

**SILLA DE RUEDAS CONTROLADA AUTOMATICAMENTE PARA  
DISCAPACITADOS  
DISEÑO Y CONSTRUCCION**

**AUTORES**

**TERESA DIAZ**

**JULIAN RIVERA GONZALEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS  
ESCUELAS DE INGENIERIA MECANICA Y DISEÑO MECANICO  
BUCARAMANGA**

**2004**

**SILLA DE RUEDAS CONTROLADA AUTOMATICAMENTE PARA  
DISCAPACITADOS  
DISEÑO Y CONSTRUCCION**

**AUTORES**

Trabajo de grado para optar a los títulos de:

Diseñadora industrial: TERESA DIAZ

Ingeniero Mecánico: JULIAN RIVERA GONZALEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS  
ESCUELAS DE INGENIERIA MECANICA Y DISEÑO MECANICO  
BUCARAMANGA**

**2004**

Dedico este logro a Dios porque sin el nada es posible, porque me dio la vida, la sabiduría, inteligencia y fortaleza y porque fue siempre el amigo perfecto que me guió para culminar felizmente este reto en mi vida.

A mis padres José y Elisa quienes se han preocupado siempre por mi educación y por brindarme su apoyo, su orientación y amor en todos los momentos de mi vida.

A mis hermanas Martha, Olga y Monica por brindarme su comprensión y apoyo en los momentos difíciles. A mis sobrinos Fredy, Yuly, Yurleisy y Dary; quienes llenan de alegría, ternura y bondad mi vida. Y a mi cuñado Edwin por su valiosa colaboración.

A mi novia Gloria Patricia porque siempre ha estado presente para ayudarme, darme su punto de vista, su apoyo sincero y lo más importante su amor que es pleno y bueno, y que me ha ayudado a superar los obstáculos que se presentaron durante este proyecto. Además ella es quien da sabor a mi vida y me da motivos para soñar con Diana María y Juan David por quienes hago todo en mi vida.

A todos los profesores y amigos que me colaboraron con sus ideas, conocimientos y trabajo dedicado y desinteresado en el desarrollo del proyecto.

**Juliá**

Dedico este proyecto a Dios, porque nos dio su guía en todo momento.

A mi familia que me han brindado su apoyo incondicional siempre.

A mi novio que me ha tenido mucha paciencia y que me ha brindado su compañía y su apoyo.

A todas aquellas personas que de alguna manera nos colaboraron para llevar a feliz termino esta tarea.

**Teresa**

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Ing. Omar Gelves Arocha, Director del proyecto, por sus aportes en el desarrollo del proyecto.

Francisco Espinel, codirector del proyecto, por las ideas que sirvieron para orientar el proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander, porque nos brindó los conocimientos y la formación necesaria para superar los problemas que se presentaron en desarrollo del proyecto.

A todos los profesores que dieron sus valiosos aportes entre los que resaltamos al profesor Edgar Rodríguez, quien fue un continuo e incansable colaborador, que gracias a sus conocimientos y experiencia ayudó al logro de nuestra meta.

Además agradecemos la colaboración de muchas personas que nos enseñaron otras formas de ver y solucionar los problemas que se presentaban a nuestro paso y que participaron con su trabajo en este proyecto, entre ellos podemos mencionar a las siguientes personas: Miguel, José Suarez Bautista, Milton, Enrique Castillo, Hector Rosas Rivera, Luis, Omar Rivera.

**A las personas discapacitadas que nos prestaron su atención para conocer más sus necesidades reales y las características de diseño que podría tener la silla de ruedas.**

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Solucionar el problema de desplazamiento dependiente que presentan los discapacitados con lesión de paraplejía, hemiplejía, cuadriplejía baja por medio de un sistema autónomo de movimiento, con el propósito de mejorar su calidad de vida.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

Debido a que el proyecto se trabaja interdisciplinariamente los objetivos específicos se designan de acuerdo al área que los desarrolla, para lo cual se crean las siguientes convenciones.

-M\* = Objetivo de Ingeniería Mecánica

-D\* = Objetivo de Diseño Industrial

-M\*D\* = Objetivo de evaluación conjunta.

1) M\* D\* Realizar una recopilación y análisis histórico de los sistemas de movilidad para discapacitados.

2) M\*D\* Conocer acerca de las causas que provocan una discapacidad temporal o permanente.

3) M\*D\* Investigar los tipos de lesiones físicas que caracterizan a un discapacitado con hemiplejía, paraplejía, cuadriplejía baja.

**OBJETIVO ESPECÍFICO:** Diseñar y construir una silla de ruedas controlada automáticamente, que cumpla los siguientes objetivos:

4) D\* Analizar los conceptos ergonómicos, antropométricos, semióticos y biomecánicos que influyen en el diseño de un sistema autónomo de movilidad para un discapacitado (que incluye estructura, asiento, espaldar y demás accesorios de la silla de ruedas).

5) M\* Diseñar un sistema mecánico de transmisión de potencia para el funcionamiento de la silla de ruedas.

