por la Venta
AÑOS			
2003	4356		
2004	4465	500000	2232578125
2005	4577	718000	3286131742
2006	4691	913296	4284458565
2007	4808	1124267,376	5406022706
2008	4929	1312020,028	6466549211

Estado y ganancias del negocio

Donde:

Ganancia neta anual: Ingresos por las ventas-(costos fijos + costos variables)

Escenario B 40% de los nuevos Y 1,2% del acumulado	Ventas sillas de ruedas Unidades	Ingresos por la venta	Ganancia neta anual
AÑOS			
2003	4356		
2004	4465	2232578125	125646301,5
2005	4577	3286131742	178580725
2006	4691	4284458565	226002787,9
2007	4808	5406022706	277231581,2
2008	4929	6466549211	322822915,4

Amortización

Aquí reflejamos como se va a cancelar la deuda adquirida para la *Puesta en Marcha* y el *Capital de Trabajo*, financiado a cinco años, con el primer año de gracia.

Tabla 6.3. Amortización

Monto Credito	60.000.000,00	(Bolivares)	
Plazo	48	(Meses)	
Interes (Anual)	17	%	0,0142
Periodo de gracia	12	(Meses)	
Intereses Diferidos	0	(Meses)	
Plazo Total	48	(Meses)	
Factor	0,028855042		

Periodo (Meses)	Capital Inicial	Intereses Ordinarios	Amortización de Capital	Cuota	Saldo Final
1	60.000.000,00	850.000,00	881.302,54	1.731.302,54	59.118.697,46
2	59.118.697,46	837.514,88	893.787,66	1.731.302,54	58.224.909,80
3	58.224.909,80	824.852,89	906.449,65	1.731.302,54	57.318.460,15
4	57.318.460,15	812.011,52	919.291,02	1.731.302,54	56.399.169,13
5	56.399.169,13	798.988,23	932.314,31	1.731.302,54	55.466.854,83
6	55.466.854,83	785.780,44	945.522,10	1.731.302,54	54.521.332,73
7	54.521.332,73	772.385,55	958.916,99	1.731.302,54	53.562.415,74
8	53.562.415,74	758.800,89	972.501,65	1.731.302,54	52.589.914,09
9	52.589.914,09	745.023,78	986.278,76	1.731.302,54	51.603.635,33
10	51.603.635,33	731.051,50	1.000.251,04	1.731.302,54	50.603.384,30
11	50.603.384,30	716.881,28	1.014.421,26	1.731.302,54	49.588.963,04
12	49.588.963,04	702.510,31	1.028.792,23	1.731.302,54	48.560.170,81
13	48.560.170,81	687.935,75	1.043.366,79	1.731.302,54	47.516.804,02
14	47.516.804,02	673.154,72	1.058.147,81	1.731.302,54	46.458.656,21
15	46.458.656,21	658.164,30	1.073.138,24	1.731.302,54	45.385.517,96
16	45.385.517,96	642.961,50	1.088.341,03	1.731.302,54	44.297.176,93
17	44.297.176,93	627.543,34	1.103.759,20	1.731.302,54	43.193.417,73
18	43.193.417,73	611.906,75	1.119.395,79	1.731.302,54	42.074.021,95
19	42.074.021,95	596.048,64	1.135.253,89	1.731.302,54	40.938.768,05
20	40.938.768,05	579.965,88	1.151.336,66	1.731.302,54	39.787.431,39
21	39.787.431,39	563.655,28	1.167.647,26	1.731.302,54	38.619.784,13
22	38.619.784,13	547.113,61	1.184.188,93	1.731.302,54	37.435.595,20
23	37.435.595,20	530.337,60	1.200.964,94	1.731.302,54	36.234.630,26
24	36.234.630,26	513.323,93	1.217.978,61	1.731.302,54	35.016.651,65
25	35.016.651,65	496.069,23	1.235.233,31	1.731.302,54	33.781.418,35
26	33.781.418,35	478.570,09	1.252.732,45	1.731.302,54	32.528.685,90
27	32.528.685,90	460.823,05	1.270.479,49	1.731.302,54	31.258.206,41
28	31.258.206,41	442.824,59	1.288.477,95	1.731.302,54	29.969.728,47
29	29.969.728,47	424.571,15	1.306.731,39	1.731.302,54	28.662.997,08

Periodo	Capital	Intereses	Amortización	Cuota	Saldo
					Final
30	28.662.997,08	406.059,13	1.325.243,41	1.731.302,54	27.337.753,67
31	27.337.753,67	387.284,84	1.344.017,69	1.731.302,54	25.993.735,97
32	25.993.735,97	368.244,59	1.363.057,95	1.731.302,54	24.630.678,03
33	24.630.678,03	348.934,61	1.382.367,93	1.731.302,54	23.248.310,09
34	23.248.310,09	329.351,06	1.401.951,48	1.731.302,54	21.846.358,62
35	21.846.358,62	309.490,08	1.421.812,46	1.731.302,54	20.424.546,16
36	20.424.546,16	289.347,74	1.441.954,80	1.731.302,54	18.982.591,36
37	18.982.591,36	268.920,04	1.462.382,49	1.731.302,54	17.520.208,86
38	17.520.208,86	248.202,96	1.483.099,58	1.731.302,54	16.037.109,28
39	16.037.109,28	227.192,38	1.504.110,16	1.731.302,54	14.532.999,13
40	14.532.999,13	205.884,15	1.525.418,38	1.731.302,54	13.007.580,74
41	13.007.580,74	184.274,06	1.547.028,48	1.731.302,54	11.460.552,26
42	11.460.552,26	162.357,82	1.568.944,71	1.731.302,54	9.891.607,55
43	9.891.607,55	140.131,11	1.591.171,43	1.731.302,54	8.300.436,12
44	8.300.436,12	117.589,51	1.613.713,03	1.731.302,54	6.686.723,09
45	6.686.723,09	94.728,58	1.636.573,96	1.731.302,54	5.050.149,13
46	5.050.149,13	71.543,78	1.659.758,76	1.731.302,54	3.390.390,37
47	3.390.390,37	48.030,53	1.683.272,01	1.731.302,54	1.707.118,36
48	1.707.118,36	24.184,18	1.707.118,36	1.731.302,54	(0,00)

CONCLUSIONES

El diseño presentado en este trabajo especial de grado procuró estandarizarse lo más posible, centrando el objetivo de estudio en una persona adulta de 1,70 m de estatura y 80 Kg de peso aproximadamente. Sin embargo, las dimensiones en los planos pueden ser adaptadas para diferentes tamaños proporcionales, dependiendo del usuario, y garantizando la resistencia de cada componente.

Los análisis FEA demostraron lo seguro que es el diseño obtenido, sin necesidad de construir un prototipo, al arrojar un factor de seguridad muy elevado, con un valor de 5, lo cual garantiza la resistencia a fallas por fatiga, por posibles impactos y por el uso cotidiano de la silla de ruedas.

El empleo de tubos aplanados para la fabricación del marco, nos permitió seleccionar un perfil de menor tamaño, por ende más liviano, que facilitó las operaciones de soldadura en las uniones entre tubos, le aportó mayor resistencia al estar mejor distribuido en esta geometría el momento de inercia en la dirección vertical, donde se encuentran concentradas la mayor cantidad de sollicitaciones a las cuales se encuentra sometido el dispositivo.

Con respecto al Punto de Equilibrio en la constitución de la fábrica, obtuvimos que con una venta mensual de 144 unidades, que equivale a un aproximado del 40% de nuestra producción mensual, se tiene el beneficio cero, lo que indica que cualquier monto superior en las ventas ya implica la obtención de ganancias. Es importante resaltar que ya existe una solicitud por parte del Fondo único social, y otras fundaciones públicas y privadas, que hacen un total de 7200 unidades requeridas al año, lo cual garantizará ganancias para un primer año de producción.

La tasa interna de retorno nos arrojó un valor de 67%, lo cual indica que hay una razonable y competitiva ganancia, debido a que ofrece un porcentaje superior al de las tasas pasivas ofrecidas para este momento por las entidades bancarias nacionales.

La práctica efectiva de la Ingeniería Concurrente contribuye a reducir el tiempo de desarrollo del producto, además de aumentar los beneficios y mejorar la competitividad, al promocionar el trabajo en equipo, integrando los departamentos involucrados de una forma estrecha para lograr de esta manera mejorar la calidad y controlar los costos de diseño y fabricación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar los cálculos en las dimensiones de la silla y demás componentes para otras tallas, con la finalidad de cubrir otros rubros tales como las sillas de ruedas infantiles.

Se recomienda realizar un censo de las personas que presentan discapacidad, de manera de poder cuantificar en forma precisa el número total que hay en el país actualmente, para poder realizar estudios de mercado más exactos.

Se recomienda en un futuro realizar estudios de factibilidad de la elaboración de los moldes de inyección para hacer los rines de paletas de las ruedas traseras, así como los pequeños de las ruedas delanteras, ya que actualmente en el país no se construyen dispositivos con tales características.

Se recomienda incorporar a los estudiantes de la escuela de Ingeniería Mecánica al uso de herramientas de modelación y diseño asistido por computadoras, utilizando software tales como: Autodesk Inventor y MSC Visual Nastran.

Para complementar nuestro trabajo, se recomienda estudiar la posibilidad de crear un cojín antiescaras de producción nacional.

Se recomienda el estudio de factibilidad de realización del marco y de los demás componentes en otros materiales que no se encuentren disponibles en el país, pero que puedan ser obtenidos fácilmente. Aunado a esto, se recomienda un estudio detallado de los costos de producción de los perfiles aplanados, con el fin de complementar nuestro estudio.

Glosario

Concurrir: Juntarse en un mismo lugar o tiempo. Estar de acuerdo a un dictamen.

Cefalorraquídeo: Del cerebro y la médula espinal: *líquido cefalorraquídeo*.

Esfuerzo: Acción energética del cuerpo o del espíritu.

Escara: Costra que se forma en las llagas y que resulta de la desorganización de una parte viva.

Escoliosis: Desviación lateral sufrida por la columna vertebral.

Finito: Que tiene fin o término.

Fraguar: Forjar el metal. Idear, discurrir, planear. (Verbo intransitivo) Endurecerse la cal, el cemento, etc., una vez aplicados.

Fuerza: Potencia capaz de obrar. Toda acción que modifica el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo. Intensidad de un efecto, capacidad de impulso.

Hidrocefalia: Es una acumulación excesiva de líquido cefalorraquídeo en el interior de cráneo. La compresión resultante hace que los huesos del cráneo se separen, que la circunferencia de la cabeza aumente, se distiendan los ventrículos y la sustancia del cerebro quede comprimida. El exceso de la acumulación de líquido está producido por la obstrucción del flujo de líquido o de su absorción, debido a deformidades congénitas, lesiones durante el parto, procesos inflamatorios o compresión por un tumor.

Inercia: Propiedad que poseen los cuerpos de permanecer en el estado de reposo o de movimiento hasta que lo saque de él una causa extraña. Resistencia pasiva que consiste en no obedecer.

Lumbar: Relativo o perteneciente a los lomos: *la región lumbar*.

Momento de Inercia con respecto a un eje (M_{xx}): Es la suma de los productos elementales de las masas de cada elemento del cuerpo por el cuadrado de su distancia a este eje.

Momento de una Fuerza con relación a un punto (M): Es el producto de la intensidad de esta fuerza por la distancia perpendicular desde la línea de acción de la fuerza al eje de rotación.

Nevus: Lesión congénita de la piel, circunscrita, sobreelevada, producida por exceso de pigmentación, hipertrofia de los tejidos epidérmicos y conjuntivo o desarrollo exagerado de los vasos.