- 6) M\*D\* Adaptar un sistema de control electrónico que permita el accionamiento automático por medio de un mando de control de cómodo uso.
- 7) M\* Seleccionar un sistema de energía adecuado a las necesidades de diseño requeridas.
- 8) M\*D\* Lograr que el sistema de movilidad sea tan versátil que pueda ser accionado de forma automática y manual.
- 9) M\*D\* Definir y seleccionar los materiales en que se construirá la silla de ruedas.
- 10) M\*D\* Diseñar un sistema plegable para facilitar el transporte de la silla de ruedas.
- 11) D\*M\* Construir un prototipo funcional.
- 12) D\* Proponer un posible sistema de empaque y embalaje para el objeto propuesto.
- 13) M\*D\* Realizar una prueba de funcionamiento de la silla de ruedas con una persona discapacitada y evaluar los resultados.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>1. ASPECTOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE LA SILLA DE RUEDAS</b>	4
1.1 ASPECTOS IMPORTANTES DE MEDICINA PARA DISCAPACITADOS	4
1.1.1 DISCAPACIDAD	4
1.1.2 REHABILITACIÓN	6
1.2 ESTADISTICAS DE LA POBLACIÓN DISCAPACITADA EN COLOMBIA	7
1.3 COSTOS DE LAS SILLAS DE RUEDAS	8
<b>2. GENERALIDADES DE LA SILLA DE RUEDAS</b>	9
2.1 EVOLUCIÓN HISTORICA Y ESTADO DEL ARTE	9
2.1.1 APARICIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS MANUAL	9
2.1.2 APARICIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS AUTOMATICA	10
2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SILLAS DE RUEDAS	10
2.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA SILLA DE RUEDAS MANUAL	14
2.3.1 COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA SILLA DE RUEDAS MANUAL	15
2.3.1.1 ARMAZON	15
2.3.1.2 RUEDAS Y LLANTAS	15
2.3.1.3 TRABAS DE LAS RUEDAS	17
2.3.1.4 FRENOS	17
2.3.1.5 SUPLEMENTOS GRADUABLES	17
2.3.1.6 ASIENTO Y RESPALDO	18
2.3.1.7 APOYABRAZOS	18
2.3.1.8 SOPORTE PARA LA PIERNA Y EL PIE	19
2.3.1.9 TAPIZADO	19
2.3.1.10 ALMOHADONES Y SISTEMAS DE ASIENTOS	19
2.4 DESCRPCIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS AUTOMATICA CON PROPULSION MECANICA	20
2.4.1 CARACTERISTICAS DE POTENCIA	21

<b>3. ANALISIS ERGONOMICO, ANTROPOMETRICO Y BIOMECANICO</b>	<b>23</b>
3.1 GENERALIDADES	23
3.1.1 PORCENTAJES DE PESO DE LAS PARTES DEL CUERPO HUMANO	23
3.1.2 CONSIDERACIONES RESPECTO AL USO DE LOS MIEMBROS SUPERIORES	24
3.1.3 CONSIDERACIONES RESPECTO AL USO DE LAS MANOS	26
3.1.4 DIMENSIONES DE LOS PIES	28
3.1.5 CONSIDERACIONES SOBRE LA VISION EN POSICIÓN SEDENTE	28
3.1.6 CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE LOS CONTROLES	30
3.2 COLUMNA VERTEBRAL	31
3.3 MEDIDA DE LA FUNCIÓN MUSCULOESQUELETICA	32
3.3.1 CUANTIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO TOTAL	33
3.4 POSICION SÉDENTE	37
3.4.1 POSTURA	37
3.4.2 ASPECTOS ORTOPEDICOS DE LA POSICIÓN SEDENTE	39
3.4.3 ASPECTOS MUSCULARES DE LA POSICIÓN SEDENTE	39
3.4.4 ASPECTOS CONDUCTUALES DE LA POSICIÓN SEDENTE	40
3.4.5 CONSIDERACIONES ANTROPOMETRICAS EN EL DISEÑO DE UN ASIENTO	42
3.4.5.1 ASIENTOS	43
3.4.5.2 CONSIDERACIONES PARA EL ALMOHADON Y LOS SISTEMAS DE ASIENTO PARA LA SILLA DE RUEDAS	46
3.4.6 CONSIDERACIONES PARA EL ESPALDAR	47
3.4.7 CONSIDERACIONES PARA LOS APOYABRAZOS	49
3.4.8 CONSIDERACIONES PARA LOS APOYAPIES	49
3.5 DIMENSIONES DE LA SILLA DE RUEDAS	49
3.6 GEOMETRIA Y BIOMECANICA	50
3.6.1 VALORACION DE LA GEOMETRIA Y PARAMETROS MECANICOS SOBRE EL ASIENTO DE LA SILLA DE RUEDAS	50
3.6.2 FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO	51
3.6.3 TRASLADOS HACIA LA SILLA DE RUEDAS Y DESDE ELLA	53
3.6.4 ANALISIS DE LA PROPULSION MANUAL DE LA SILLA DE RUEDAS	53
3.7 RELACION DE LA REHABILITACION CON LA INACTIVIDAD	54
3.8 PRESCRIPCION DE LA SILLA DE RUEDAS	55
3.9 ACCESIBILIDAD	57
3.9.1 SILLAS DE RUEDAS Y ASIENTOS	58