Plano Medio Sagital: Es una postura anatómica de referencia, con la persona de pie, los brazos hacia los lados y con las palmas de la mano hacia adelante se toma desde el frente hacia atrás. Es el plano que pasa por el esternón y la columna vertebral.

Sagital: De forma de flecha. Dispuesto según los planos de simetría. Que une los dos parietales.

Bibliografía

Askelan, Donald. **“La ciencia e Ingeniería de los materiales”**. Editorial Iberoamericana. México. 1987.

Avallone, Eugene A. y Theodore Baumeister. **“Manual del Ingeniero Mecánico”**. Novena Edición. Mc Graw – Hill. México. 1999.

Bachmann, Albert y Richard Forberg. **“Dibujo Técnico”**. Segunda Edición. Editorial Labor, S.A. Barcelona – España. 1982.

Balestrini A., Mirian. **“Como se elabora el Proyecto de Investigación”**. Quinta Edición. BL Consultores Asociados, Servicio Editorial. Caracas. 2001.

Beer, Ferdinand y E. Russell Johnston Jr. **“Mecánica de Materiales”**. Editorial McGraw-Hill. Santafé de Bogota - Colombia. 1993.

Comisión Venezolana de Normas Industriales.

2905:1998 Sillas de Ruedas. Nomenclatura, Términos y Definiciones.

2906:1992 Sillas de Ruedas. Dimensiones Máximas Globales.

2908:1998 Sillas de Ruedas. Determinación de la Estabilidad Estática.

2911:1998 Sillas de Ruedas. Determinación de Dimensiones Globales, Masa y Espacio de Giro.

Duncombe, Margaret y Bárbara Weller. **“Manual de Enfermería. Pediatría”**. Compañía Editorial Continental, C.A. México. 1974.

Figuroa, Rubén y Janeth Herrera. **“Propuesta de Diseño Mecánico y Proceso Productivo de Sillas de Ruedas para Exteriores”**. Trabajo Especial de Grado. Universidad Católica Andrés Bello. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Producción. Caracas. 2001.

Gerlin, Heinrich. **“Alrededor de las Máquinas de Herramientas”**. Editorial Revert, S.A. Barcelona- España. 1964.

Groover, Mikell. **“Fundamentos de Manufactura Moderna”**. Editorial Prentice- Hall. México. 1997.

Hibbeler, R.C. **“Mecánica de Materiales”**. Editorial Prentice Hall. Tercera edición, México. 1998.

Ignoto, Vicente. **“Soldadura para Ingenieros”**. Centro Venezolano de Soldadura. Universidad Central de Venezuela. Caracas – Venezuela. 2001.

Luna, Carmen y Oscar Zamora. **“Diseño y Construcción de un dispositivo para pacientes con hiperflexión de la rodilla”**. Trabajo especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. Caracas. 2003.

Matute, Mariela. **“Plan de acción para la implantación y difusión de la filosofía de la Ingeniería Concurrente en la UCAB”**. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas-Venezuela. 1998.

Mott, Robert L. **“Diseño de Elementos de Máquinas”**. Segunda Edición. Prentice – Hall Hispanoamericana. México, 1992.

Nash, William. **“Resistencia de Materiales”**. Segunda Edición. Mc Graw – Hill. México. 1991.

Riggs, James. **“Sistemas de Producción. Planeación, Análisis y Control”**. Tercera Edición. Limusa Noriega Editores. México. 1998.

Rohen, Yokochi. **“Atlas Fotográfico de Anatomía del cuerpo humano”**. Editorial Mc Graw-Hill. Nuevo León – México. 1989.

Salvendy, Gabriel. **“Atlas de Ingeniero Industrial”**. Volumen 1,2 - 4. Editorial Limusa, México. 1990.

Shigley, Joseph Edward y Charles Mischke. **“Diseño en Ingeniería Mecánica”**. Quinta Edición. Mc Graw – Hill. México. 2001.

Torres, Michael. **“Análisis económico de decisiones: un enfoque conceptual”**. Publicación conjunta de la Facultad de Ingeniería de la UCV y Callaos asociados, Ingenieros consultores, C.A. Caracas-Venezuela. 1993.

Consultas en Páginas Web:

<http://www.aerobiconline.com/especiales.html>http://www.acortec.es/formacion_4

<http://wings.avkids.com/Libro/Sports/advanced/bicycle-01.html>.

<http://www.catalogo.sunrisemedical.es/actualizable/formacion4.html>

<http://www.grupoabstract.com/products/pdfs/abstract%205%20razones.pdf>.

<http://www.henkel.es/surface-technologies/ppal/metal.htm>

<http://www.ieg.csic.es/silvio/>.

<http://www.maquinas.cl/categorias/taladros,escariadoras.html>

<http://www.minos97.com/inico.htm>

<http://www.mintra.gov.ve/inpsasel/estadisticas.htm>

<http://www.msds.gov.ve/msdsweb/Index.html>

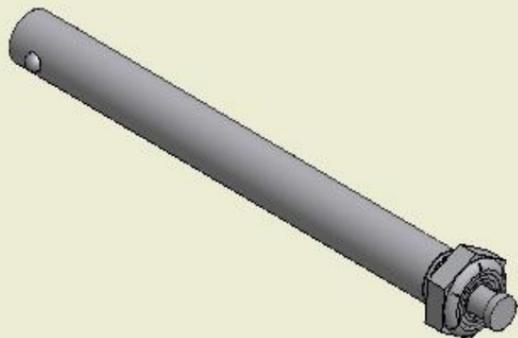
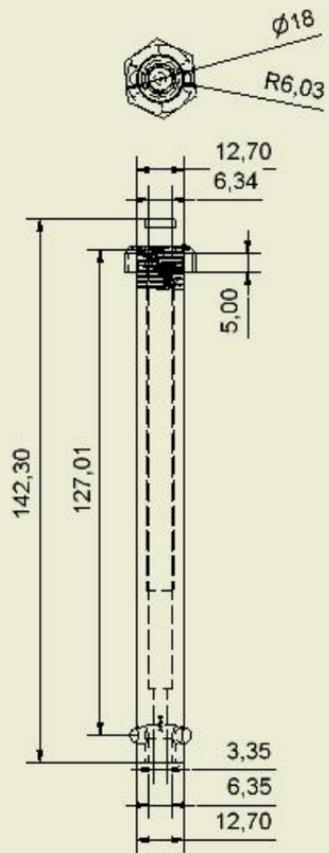
http://www.nordson-finishing-eu.com/English/index_p.html

<http://www.ocei.gov.ve/>

<http://www.ops-oms.org.ve/site/venezuela/ven-sit-salud-nuevo.htm>

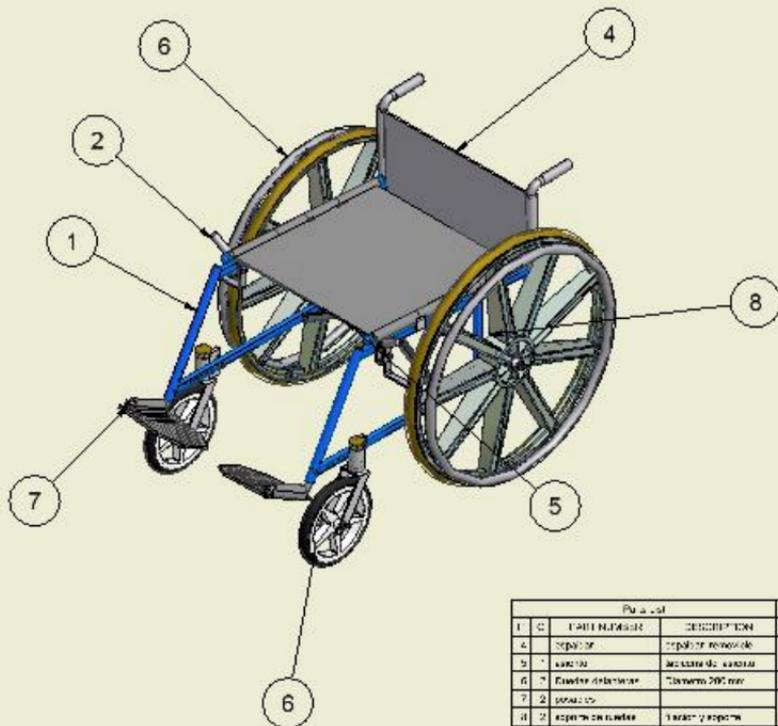
<http://www.pasoapaso.com.ve/sensi/sensi11.htm>
<http://www.reidtool.com/store/home.asp>
<http://www.sisov.mpd.gov.ve/indicadores/index.html>
http://www.stock.stsci.edu/instrument_lab/metals.html
http://www.tecnocrom.com.ar/crom_servicios18.htm
<http://www.tecnomaq.com.mx/sistemaplic1.html>
<http://www.udec.cl/~agaldame/simulacion.htm>
<http://www.wings.avkids.com/Libro/Sports/advanced/bicycle-01.html>

ANEXOS



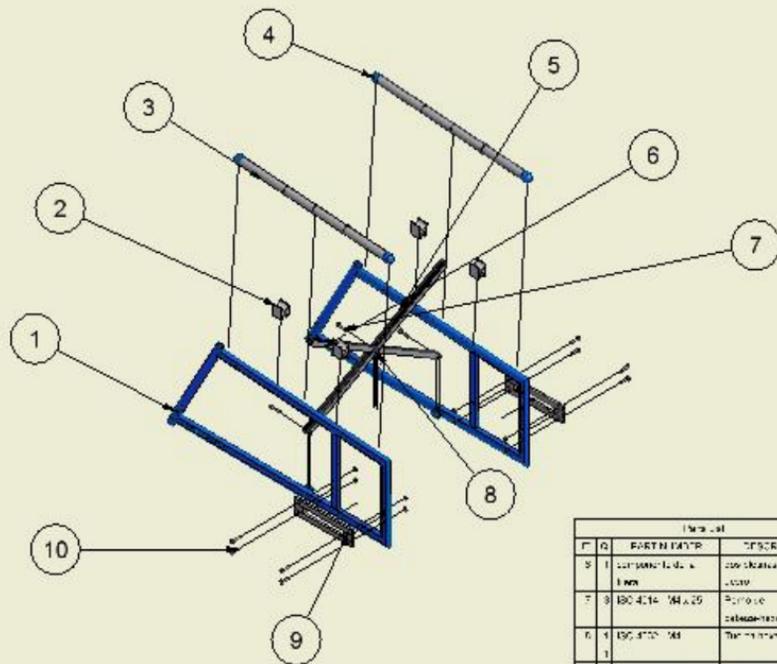
mm	Cantidad	Descripción			U.C.V
	2	Conjuntos de tracción y soporte de ruedas			
Diseñado por	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Escala	
M Perez/G Moreno	Othman Falcon	Othman Falcon	06/12/2003	0,8:1	
Nombre de la pieza:					
Quick release					
Normas		Falton	Sheet		
ISO		0	08/04		

Proyecto centauro



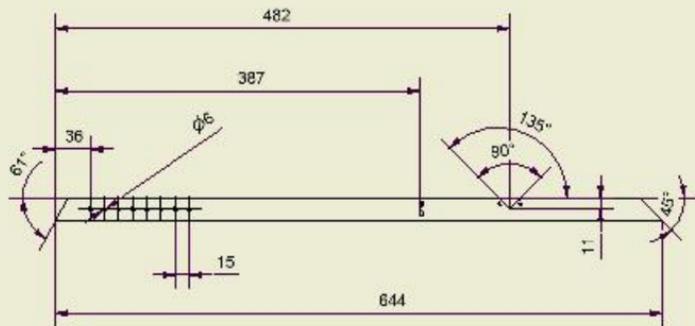
Pieza #1				Pieza #1			
I	C	PIEZA NUMBER	DESCRIPCION	I	C	PIEZA NUMBER	DESCRIPCION
	4	repulsor	repulsor neopreno	1		resaca	soporte de 24
	7	casaca	casaca de aluminio				aluminio
	6	Eje de la rueda	Diámetro 200 mm	2	2	resaca	soporte de aluminio 1 x 1.7
	7	pinos de		3	2	Aluminio buje	Diámetro 500 mm
	8	apoyos de rueda	laminas y soporte				laminas de aluminio

mm	cantidad: 1	Material:	Tubos de acero pulido		U.C.V
Disenado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala	
M Perez/G Morend	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	1:10	
Proyecto Centauro			Nombre de la pieza		
			Cuadro de la silla de ruedas		
Normas ISO		Editor	Sheet		
		0	00/01		

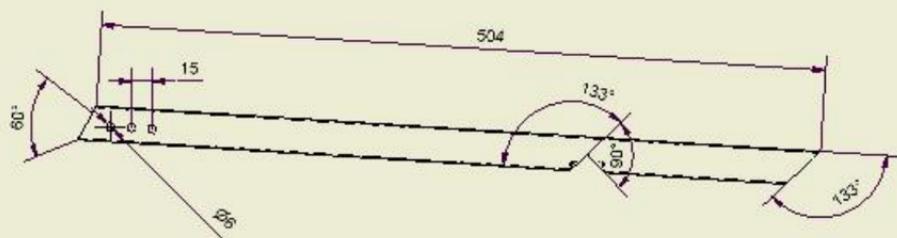
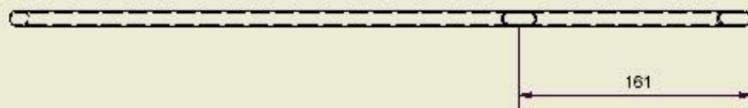


I lista .col		I lista .col			
Nº	PARTES IMPR	DESCRIPCION	Nº	PARTES IMPR	DESCRIPCION
5	1	Componente de la rueda	1	1	Componente de la rueda
7	3	ISO 4134 - M4 x 25	2	4	apoyo
6	4	ISO 4134 - M4	2	2	apoyo de la silla
1	7	apoyo de la rueda	1	1	base
10	8	ISO 4134 - M4 x 20	5	1	componente de la rueda

mm	cantidad: 1	Descripción: Marco ensamblado	U.C.V
Disenado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
M Perez/G Morenc	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003
Nombre de la pieza:			Escala
Marco de la silla de ruedas			1:10
Normas ISO		Editor	Sheet
		0	01/00

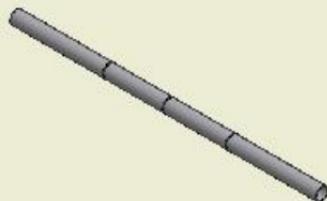
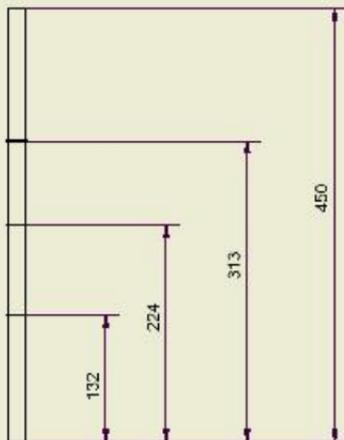


mm	cantidad: 1	Descripción: Componente del marco		U.C.V
Disenado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala:
M Perez/G Moren	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	1:5
Nombre de la pieza:				
Cuadro de la silla de ruedas				
Normas		Editor	Sheet:	
ISO		0	01:01	

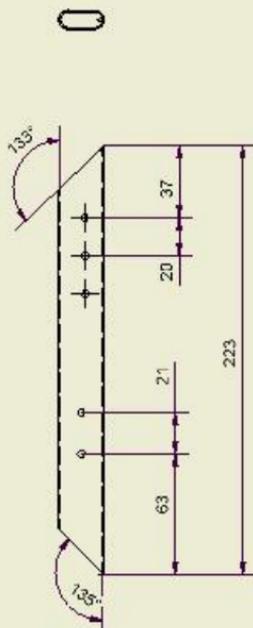


mm	cantidad: 1	Descripción: Componente del marco		U.C.V
Disenado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala
M Perez/G Morend	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	C.3.1
Proyecto Centauro		Nombre de la pieza:		
		Cuadro de la silla de ruedas		
		Normas ISO	Editor 0	Sheet 01/02

$\varnothing 19,05$

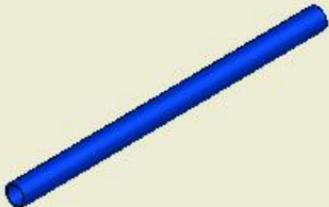
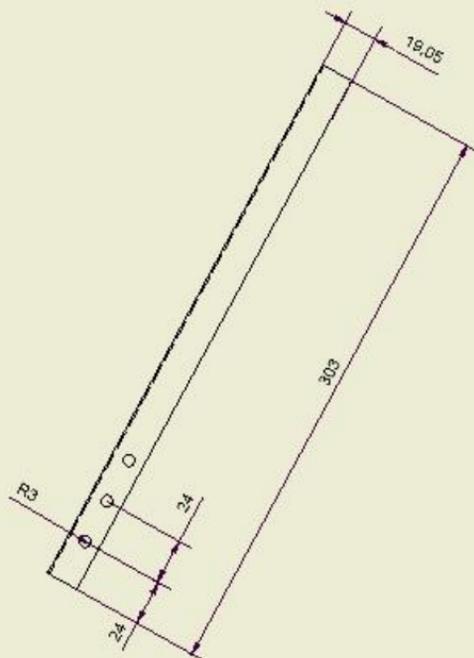


mm	cant	dad:	1	Descripción:	Componente del marco			U.C.V
Diseñado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Fecha:	Escala	
M Perez/G Moren		Othman Falcon		Othman Falcon		04/12/2003	1.5	
<p>Nombre de la pieza:</p> <p>Proyecto Centauro</p>				Cuadro de la silla de ruedas				
				Normas	Editor	Serie:		
				ISO	0	01/03		



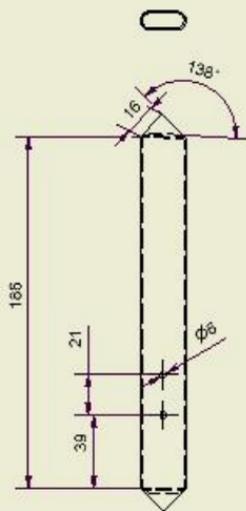
mm	cant	dad:	1	Descripción:	Tubos de acero pulido		U.C.V
Disenado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Nombre de la pieza:		Escala	
M Perez/G Moren	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	Cuadro de la silla de ruedas		0,4:1	
Normas		Editor	Sheet				
ISO		0	01/04				

Proyecto Centauro

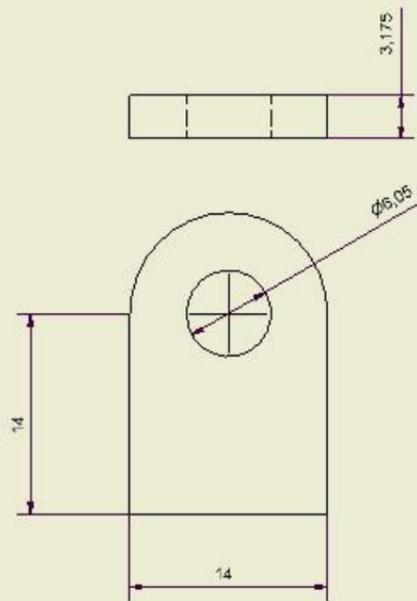


mm	cant dad: 1	Descripción:	Componente del marco		U.C.V
Disenado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala	
M Perez/G Moren	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	D.4:1	
Nombre de la pieza:			Cuadro de la silla de ruedas		
Normas		Editor	Sheet:		
ISO		0	01/05		

Proyecto Centauro

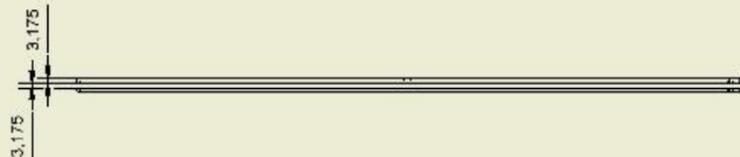


mm	cantidad: 1	Descripción: Componente del marco		U.C.V
Disenado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala:
M Perez/G Morend	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	1:20
Nombre de la pieza				
Cuadro de la silla de ruedas				
Proyecto Centauro		Normas	Editor	Sheet
		ISO	0	01/06

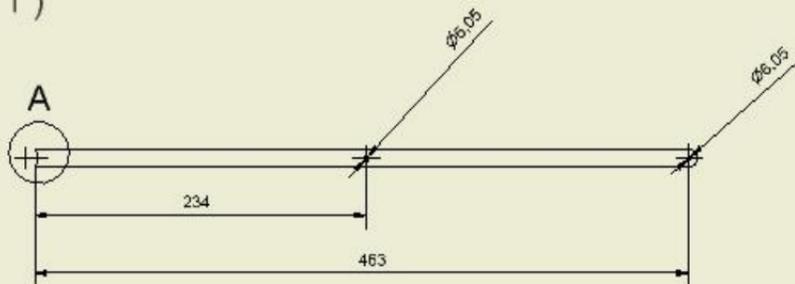


mm	cantidad: 1	Descripción: Componente del marco			U.C.V
Diseñado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala:	
M Perez/G Moren	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	3:1	
Nombre de la pieza:			Cuadro de la silla de ruedas		
Normas ISO		Editor	Sheet:		
		1	01/07		

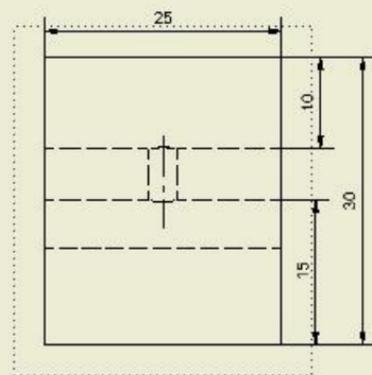
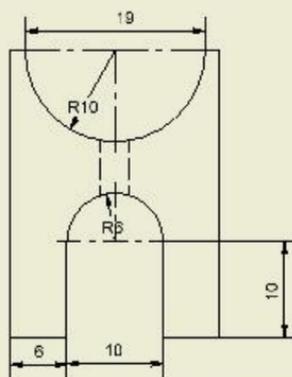
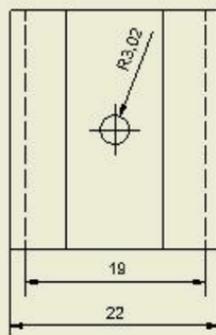
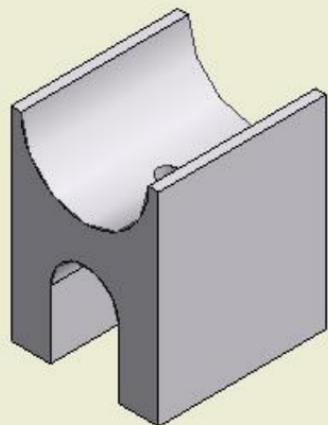
Proyecto Centauro