3.9.2 CAMINOS ACCESIBLES	58
3.9.3 LAS RAMPAS	59
3.9.4 LOS RETRETES	59
<b>4. ASPECTOS GENERALES DE DISEÑO</b>	<b>60</b>
4.1 CONCEPTOS BASICOS APLICADOS	60
4.1.1 ASPECTO FORMAL	60
4.1.2 ASPECTO DE COLORES	60
4.1.3 ASPECTO DE TEXTURAS	61
4.1.4 ASPECTO DE USO Y MANTENIMIENTO	61
4.1.5 ASPECTO DE SEMIOTICA Y PERCEPCION	62
4.2 ANALISIS DE MATERIALES	63
4.2.1 ALUMINIO	63
4.2.2 TELA	64
4.2.3 HULE	65
4.2.4 POLIURETANO	66
4.2.5 RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO	68
4.2.6 MATERIAL DE LOS RESORTES DE LA COJINERIA	69
4.3 ANALISIS DE CADA PARTE DE LA SILLA	69
4.3.1 ESTRUCTURA GENERAL	69
4.3.2 ACCESORIOS	72
4.3.2.1 APOYABRAZOS	72
4.3.2.2 APOYAPIES	72
4.3.2.3 SISTEMA DE RECLINADO DEL ESPALDAR	73
4.3.3 COJINES Y ALMOHADONES	74
4.3.3.1 ASIEN TO	76
4.3.3.2 ESPALDAR	81
4.3.3.3 COJIN DEL CABECERO	84
4.3.3.4 COJIN DEL APOYABRAZO	85
4.3.3.5 COJIN DEL APOYAGEMELOS	86
4.3.4 CARCASA PARA EL MOTOR	87
4.3.5 CARCASA DEL JOYSTICK	88
4.4 RESULTADO FINAL	89
<b>5. ANALISIS MECANICO</b>	<b>91</b>
5.1 DISEÑO ESTRUCTURAL	91
5.1.1 CARACTERISTICAS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA SILLA	91

5.1.2 ETAPAS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL	92
5.1.2.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL	92
5.1.2.2 SELECCIÓN DE LA PERSONA MODELO PARA DISEÑAR LA SILLA	92
5.1.2.3 TOMA DE DIMENSIONES	93
5.1.2.4 CALCULO ESTRUCTURAL	95
5.2 SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGIA	108
5.2.1 MOTORES TERMICOS	108
5.2.1.1 MOTOR DIESEL	110
5.2.1.2 MOTOR OTTO	111
5.2.1.3 MOTOR DE GAS NATURAL	113
5.2.2 SISTEMA DE ENERGIA SOLAR	115
5.2.2.1 EFECTO FOTOVOLTAICO	116
5.2.2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	117
5.2.2.3 PROCESO DE CALCULO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL ACUMULADOR Y EL NUMERO DE PANELES	119
5.2.3 SISTEMA CON ACUMULADORES ELECTRICOS (BATERIAS)	124
5.2.3.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LAS BATERIAS ELECTRICAS	125
5.2.3.2 TIPOS DE ACUMULADORES	127
5.2.3.3 REACCIÓN QUIMICA DE CARGA Y DESCARGA	128
5.2.3.4 CARACTERISTICAS FUNCIONALES DEL ACUMULADOR	129
5.2.3.5 ASOCIACIÓN DE ACUMULADORES	132
5.2.3.6 RENDIMIENTO DE LA BATERIA	132
5.2.4 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGIA	133
5.3 MECANISMOS Y ELEMENTOS DE LOCOMOCIÓN	133
5.3.1 CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA EL DISEÑO DE LA SILLA DE RUEDAS	133
5.3.2 CENTRO DE GRAVEDAD	134
5.3.2.1 CENTRO DE GRAVEDAD DEL PASAJERO	135
5.3.2.2 CENTRO DE GRAVEDAD DE LA ESTRUCTURA, LA COJINERIA, EL JOYSTICK Y LAS RUEDAS DE LA SILLA	136
5.3.2.3 CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS MECANISMOS Y ELEMENTOS DE LOCOMOCIÓN Y DE LOS SISTEMAS ELECTRICO Y DE SUMINISTRO DE ENERGIA	137
5.3.3 ANÁLISIS DINÁMICO	138
5.3.3.1 ANALISIS CINEMATICO	141
5.3.4 POTENCIA REQUERIDA PARA CADA MOTOR	142