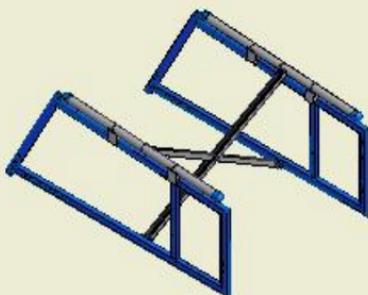
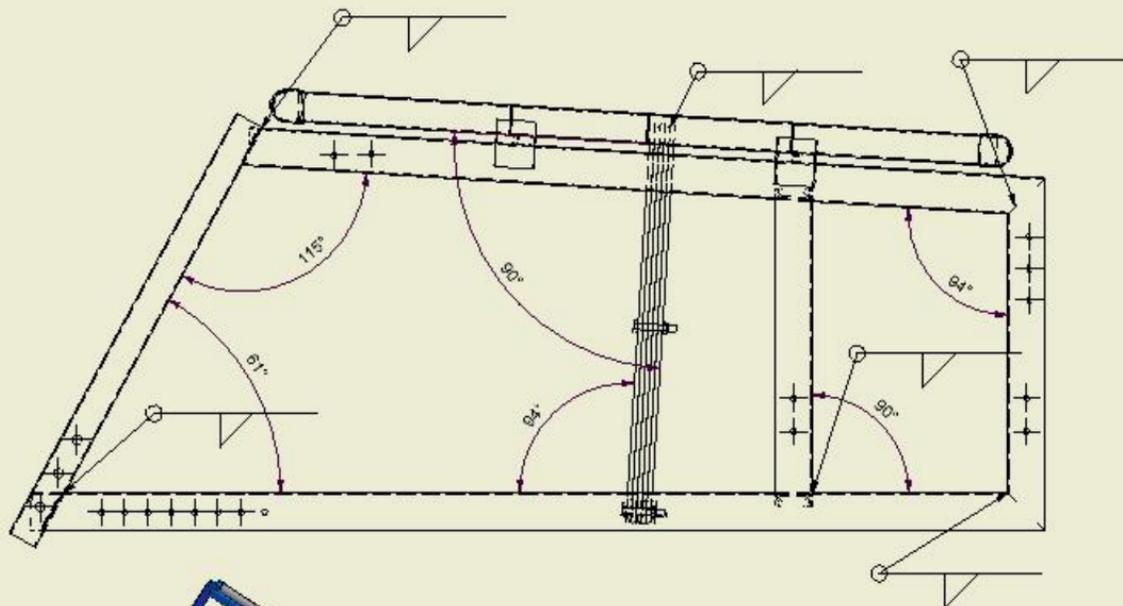
A (0,80 : 1)



mm	cantidad: 1	Descripción: Componente del marco			U.C.V
Diseñado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala:	
M Perez/G Morand	Othman Falcon	Othman Falcon	05/12/2003	0,3:1	
Nombre de la pieza:					
Pictina doble					
Proyecto centauro		Normas ISO	Edición 0	Sheet 01/08	



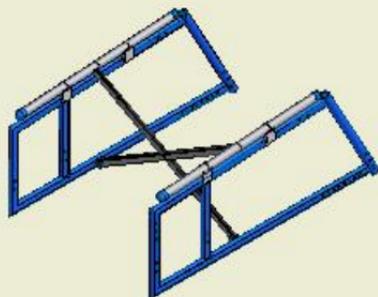
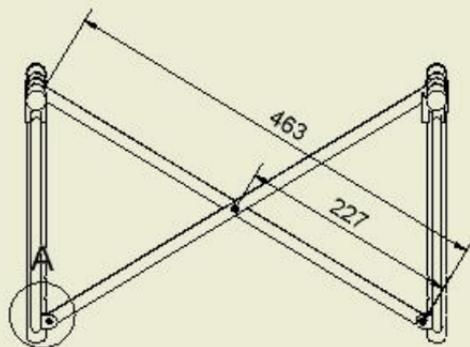
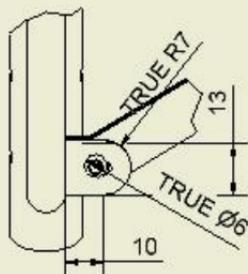
mm	cantidad: 2	Descripción: apoyo para el asiento			U.C.V
Diseñado por:		Revisado por:	Probado por:	Fecha:	Escala:
M Perez/G Moreno		Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	2:1
Nombre de la pieza: Apoyo del tubo del asiento					
Proyecto Centauro		Normas ISO	Edición 0	Sheet 01/09	



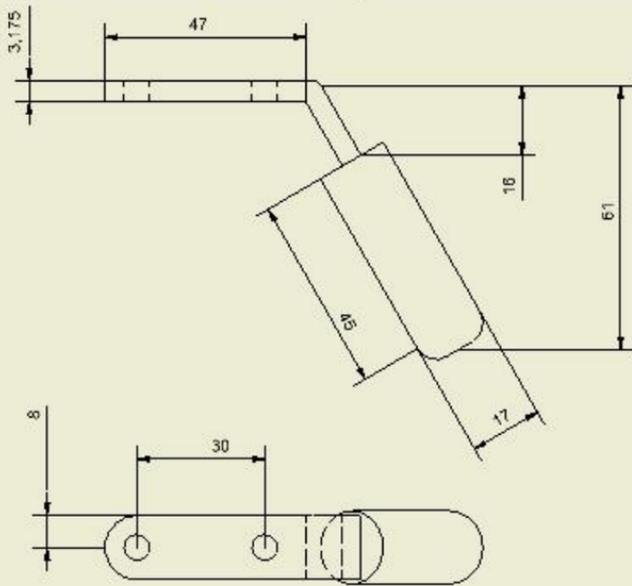
Lista 1		Lista 2	
Nº	CANTIDAD	REFERENCIA	DESCRIPCION
1	1	1	Asa de ensamblaje
2	1	2	Asa de ensamblaje
3	1	3	Asa de ensamblaje
4	1	4	Asa de ensamblaje
5	1	5	Asa de ensamblaje
6	1	6	Asa de ensamblaje

mm	cantidad:	1	Descripción:	Marco ensamblado	U.C.V
Disñado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala	
M Perez/G Morenq	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	1:3	
<h3>Proyecto Centauro</h3>			Nombre de la pieza:		
			Marco de la silla de ruedas		
			Normas ISO	Editor: 0	Sheet: 01/10

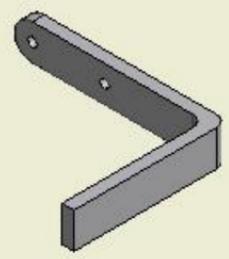
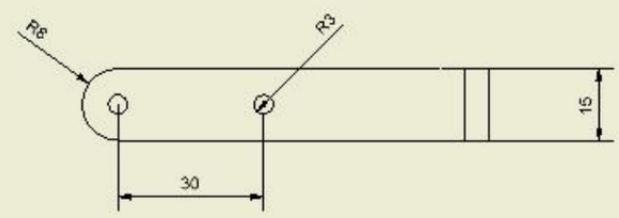
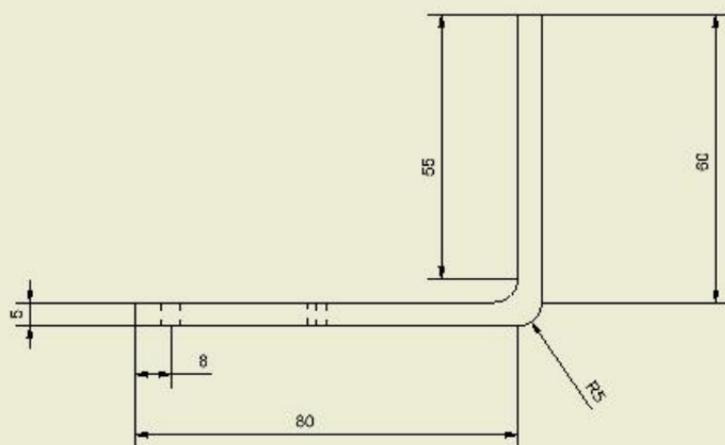
A (0,80 : 1)



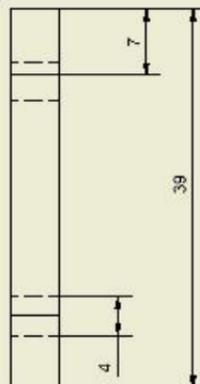
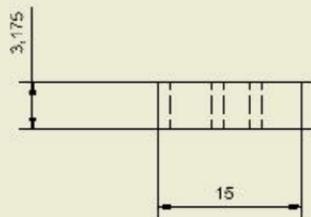
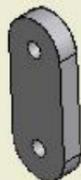
mm	cantidad: 1	Descripción: Ensamble de marco			U.C.V
Diseñado por:		Revisado por:	Aprobado por:	Fecha	Escala
M Perez:G Moreno		Othman Falcon	Othman Falcon	05/12/2003	1:5
Nombre de la pieza:					
Cuadro de la silla de Ruedas					
Proyecto centauro		Normas ISO	Edition 0	Sheet 01/11	



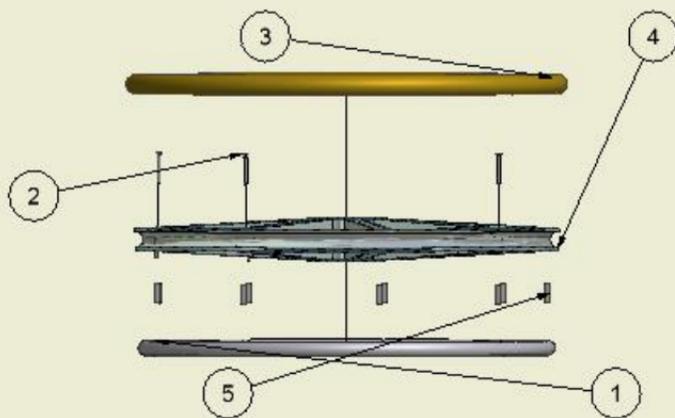
mm	cantidad: 2	Descripción: Componente del sistema de freno			U.C.V
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala:	
M Perez;G Morend	Othman Falcon	Othman Fa con	05/12/2003	0.9.1	
Nombre de la pieza:		Palanca del freno			
Proyecto centauro		Normas ISO	Edición 0	Sheet C2/01	



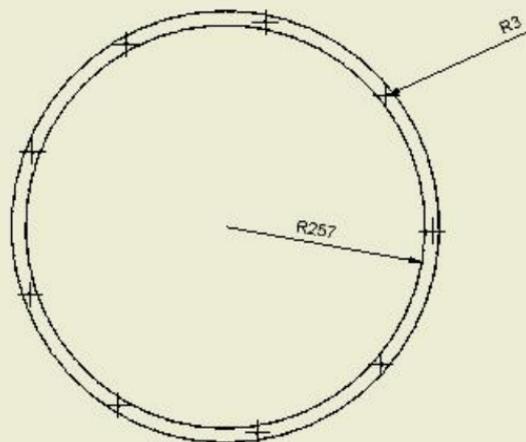
mm	cantidad: 2	Descripción: componente del sistema de freno			U.C.V
Disenado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala:	
M Perez/G Morend	Othman Falcon	Othman Falcon	05/12/2003	1.1	
Nombre de la pieza trabador del freno			Proyecto centauro		
			Normas ISO	Edición	Sheet
	0	02/02			



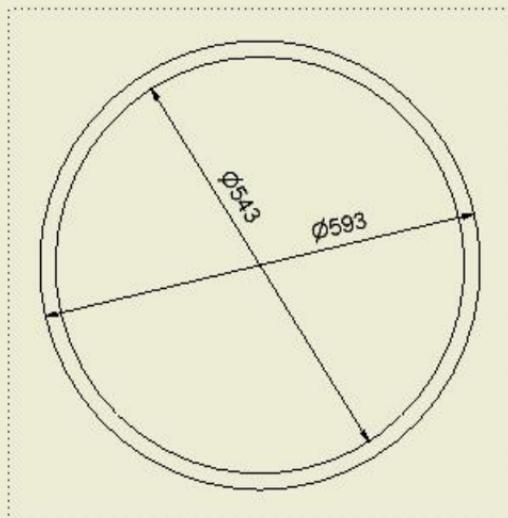
mm	cantidad: 2	Descripción: Componente del sistema de freno			U.C.V
Disenado por:	revisado por:	Aprobado por:	fecha	Escala	
M Perez:G Morend	Othman Falcon	Othman Fa con	05/12/2003	2.1	
Proyecto centauro		Nombre de la pieza Union del freno			
		Normas ISO	Fdr on 0	Sheet 02/03	