5.3.5 MOTOR ELECTRICO	143
5.3.6 MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	144
5.3.6.1 JUNTAS UNIVERSALES DOBLES	144
5.3.6.2 EJE ESTRIADO	145
5.3.6.3 ACOPLÉ ESTRIADO	146
5.3.6.4 RODAMIENTO	146
5.3.6.5 RUEDA TRASERA	148
5.3.7 MECANISMO DE AMORTIGUACIÓN DE LA RUEDA TRASERA	148
5.3.8 DISPOSITIVO DE BLOQUEO DE LA RUEDA TRASERA	149
5.3.9 RUEDA DELANTERA	150
5.3.10 MECANISMO DE AMORTIGUACIÓN DE LA RUEDA DELANTERA	151
<b>6. ANALISIS ELECTRICO</b>	<b>153</b>
6.1 MOTOR ELECTRICO DE CORRIENTE CONTINUA	153
6.1.1 PAR DESARROLLADO POR UN MOTOR	153
6.1.2 VELOCIDAD DEL MOTOR	155
6.1.3 POTENCIA INTERNA DESARROLLADA POR LA ARMADURA	155
6.1.4 TIPOS DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA	156
6.1.4.1 MOTOR EN DERIVACIÓN	156
6.1.4.2 MOTOR EN SERIE	157
6.1.4.3 MOTOR COMPUESTO	159
6.1.5 CONTROLES DE LOS MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA	161
6.1.5.1 INVERSIÓN DEL SENTIDO DE ROTACIÓN DEL MOTOR	161
6.2 FUNCIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA ELECTRICO	162
6.2.1 CONTROL DE LA PUESTA EN MARCHA Y CAMBIO EN EL SENTIDO DE ROTACIÓN DE LOS MOTORES ELECTRICOS	163
6.2.2 AVISO DE BAJA ENERGIA DEL ACUMULADOR ELECTRICO	165
6.2.3 CARGADOR DEL ACUMULADOR ELECTRICO	167
6.2.3.1 PROCESO DE CARGA DEL ACUMULADOR ELECTRICO	169
6.2.4 CONTROLES DE LOS ACCESORIOS DE ILUMINACIÓN Y DE SONIDO	171
<b>7. CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO</b>	<b>173</b>
7.1 ELABORACION DE LA ESTRUCTURA BASICA DE LA SILLA DE RUEDAS	173
7.2 ELABORACION DE LOS APOYAPIES	175
7.3 ELABORACION DE LOS APOYABRAZOS	177
7.4 ELABORACION DE LA ESTRUCTURA SOPORTE DEL MOTOR	177
	<b>Pág.</b>

7.5 ELABORACION DEL SISTEMA MECANICO	178
7.6 MONTAJE DE LOS SISTEMAS ELECTRICO Y DE SUMINISTRO DE ENERGIA	180
7.7 ELABORACION DE LAS CARCASAS DEL COMPARTIMIENTO Y DEL JOYSTICK	180
7.8 ELABORACION DE ALMOHADONES PARA LA SILLA DE RUEDAS	182
7.9 DESCRIPCION DE LA MAQUINARIA USADA PARA LA ELABORACION DE LA SILLA	184
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>187</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>188</b>
BIBLIOGRAFIA	189
<b>ANEXOS</b>	<b>193</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Sillas de ruedas según su accionamiento.	11
Tabla 2. Sillas de ruedas según la actividad.	12
Tabla 3. Sillas de ruedas de acuerdo al tipo de paciente.	13
Tabla 4. Partes de una silla de ruedas manual.	14
Tabla 5. Ubicación de las ruedas de propulsión.	16
Tabla 6. Tipos de sillas de ruedas automáticas.	20
Tabla 7. Algunos ejemplos de sillas de ruedas automáticas.	21
Tabla 8. Porcentajes de peso de las partes del cuerpo humano.	23
Tabla 9. Consideraciones respecto al uso de los miembros superiores.	24
Tabla 10. Valores de resistencia de palancas para percentil 5° .	25
Tabla 11. Valores de resistencia de palanca para el brazo izquierdo.	25
Tabla 12. Valores de carga máxima para el brazo izquierdo.	25
Tabla 13. Medidas y cargas para los controles más comunes.	26
Tabla 14. Dimensiones de la mano.	27
Tabla 15. Medidas de los pies.	28
Tabla 16. Parámetros de visión para el diseño de controles.	29
Tabla 17. Movimiento de las articulaciones del cuerpo.	33
Tabla 18. Consumo de oxígeno y ritmo cardíaco.	37
Tabla 19. Orientación de la presión isquial en posición sédente.	41
Tabla 20. Rangos de medida y funciones para las partes de un asiento de acuerdo a la actividad que se realice.	42
Tabla 21. Consideraciones en el diseño de un asiento cómodo.	44
Tabla 22. Tipos de almohadones.	48
Tabla 23. Dimensiones para el diseño de un apoyabrazos.	49
Tabla 24. Variabilidad de los parámetros mecánicos.	51
Tabla 25. Energía para desplazarse sobre diferentes superficies.	52
Tabla 26. Descripción del ciclo de accionamiento manual de una silla de ruedas.	53
Tabla 27. Materiales usados en la elaboración de la silla de ruedas propuesta.	62
Tabla 28. Estructuras básicas de las actuales sillas de ruedas.	70
Tabla 29. Esquemas de alternativas en las que se basó el diseño de la silla de ruedas.	70