Part #1		Part #1	
1	Part #1	1	Part #1
1	1-001 MUYBANK	1	1-001 MUYBANK
2	Eje	1	4x6
6	placa de 110	2	60 7040 1 34 x 40
6	ISO 150 - 117 - 30 x 17 x 4	3	100 x 60 x 60 mm
mm cantidad: 2		Varios	
Diseñado por: M Perez/G Moreno		Revisado por: Othman Falcon	
Aprobado por: Othman Falcon		Fecha: 26/11/2003	
Escala: 0,16:1		Número de la pieza: Componentes de las ruedas traseras	
Especificación:		Normas: ISO	
		Editor: 0	
		Sheet: 03/00	

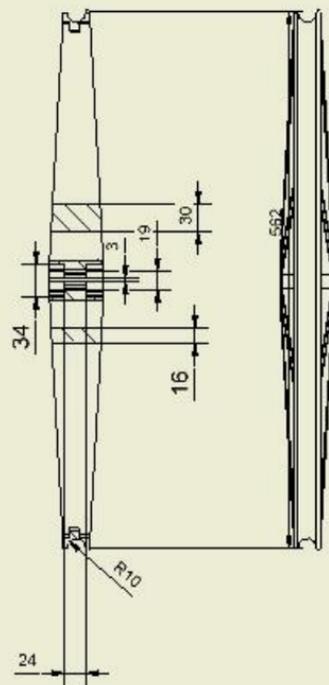
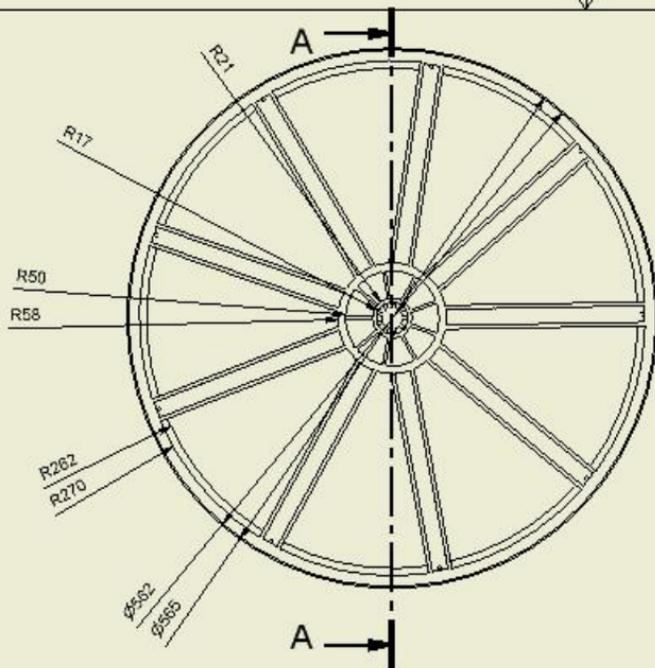


mm	cantidad: 2	Descripción			U.C.V
Componente de Ruedas traseras					
Diseñado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha	Escala	
M Perez/G Moreno	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	0.16:1	
Proyecto centauro			Aro propulsor		
			Normas ISO	Edition	Sheet
		1	03/01		

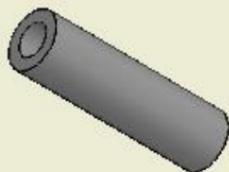
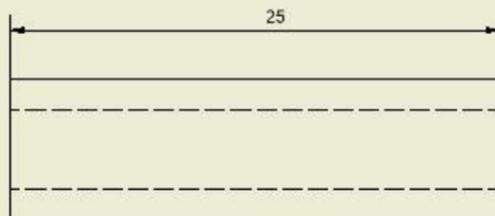
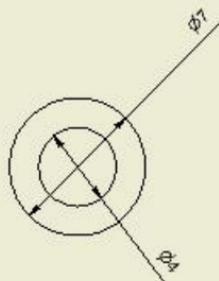


mm	Cantidad 2	Material Componente de Ruedas Traseras			U.C.V
Diseño por		Revisado por		Aprobado por	Fecha
M Perez/G Moreno		Othman Falcon		Othman Falcon	05/12/2003
Escala 0,16:1					
Nombre de la pieza					
Caucho de Ruedas traseras					
Proyecto Centauro		Normas ISO	Edición 0	Sheet 03/02	

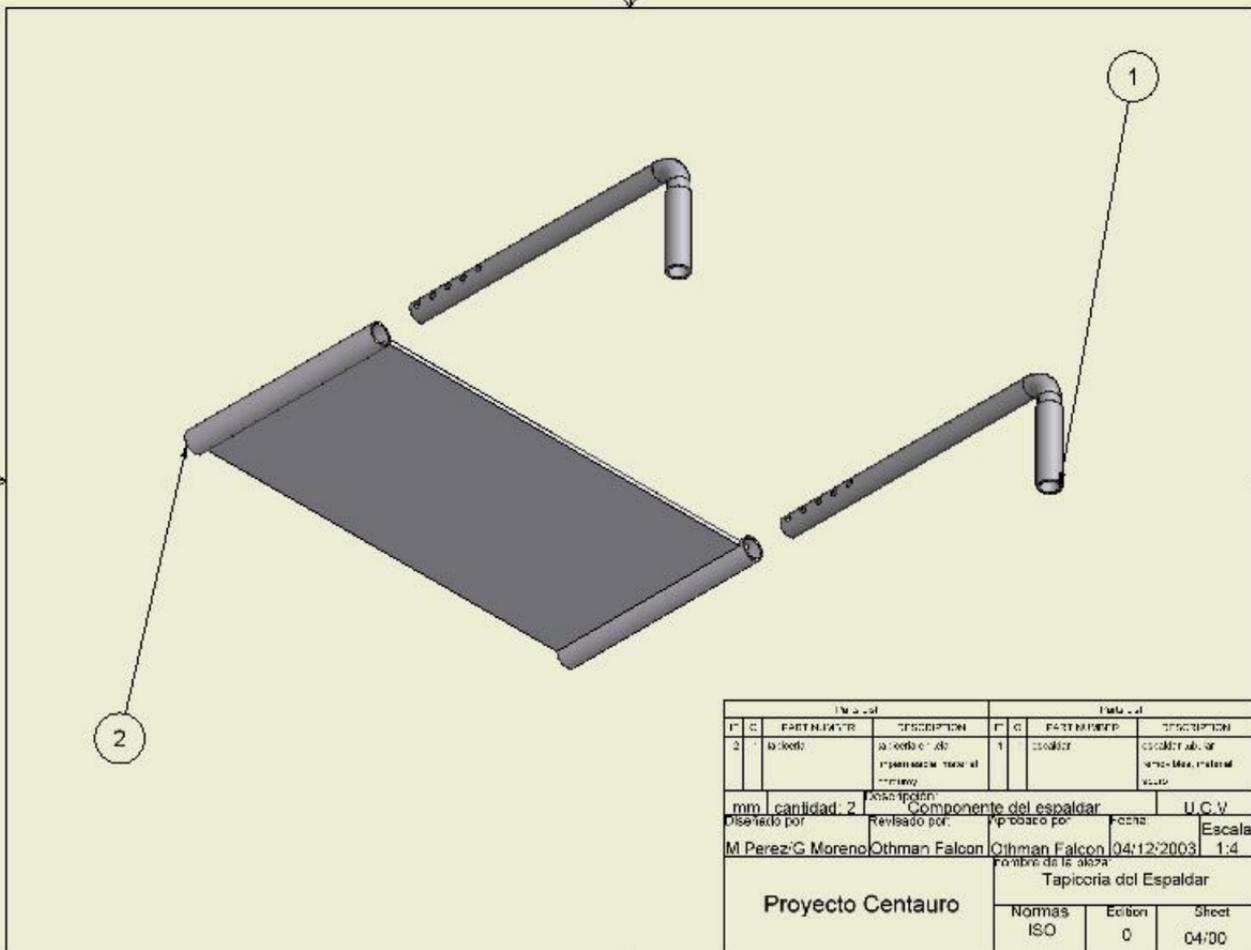
A-A (1:5)



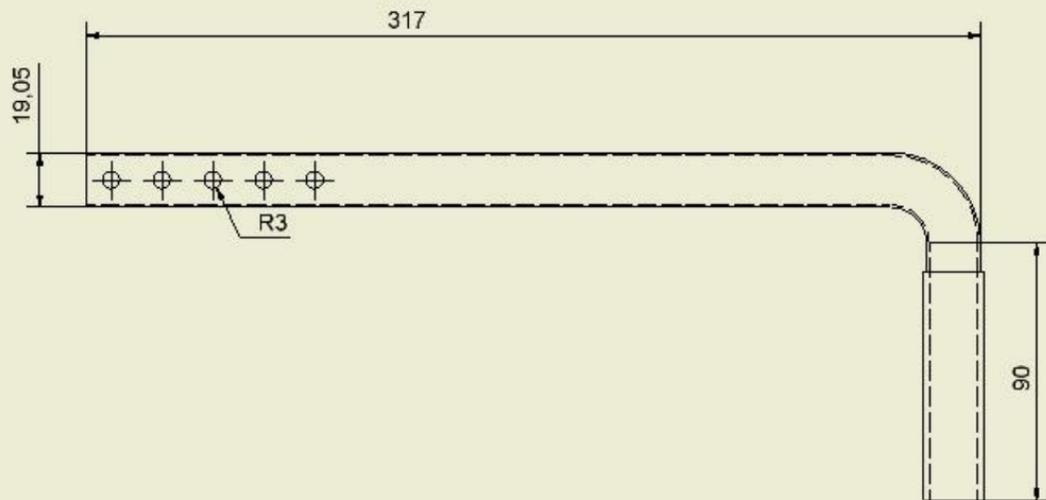
mm	cantidad	2	Descripción	Comarcamento de ruedas traseras		U.C.V
Diseñado por	Revisado por		Aprobado por:	Fecha:	Escala	
M Perez/G Moreno	Othman Falcon		Othman Falcon	05/12/2003	1:20	
horizonte de la pieza						
Rin de paletas						
Proyecto Centauro			Normas ISO	Edi. on	Sheet	
				0	03/03	



mm	cantidad: 2	Descripción: Componente de Ruedas traseras			U.C.V
Diseñado por:		Revisado por:		Aprobado por:	Fecha
M Perez/G Moreno		Othman Falcon		Othman Falcon	04/12/2003
Proyecto centauro				Pieza de sujeción del aro	
				Normas ISO	Edición
				0	03/04