**Pág.**

Tabla 30. Estructura básica del apoyabrazo.	72
Tabla 31. Estructura del apoyapies.	73
Tabla 32. Acople del sistema de reclinado.	73
Tabla 33. Ventajas y desventajas de los dos sistemas de soporte existentes para las sillas de ruedas.	75
Tabla 34. Sistemas de soporte analizados para los almohadones de la silla de ruedas.	76
Tabla 35. Pruebas de los resortes trabajando a flexión.	77
Tabla 36. Almohadones encontrados en la investigación del proyecto.	78
Tabla 37. Diagrama en proyección de un sujeto típico sentado en una Silla de ruedas.	79
Tabla 38. Forma general de los almohadones para el asiento.	79
Tabla 39. Formas del espaldar.	81
Tabla 40. Disposición de las espumas dentro de los almohadones.	81
Tabla 41. Análisis del cojín soporte de la cabeza.	84
Tabla 42. Forma del almohadón para el apoyo de la cabeza.	85
Tabla 43. Diseño del apoyabrazo.	85
Tabla 44. Diseño de los apoyagemelos.	86
Tabla 45. Carcasa del motor.	88
Tabla 46. Carcasa del joystick.	88
Tabla 47. Silla de ruedas diseñada en este proyecto.	89
Tabla 48. Distribución del peso en Kg para cada parte del cuerpo.	95
Tabla 49. Cálculo de los elementos del espaldar y su reclinado.	97
Tabla 50. Cálculo de los elementos del asiento.	99
Tabla 51. Cálculo de los elementos del apoyabrazos.	100
Tabla 52. Cálculo de los elementos del apoyapies.	102
Tabla 53. Cálculo de los elementos del reclinado del apoyapies.	103
Tabla 54. Cálculo de las estructuras principales de soporte.	105
Tabla 55. Cálculo de los soportes del compartimiento de los sistemas mecánico y eléctrico.	106
Tabla 56. Secuencia de elaboración de la estructura básica.	173
Tabla 57. Secuencia de elaboración de los apoyapies.	176
Tabla 58. Secuencia de elaboración de los apoyabrazos.	177
Tabla 59. Secuencia de elaboración de la estructura soporte del motor.	177
Tabla 60. Secuencia de armado del sistema mecánico.	178

	<b>Pág.</b>
Tabla 61. Secuencia de montaje de los sistemas eléctrico y de suministro de energía.	180
Tabla 62. Secuencia de elaboración de las carcasas del compartimiento y del joystick.	180
Tabla 63. Armado de los almohadones de espuma.	182
Tabla 64. Secuencia de tapizado de los cojines.	183
Tabla 65. Maquinaria usada en la elaboración de la silla.	184

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Columna Vertebral	31
Figura 2. Dimensiones de la silla de ruedas	49
Figura 3. Vista frontal de la silla de ruedas	93
Figura 4. Vista lateral de la silla de ruedas	94
Figura 5. Cargas aplicadas sobre el espaldar, el soporte del cabecero y el cabecero (medidas en cm.)	96
Figura 6. Cargas aplicadas al reclinado del espaldar	97
Figura 7. Aplicación de cargas sobre el asiento (medidas en cm.)	98
Figura 8. Aplicación de cargas sobre el apoyabrazos (medidas en cm.)	100
Figura 9. Elementos del apoyapies (vistas frontal, lateral izquierda y superior)	101
Figura 10. Elementos del reclinado del apoyapies	103
Figura 11. Estructuras principales de soporte de la silla (medidas en cm.)	104
Figura 12. Estructura soporte del compartimento	106
Figura 13. Estructura guía	107
Figura 14. Generación de energía eléctrica. Los electrones son forzados hacia el circuito externo por los fotones incidentes	117
Figura 15. Elemento electrolítico suministrando corriente	126
Figura 16. Cargas y dimensiones para el cálculo del centro de gravedad del pasajero	135
Figura 17. Cargas y dimensiones para el cálculo del centro de gravedad de la estructura, la cojinería, el joystick y las ruedas de la silla	136
Figura 18. Centro de gravedad total $\overline{C\overline{G}_T}$	138
Figura 19. Diagrama de cuerpo libre de la silla	139
Figura 20. Diagrama cinético de la silla.	140
Figura 21. Diagrama de cuerpo libre para la rueda trasera	141
Figura 22. Motor eléctrico de 12 voltios y corriente continua (vista frontal, superior y lateral derecha)	143
Figura 23. Mecanismo de transmisión de potencia	144
Figura 24. Juntas universales dobles	145
Figura 25. Eje estriado de la junta	146

	<b>Pág.</b>
Figura 26. Acople estriado	146
Figura 27. Rodamiento radial de bolas	147
Figura 28. Rueda trasera	148
Figura 29. Mecanismo de amortiguación de la rueda trasera	149
Figura 30. Dispositivo de bloqueo de la rueda trasera	150
Figura 31. Rueda delantera	151
Figura 32. Mecanismo de amortiguación de la rueda delantera	152
Figura 33. Tuerca del vástago, cilindro de unión, tornillo de sujeción y resorte	152
Figura 34. Par desarrollado por los conductores del inducido de un motor	154
Figura 35. Circuito de control de los motores eléctricos	163
Figura 36. Interruptor inversor	164
Figura 37. Joystick	165
Figura 38. Circuito de aviso de baja energía en la batería	166
Figura 39. Leds de señal de aviso	166
Figura 40. Potenciómetro	167
Figura 41. Circuito de carga de la batería	168
Figura 42. Diodo rectificador	168
Figura 43. Multímetro	168
Figura 44. Accesorios de la silla	172

## LISTA DE FOTOS

	<b>Pág.</b>
Foto 1. Formas de Aluminio disponibles en el mercado.	63
Foto 2. Tela utilizada como forro del almohadón.	64
Foto 3. Liencillo utilizado como material aislante.	65
Foto 4. Hule utilizado como forro de almohadones	65
Foto 5. Tipos de espumas.	66
Foto 6. Espumilla utilizada como entretela.	68
Foto 7. Carcasa fabricada con fibra de vidrio.	68
Foto 8. Tipos de resorte utilizados como soporte de los almohadones.	69
Foto 9. Almohadones diseñados para la silla de ruedas.	74
Foto 10. Tipos de espumas usadas en la fabricación de la silla.	80

## LISTA DE GRAFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1. Esquema de forma y tamaño de las espumas antiescaras.	67
Gráfica 2. Capacidad relativa de una batería en función del tiempo de descarga.	129
Gráfica 3. Voltaje de la batería contra el estado de carga de la batería.	169
Gráfica 4. Ciclo de carga de una batería de plomo – ácido.	171

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO A.</b> ASPECTOS MEDICOS PARA DISCAPACITADOS	194
<b>ANEXO B.</b> ESTADISTICAS DEL DANE	215
<b>ANEXO C.</b> ENCUESTA	219
<b>ANEXO D.</b> CATALOGO DE ALUMINA	221
<b>ANEXO E.</b> CATALOGO DE POLIURETANO	225
<b>ANEXO F.</b> CATALOGO DE RODACHINES	227
<b>ANEXO G.</b> CATALOGOS DE BATERIAS	229
<b>ANEXO H.</b> PLANOS TECNICOS	233

## SILLA DE RUEDAS CONTROLADA AUTOMATICAMENTE PARA DISCAPACITADOS DISEÑO Y CONSTRUCCION\*

DIAZ, Teresa y RIVERA G. Julián\*\*

Universidad Industrial de Santander. Escuelas de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial.

**Palabras Claves:** silla de ruedas, espuma de volutas, resortes, úlceras isquémicas, comodidad, persona discapacitada.

### **Resumen**

Este proyecto muestra el desarrollo de una silla de ruedas con propulsión mecánica que puede ser propulsada manualmente. Ella puede ser desacoplada de la propulsión mecánica y puede ser maniobrada por el paciente con sus manos. Esto permite que la persona discapacitada no se quede inmóvil cuando la energía de las baterías se agota.

Previamente a esta investigación se entrevistó a las personas discapacitadas de la ciudad y estas entrevistas mostraron la necesidad de que la silla tuviera la posibilidad de ser maniobrada tanto manual como automáticamente por esto se desarrolló este proyecto.

Este proyecto es realizado con tecnología del país y de la manera más simple posible para encontrar una solución a un problema de la comunidad local. En este proyecto se usó un motor de 0.16 H.P. para cada rueda y se obtuvo una velocidad aproximada de 6 Km./h. También se obtuvo mucha comodidad para el discapacitado con el diseño de una cojinería especial que disminuye la presión isquiática (presión de la cresta iliaca en posición sedente permanente) evitando la formación de úlceras isquémicas. Estos cojines se diseñaron con espumas con volutas y un sistema de resortes que trabaja a flexión y que permite que el almohadón se acomode a la forma del cuerpo y de esta forma proporciona mucha comodidad al paciente. Este proyecto es completamente desarmable y de fácil reparación ya que sus partes se pueden conseguir en el mercado local.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ciencias Físico mecánicas, Escuelas de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial.  
Director Ing. GELVEZ, Omar. D. I. ESPINEL, Francisco.

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF DISABILITIES AUTOMATIC CONTROLLED  
WHEELCHAIR<sup>\*</sup>

DIAZ, Teresa and RIVERA G, Julian.\*\*

University Industrial of Santander. Schools of Mechanic Engineering and Industry Design.

Key words: Wheelchair, eggcrate foam, spring, ischemic ulcers, comfort, disability person.

Abstract.

This project showed the development of the wheelchair with propulsion mechanic that it could be propulsion hand. It can be unclashed of the propulsion mechanic and it can be maneuvered with the hands. This allows that the disability person remain not still when are drained power.

Previous research, are interviewed the disabilities people of the city and this interview show the need of a wheelchair that have will possibility of be managed handily and automatically for this is worked project.

This project is raised with technology of the country and the simple manner for to find a solution to the local problems. Is used this project a motor of 0.1 HP for every wheel and is got approximate speed of 6 km/h. Too is got to give much comfort for disability person and for this is design a cushion with especial foam for diminish the isquatic pressure (sitting pressure of crest iliac) and is avoided the ischemic ulcers. This cushions is designed with eggcrate foam and a system of spring that work tension and it is arranged to form the body and this form is got much comfort. This project is completely disassemble and of simple recondition because its parts is got in the local market.

---

\* Degree Project

\*\* Physical Mechanic Science Faculty, Schools of Mechanic Engineering and Industry Design.  
Advices Ing. GELVEZ, Omar. D.I. ESPINEL, Francisco.

## INTRODUCCIÓN

La silla de ruedas automática es un elemento de locomoción indispensable para la persona discapacitada, tanto es así que es capaz hasta de modificar su personalidad, la forma de ver y de comportarse en el mundo y frente a los seres que lo rodean, la silla convierte al discapacitado en un individuo más alegre, seguro de si mismo e independiente, lo que hace que mejore su interacción con las demás personas facilitándole la expresión de sus emociones y pensamientos; lo que tiene como resultado final su continuo desarrollo personal e integral, mejorando con ello su calidad de vida.

Por ello cada aspecto dentro del diseño y construcción de una silla de ruedas automática debe estar orientado hacia el objetivo primordial de mejorar la calidad de vida de la persona que la utilice, además no es posible que la silla cumpla con este objetivo si no ha sido diseñada y construida teniendo en cuenta las necesidades reales del discapacitado según el contexto social y el medio ambiente real donde habita.