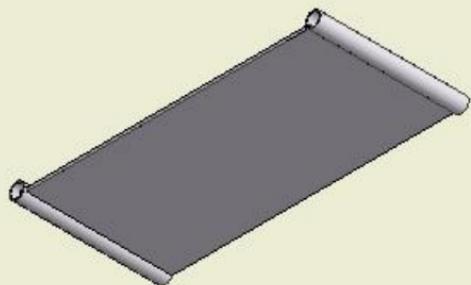
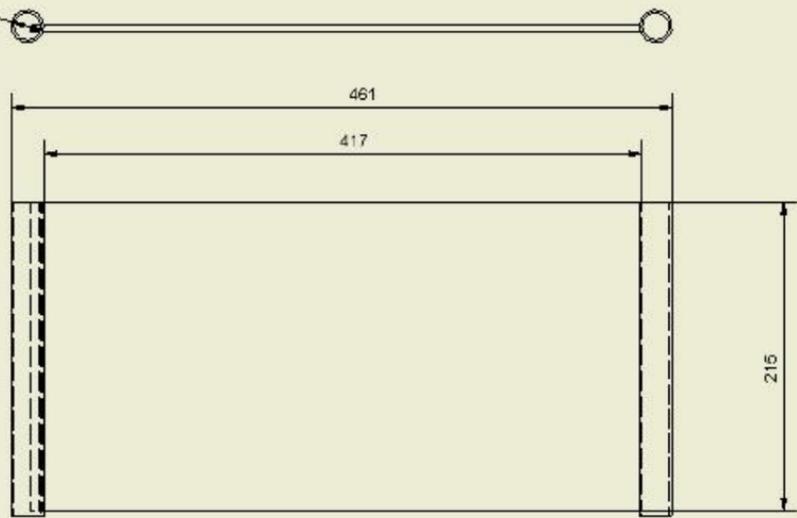


Material				Material			
N°	C.	PART NUMBER	DESCRIPCION	N°	C.	PART NUMBER	DESCRIPCION
2	1	Backrest	Backrest fabric material: M. Tissue color: Grey	1	1	Armrest	Armrest fabric material: M. Tissue color: Grey
mm		cantidad: 2	Descripción: Componente del espaldar				U.C.V
Diseñado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Fecha:	
M Perez/G Moreno		Othman Falcon		Othman Falcon		04/12/2003	
Fondo de la mesa				Tapicoria del Espaldar			
Proyecto Centauro				Normas ISO		Edición 0	
						Sheet 04/00	

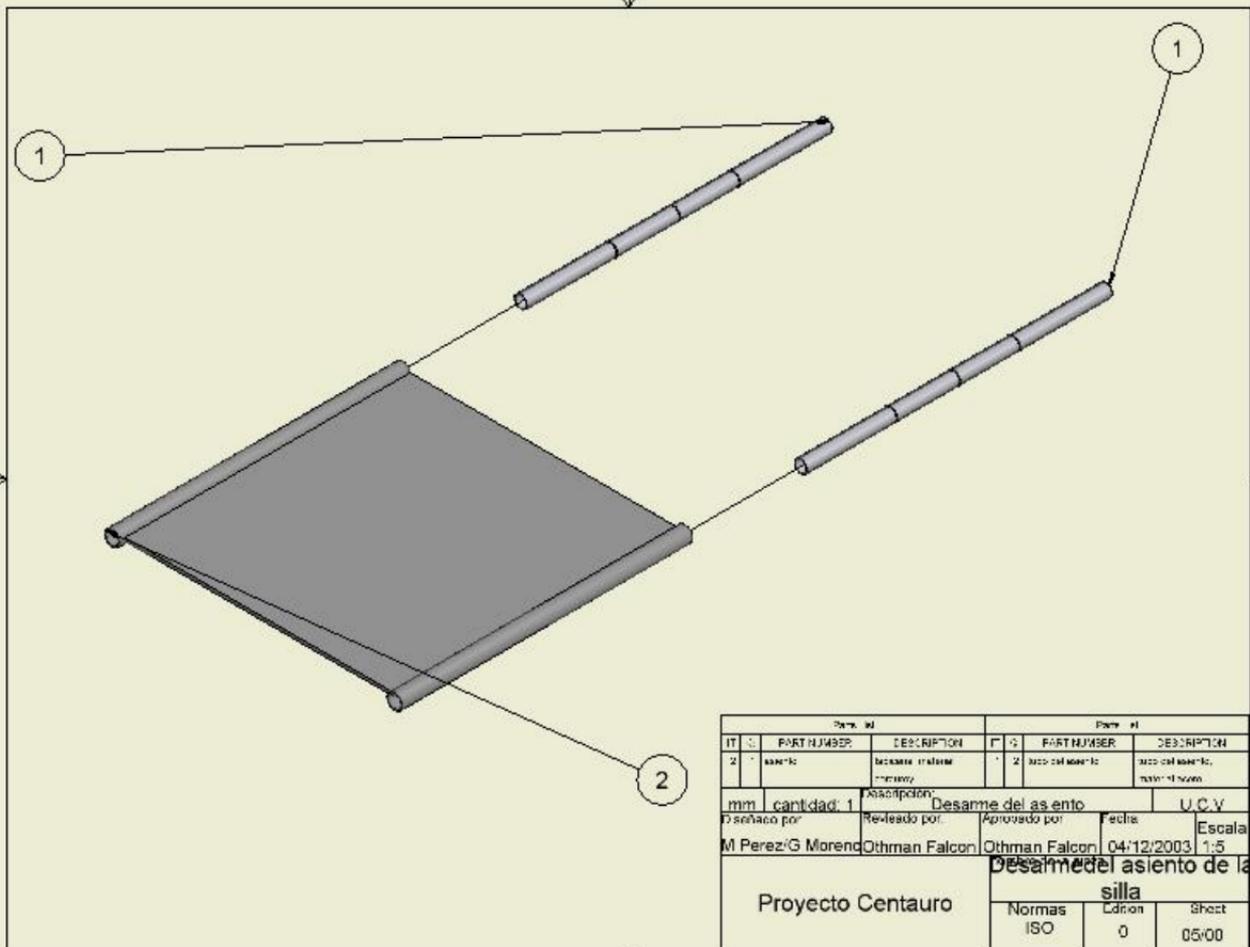


mm	cantidad: 2	Material: Tubos de acero pulido		U.C.V		
Diseñado por:		Revisado por:		Producido por:		
M Perez/G Moreno		Othman Falcon		Othman Falcon		
		Fecha de la última		Fecha		
				04/12/2003		
				Escala		
				0,8:1		
Proyecto Centauro				Espaldar		
				Normas ISO	Edición	Sheet
					0	04/01

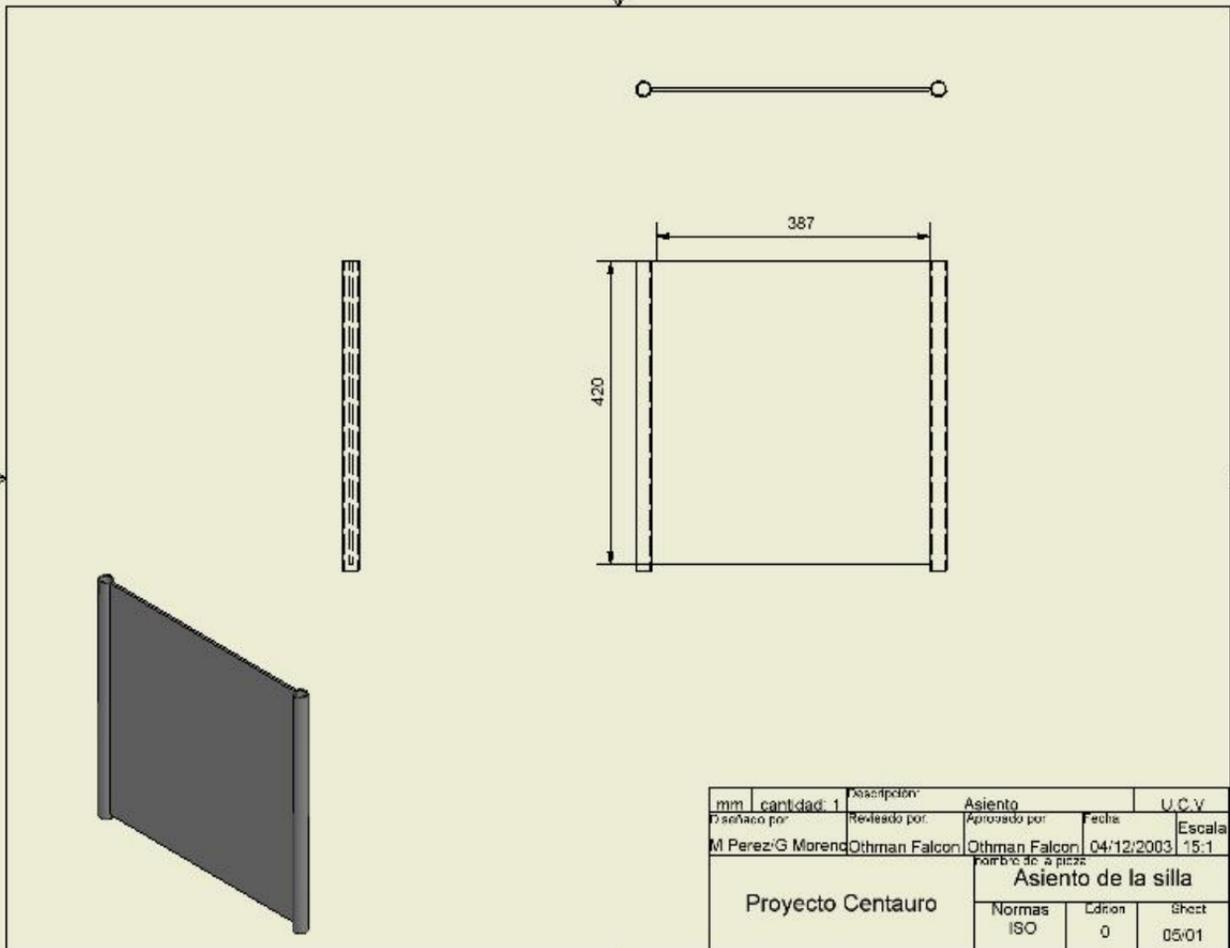
Ø23



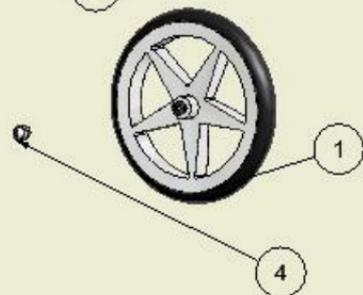
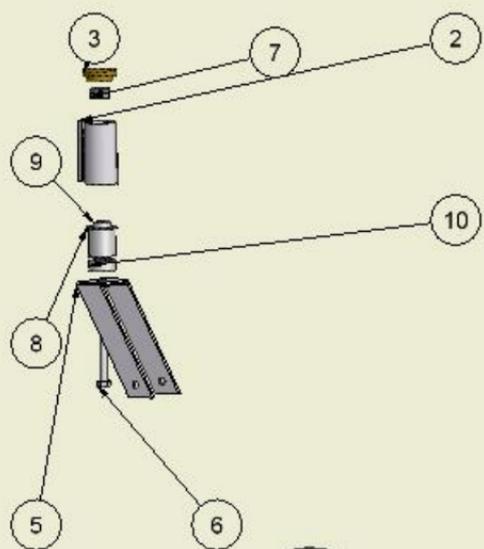
mm	cantidad: 2	Componente del espaldar		U.C.V
Diseñado por	Revisado por:	Elaborado por:	Fecha	Escala
M Perez G Moreno	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	0,3:1
Proyecto Centauro		Tapicoria del Espaldar		
		Normas ISO	Edición 0	Sheet 04/02



Partes del				Partes del			
IT	Q	PART NUMBER	DESCRIPTION	IT	Q	PART NUMBER	DESCRIPTION
2	1	1000000	Asiento	1	4	1000000	Soporte del asiento
mm		cantidad: 1	Asociación	Desarme del asiento			U.C.V
Diseñado por		Revisado por	Aprobado por	Fecha		Escala	
M Perez/G Moreno		Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003		1:5	
Proyecto Centauro				Desarme del asiento de la silla			
Normas ISO		Edición 0		Sheet		05/00	

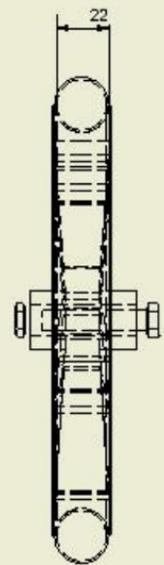
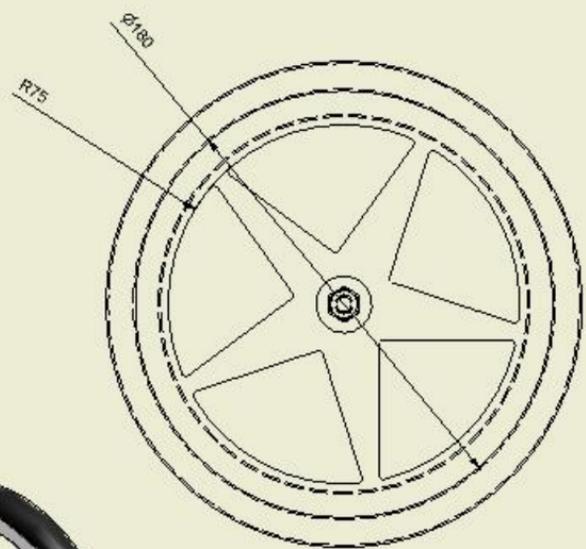


mm	cantidad: 1	Descripción		Asiento		U.C.V
Diseñado por:		Revisado por:		Aprobado por:	Fecha:	Escala:
M Perez/G Moren		Othman Falcon		Othman Falcon	04/12/2003	15:1
Proyecto Centauro				Asiento de la silla		
				Normas ISO	Edición 0	Sheet 05/01

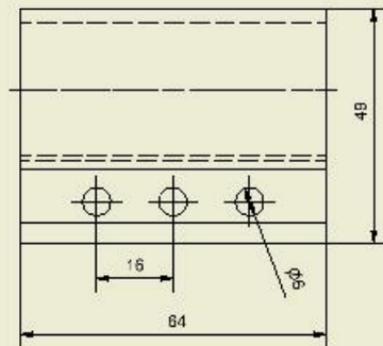
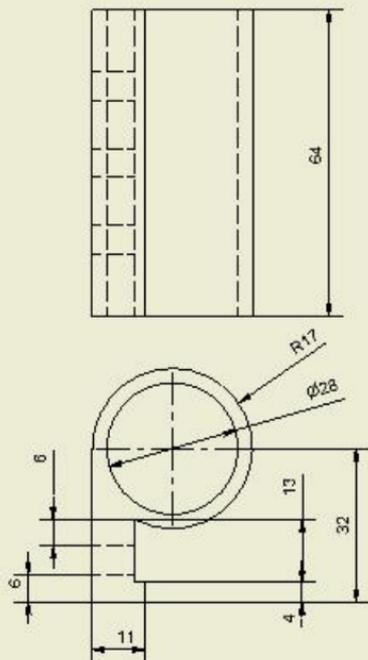
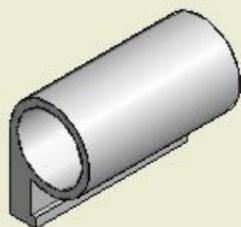


Part #1		Part #2			
P. CT	PART NUMBER	DESCRIPCION	P. CT	PART NUMBER	DESCRIPCION
2	1	Conjunto de eje para el eje con 200 mm	2	1	Rueda de aluminio con 200 mm
2	1	Alm. res.	2	1	Cono para el eje
-	1	30 20.5 - 4 x 180	2	1	Resorte
10	1	Soporte	2	1	Resorte
		Alm. res.	2	1	SO 876

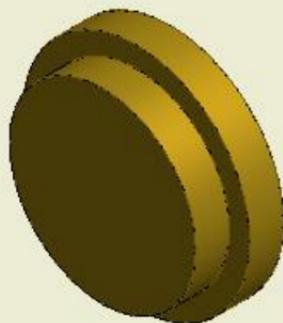
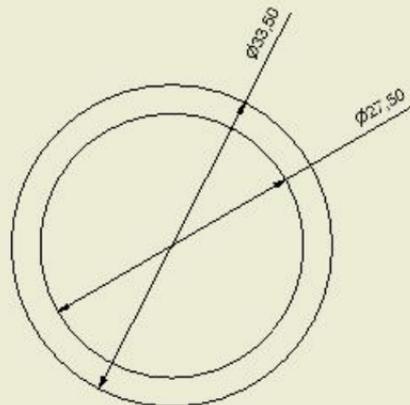
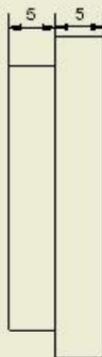
mm	cantidad: 2	Descripción:	U.C.V
Discado por:	Revisado por:	Desarme de rueda delantera	
M Perez/G Moren	Othman Falcon	Aprobado por:	Fecha:
		Othman Falcon	06/12/2003
		Nombre de la pieza:	Escala
		Desarme de ruedas delanteras	1:5
Proyecto centauro		Normas	Fdr on
		ISO	0
		Sheet	06/00



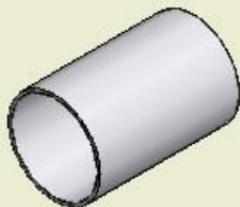
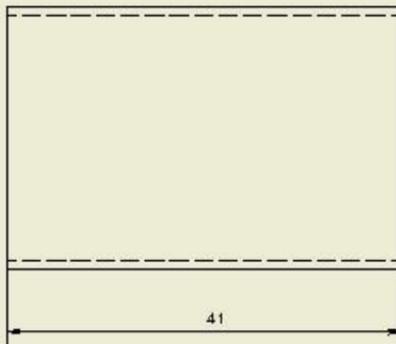
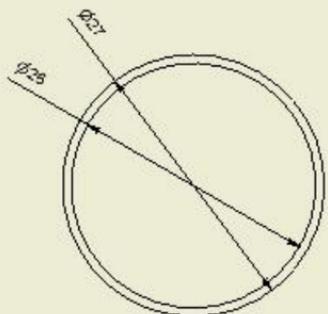
mm.		cantidad 2	Descripción:		U.C.V.
Diserado por:		Componente de ruedas delanteras		Escala	
Revisado por:		Aprobado por:	Fecha:	1:2	
M Perez/G Morend		Othman Falcon	Othman Falcon	05/12/2003	Nombre de la pieza:
Proyecto centauro		Caucho y rin de ruedas delanteras			
Normas	Edición	Sheet			
ISO	0	06/01			



mm	Cantidad: 2	Descripción: Componente de rueda delanteras		U.C.V
Diseñado por	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Escala
M Perez/G Moreno	Othman Falcon	Othman Falcon	05/12/2003	1:1
Proyecto Centauro		Nombre de la pieza: Caster plate		
Normas ISO	Edición	Sheet		
	0	06/02		

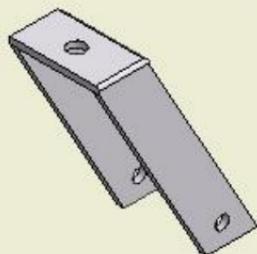
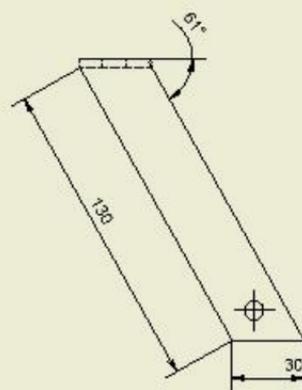
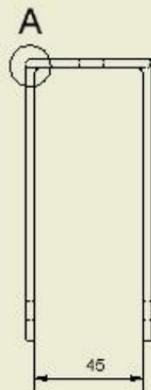
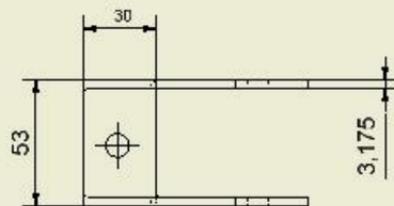


mm	cantidad: 2	Descripción:		U.C.V
Componente de ruedas delanteras				
Disñada por:	Revisado por:	Elaborado por:	Fecha:	Escala:
M Perez/G Moreno	Othman Falcon	Othman Falcon	05/12/2003	2:1
Proyecto Centauro		Nombre de la pieza:		
		Caster plastic		
Normas ISO	Folion	Sheet		
	0	06/03		

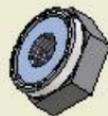
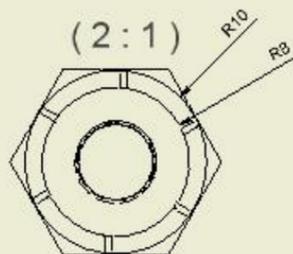
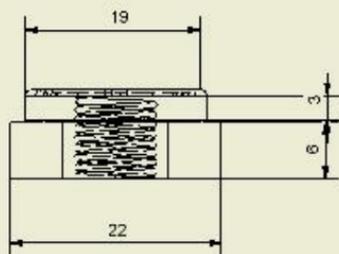


mm	Cantidad: 2	Descripción:		U.C.V
Diseñado por:		Componente de ruedas delanteras		Escala
M Perez/G Moreno		Revisado por:	Aprobado por:	Fecha
		Othman Falcon	Othman Falcon	05/12/2003
		Nombre de la pieza:		
		Caster space		
Proyecto Centauro		Normas	Folion	Sheet
		ISO	0	06/04

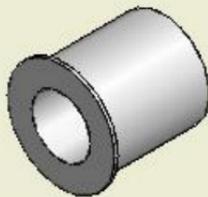
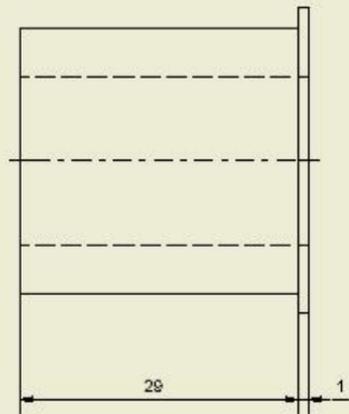
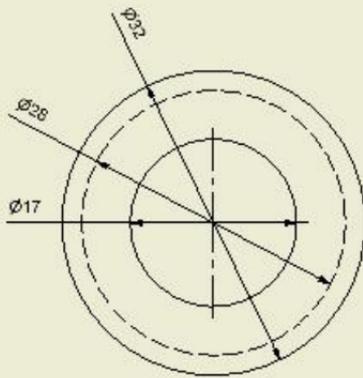
A (1:1)



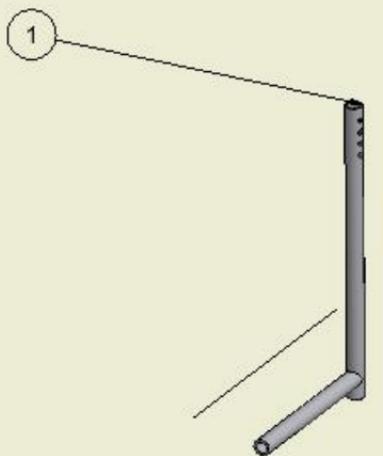
mm	cantidad: 2	Asesor técnico:	Componente de ruedas delanteras		U.C.V
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala:	
M Perez/G Morend	Othman Falcon	Othman Falcon	05/12/2003	1:2	
Nombre de la pieza:			Horquilla		
Proyecto centauro		Normas:	Folion	Sheet	
		ISO	0	06/05	



mm	cantidad 2	Descripción:		U.C.V	
Disegnado por:		Componente de la rueda delantera		Escala	
Revisado por:		Aprobado por:	Fecha:	2:1	
M Perez/G Morend		Othman Falcon	Othman Falcon	05/12/2003	
Nombre de la pieza:					
Nylac nut					
Proyecto centauro		Normas ISO	Folios 0	Sheet 06/07	