Los conocimientos acerca de las enfermedades y lesiones discapacitantes y de las deficiencias físicas que estas provocan en el discapacitado deben ser suficientemente amplios para que unidos a los conocimientos tecnológicos y a la capacidad del ingeniero y diseñador puedan ser utilizados y aplicados con certeza para poder producir una silla que en realidad cumpla con el logro del objetivo primordial expuesto.

Este proyecto nace de la preocupación de sus participantes de dar solución al problema de dificultad de movilidad que tienen los discapacitados que poseen una silla de ruedas convencional, con el fin de producir un cambio positivo que consista en el desarrollo de una silla de ruedas automática que tenga las características de diseño que esta requiere adaptándose a la capacidad económica del discapacitado en este país.

Con la investigación, diseño y construcción se pretende presentar una silla alternativa que facilite la superación de gran parte de las dificultades encontradas por los discapacitados en los desplazamientos en sus sillas actuales.

Para la realización de este proyecto se siguieron las etapas que se describen a continuación:

- Primero se investigó en diferentes fuentes (libros, revistas, Internet, etc.) los tipos de sillas actuales y sus características de diseño.
- Luego se realizó una investigación exploratoria con la población discapacitada (hemipléjicos, parapléjicos, cuadripléjicos, etc.) y las personas que trabajan con esta población (médicos, ortopedistas, fisioterapeutas, enfermeras etc.) acerca de las características de diseño que debería tener la silla de ruedas, para ello se elaboran encuestas orientadas a recopilar la información que podrían suministrar estas personas.
- Teniendo en cuenta toda esta información se procedió a investigar más sobre las enfermedades y lesiones que pueden llegar a causar discapacidad, con el fin de evaluar mejor la necesidad real de cada una de las características de diseño de la silla, toda esta información se incluye en el capítulo 1 y en el anexo A del proyecto.
- El capítulo 2 hace referencia a aspectos de la silla de ruedas como su evolución, estado del arte, clasificación y la descripción de las sillas de ruedas manual y automática explicando sus partes y las funciones que cumplen.
- En el capítulo 3 se realiza un análisis ergonómico, antropométrico y biomecánico y se consignan todos los aspectos que deben tenerse en cuenta en el diseño de una silla de ruedas para lograr la máxima comodidad del paciente.
- En cuanto al capítulo 4, este describe todos los procesos de diseño tenidos en cuenta en la propuesta y la forma como se cumplió con los requerimientos consignados en el capítulo 3.
- El capítulo 5 muestra el análisis mecánico de la silla de ruedas que incluye aspectos como el diseño estructural donde se calcula y dimensionan todos los elementos de la silla, la selección del sistema de suministro de energía en la cual se evalúa cada uno de los posibles sistemas de energía que podría utilizar la silla con el fin de seleccionar el que cumpla mejor con los requerimientos de ergonomía, dimensiones y medio ambiente y por último se realiza el diseño de los mecanismos y elementos de locomoción.

- A continuación en el capítulo 6 se muestra el diseño del sistema eléctrico explicando cada una de las funciones que este realiza y los elementos que lo conforman.
- En el capítulo 7 se desglosa todo el proceso de fabricación del prototipo de la silla de ruedas propuesta, mostrando los procedimientos llevados a cabo en la elaboración de cada una de sus partes y la maquinaria utilizada.

Finalmente y luego de los procesos de investigación, diseño y construcción se logró el objetivo, obtener una silla de ruedas que cumple con las características mínimas que dan solución a las necesidades reales que tienen las personas discapacitadas en nuestro país. Aunque es claro que este es un proceso que no tiene fin, en el que cada día se pueden hacer cosas nuevas y mejores.

## **1. ASPECTOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE LA SILLA DE RUEDAS**

En el diseño de la silla de ruedas se tienen en cuenta aspectos médicos, ergonómicos, antropométricos y biomecánicos. Este capítulo explica lo concerniente a la medicina para discapacitados, los datos estadísticos de la población discapacitada y los costos de las sillas de ruedas convencionales y automáticas, con el fin de dar a conocer la importancia de este proyecto como solución del problema que la gran población discapacitada tiene en la actualidad.

### **1.1 ASPECTOS IMPORTANTES DE MEDICINA PARA DISCAPACITADOS**

Los aspectos médicos más importantes de la medicina para discapacitados son: la discapacidad y la rehabilitación.

#### **1.1.1 DISCAPACIDAD**

Para comprender mejor el concepto de discapacidad primero se debe entender que esta se puede obtener como resultado de una deficiencia, la cual consiste en la pérdida, o la pérdida de uso, o el trastorno de cualquier parte del cuerpo, sistema o función. Esta deficiencia puede llegar o no a dar origen a una discapacidad, la cual es la imposibilidad de un individuo para desarrollar actividades personales, sociales y ocupacionales. La deficiencia es una condición médica, mientras que la discapacidad depende de muchas circunstancias que trascienden un estado alterado de salud. La existencia de una deficiencia no garantiza la existencia de una discapacidad. Si una discapacidad no es bien manejada puede llevar a una minusvalía en la cual el paciente se encuentra en desventaja con su entorno social, debido a que pierde su independencia funcional.

Una persona puede llegar a sufrir una discapacidad como resultado de una lesión o de una enfermedad, debido a ello se organizó el estudio mostrado en el anexo A de las causas de discapacidad teniendo en cuenta estos dos aspectos, así:

- Lesiones discapacitantes.