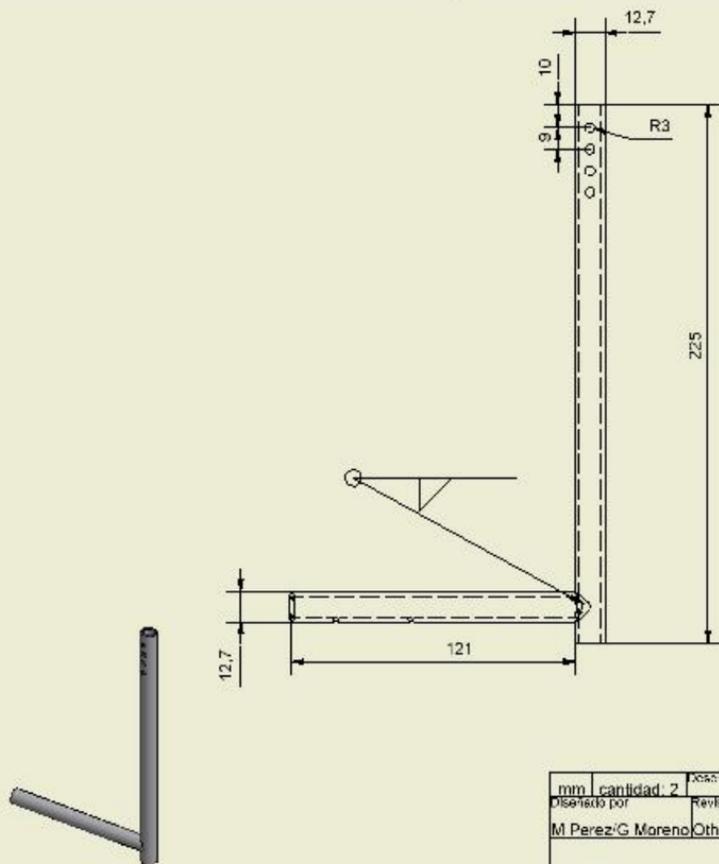


mm		cantidad: 2	Descripción: Componente de la rueda delantera		U.C.V
Discreado por:		Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala:
M Perez/G Moreno		Othman Falcon	Othman Falcon	05/12/2003	2:1
Proyecto centauro			nombre de la pieza:		
			Flange		
			Normas ISO	Edición:	Sheet:
			0	06/08	



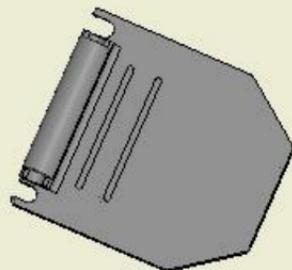
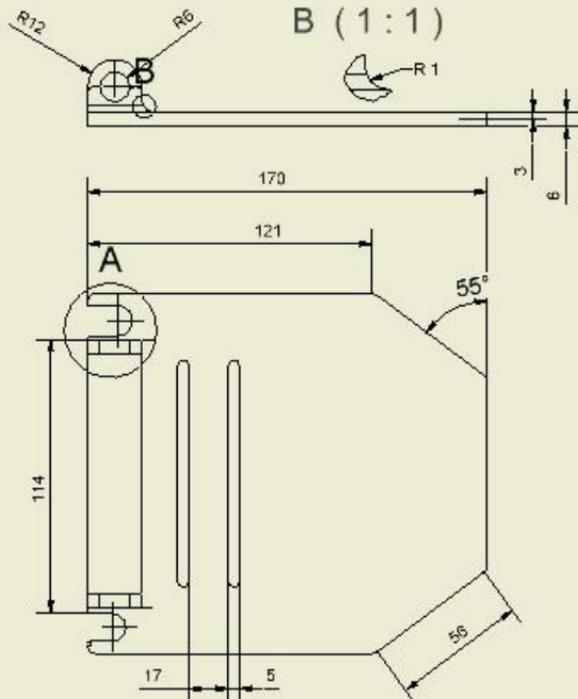
2

Part List			Part List				
I	Q	PART NUMBER	DESCRPTION	I	Q	PART NUMBER	DESCRIPTION
2	1	sopore	componente del posapics	1	1	posapics	Tubo del posapics
mm		cantidad: 2	Desarme del posapics				U.C.V
Diseñado por		Revisado por:		Elaborado por:		Fecha	
M Perez/G Moreno		Othman Falcon		Othman Falcon		04/12/2003	
				Problema de la alaba		Escala	
				Tubo del posapics		0,3:1	
Proyecto Centauro				Normas	Edicion	Sheet	
				ISO	0	07/00	

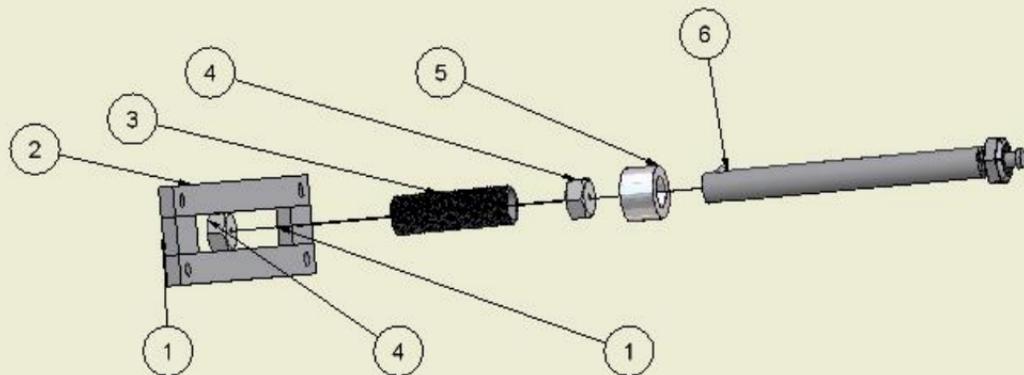


mm	cantidad: 2	Descripción: Tubo de acero pulido		U.C.V
Disenado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala:
M Perez/G Moreno	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	1:2
Nombre de la pieza				
Tubo del posapics				
Normas ISO		Edición	Sheet	
		0	07/01	

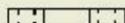
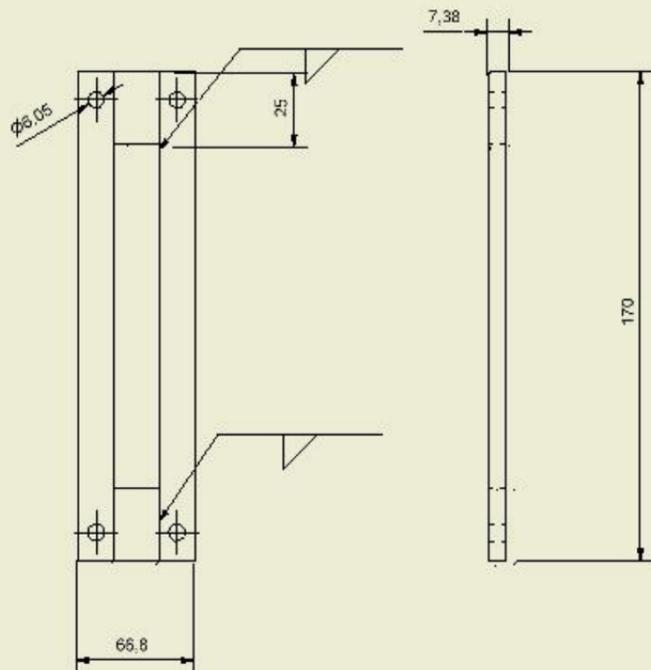
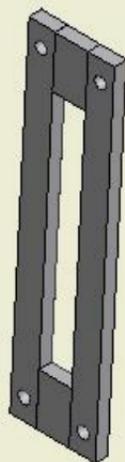
Proyecto Centauro



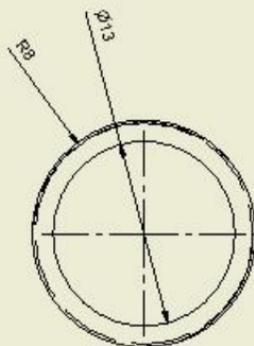
mm	cantidad: 2	Descripción: Componente del posapies		U.C.V
Diseñada por	Revisado por	Aprobado por:	Fecha	Escala
M Perez/G Moreno	Othman Falcon	Othman Falcon	05/12/2003	1:2
Nombre de la pieza:		Pedal del posapies		
Proyecto Centauro		Normas	Fd: on	Sheet
		Iso	0	07/02



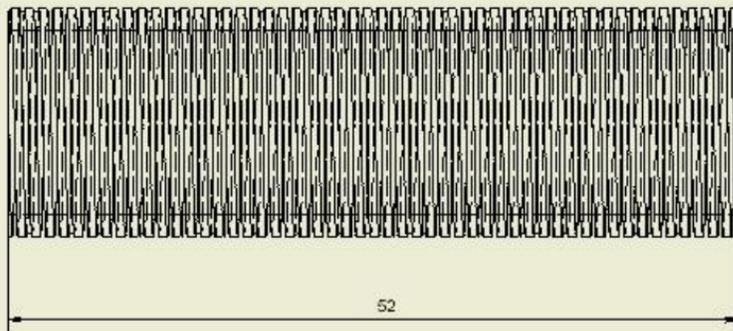
Pieza			Pieza		
ITEM	PART NUMBER	DESCRIPCION	ITEM	PART NUMBER	DESCRIPCION
1	100-2303-10-01	Placa de sujecion de rucdas traseras	1	100-2303-10-02	Pin de sujecion
2		Pin de sujecion de rucdas traseras	2		Pin de sujecion de rucdas traseras
3		Pin de sujecion de rucdas traseras	3		Pin de sujecion de rucdas traseras
4		Pin de sujecion de rucdas traseras	4		Pin de sujecion de rucdas traseras
mm		cantidad: 2	Varios		U.C.V
Diseñado por:		Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Escala
M Perez/G Moreno		Othman Falcon	Othman Falcon	06/12/2003	1:2
Proyecto centauro			Nombre de la pieza		
			Diseño de sistema de sujecion de rucdas traseras		
Normas ISO		Edicion 0	Sheet 08/00		



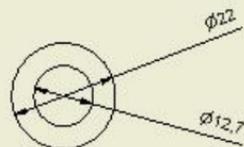
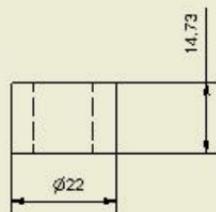
mm	cantidad	2	Nombre de dibujo de soporte y 1,000 de las alas		U.C.V
Diseñado por	Revisado por	Elaborado por	Fecha	Escala	
M Perez/G Moreno	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	0,8:1	
Proyecto Centauro			Soporte de ruedas traseras		
Normas ISO	Edicion	Sheet			
	0	08/01			



(3 : 1)



mm	cantidad: 2	Escala en conforme a las normas de dibujo que se usaron en el proyecto			U.C.V
Diseñado por:	Checkeado por:	Aprobado por:	Date	Escala	
M Perez;G Moren	Othman Falcon	Othman Falcon	05/12/2003	3:1	
Proyecto Centauro		Normas ISO			
		Edición 0		Sheet 08/03	



mm	cantidad: 2	Date of drawing: 04/12/2003		U.C.V
Disenado por	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha	Escala
M Perez/G Moreno	Othman Falcon	Othman Falcon	04/12/2003	1:1
Nombre de la pieza				
Receiver cap				
Proyecto Centauro				
Normas ISO	Edition	Sheet		
	0	08/05		