- Enfermedades discapacitantes.

Teniendo en cuenta el nivel de lesión de la médula espinal se pueden presentar los siguientes tipos de discapacidad.

- **CUADRIPLEJIA**

Es la parálisis de las extremidades inferiores, el tronco y las extremidades superiores de manera total o parcial. En este síndrome se presenta lesión de los segmentos cervicales superiores de la médula espinal (C1, C2, C3, C4, C5, C6 y C7) y se destruyen los tractos piramidales para los miembros superiores e inferiores. Presentándose parálisis de los brazos y las piernas (tetraplejía). Existen dos tipos de cuadriplejía: cuadriplejía baja (lesión de cualquiera de los segmentos cervicales C5, C6, C7) en esta lesión solamente la mano conserva el movimiento. En la cuadriplejía alta (lesión de cualquiera de los segmentos cervicales C1, C2, C3 y C4) en esta lesión se pierde la movilidad total de la extremidad superior.

- **HEMIPLEJIA**

Es la parálisis de la mitad del cuerpo (puede ser del lado derecho o del izquierdo). Este síndrome se produce por lesión en uno de los funículos laterales, al nivel de los segmentos cervicales superiores de la médula espinal (desde C1) y en él se presenta la parálisis de los miembros superior e inferior en el lado del foco, sin que la musculatura mimética y de la lengua se comprometa. La hemiplejía también se puede producir por lesión en uno de los hemisferios cerebrales causando parálisis de los músculos del cuerpo del lado opuesto al foco de lesión.

- **PARAPLEJIA**

Es la parálisis de las extremidades inferiores y de todo el tronco o parte de él. Este tipo de síndrome altera la función motora y se presenta cuando se lesiona la sección transversal de la médula espinal al nivel de los segmentos torácicos (D1, D6 y D12). En estas lesiones se interrumpen las fibras nerviosas de los miembros inferiores, lo cual provoca parálisis de ambos miembros inferiores. Los superiores no se afectan. Los reflejos profundos y el tono muscular en los miembros inferiores se aumentan y aparecen reflejos de defensa y reflejos patológicos. Los reflejos cutáneos desaparecen por debajo de la lesión y se aumenta el tono muscular.

- **MONOPLEJIA**

Aparece al presentarse la lesión unilateral de la médula espinal, lo cual se manifiesta por la parálisis de uno de los miembros superior o inferior.

Además de esto el paciente puede quedar discapacitado cuando debido a una enfermedad o a un accidente traumático, debe ser sometido a una intervención quirúrgica con el fin de amputarle algún miembro. Por ello se tratarán también las amputaciones en el anexo A.

### **1.1.2 REHABILITACIÓN**

La rehabilitación es un proceso complejo resultado de la aplicación integrada de muchos procedimientos y técnicas restauradoras, que utilizan de manera apropiada todas las posibilidades residuales del individuo con el fin de recuperarlo hasta lograr su estado funcional óptimo, tanto en el hogar como dentro de la comunidad. Pero además de esto la rehabilitación es una filosofía de responsabilidad medica, que se debe asumir para evitar que las personas que sufren una discapacidad no tan grave puedan seguirse deteriorando hasta convertirse en discapacitados graves con una dependencia total.

- **CALIDAD DE VIDA**

Para un individuo normal o discapacitado, La calidad de vida consiste en el logro de la supervivencia fisiológica de las funciones vegetativas, acompañado de un desempeño funcional óptimo, por medio del cual el discapacitado se integra interiormente, recupera la esperanza, la voluntad y la aspiración que lo impulsan a intentar lograr sus propios objetivos. Esta calidad de vida se expande a medida que la persona restablece relaciones con otras personas y con su medio ambiente.

- **OBJETIVO DE LA REHABILITACIÓN**

El objetivo de todo programa de rehabilitación debe ser que los discapacitados se recuperen hasta un nivel de vida independiente, de tal manera que al concluir el programa de rehabilitación posean un entrenamiento y comprensión adecuados para

usar los recursos disponibles (sillas de ruedas, prótesis, caminadores, muletas, etc.) que les ayuden a mantener sus niveles funcionales durante toda la vida.

## **1.2 ESTADISTICAS DE LA POBLACION DISCAPACITADA EN COLOMBIA**

Es de gran importancia al abordar este proyecto, conocer la población total de discapacitados en Colombia, por ello se muestran a continuación los valores estimados, para esta población, en el año 2001 según las proyecciones estadísticas realizadas por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas).

Según el censo de 1993, la población total de nuestro país era de 37'663.637 habitantes (según la tabla del Total Nacional de la Población Ajustada), de los cuales 32'132.721 habitantes fueron censados con el formulario No. 1 en el cual se evaluaba el tipo de discapacidad. De este se obtuvo 62.004 habitantes presentaban parálisis o ausencia de los miembros inferiores (ver cuadro No. 7) Proyectando este valor al total de la población se obtiene una proyección de 72.676 personas discapacitadas con parálisis ó ausencia de los miembros inferiores.

Según las proyecciones estimadas por el DANE, para el año 2003 la población total Colombiana fue de 44'507.580 habitantes. De los cuales se estimó que 85.882 habitantes presentaron parálisis o ausencia de los miembros inferiores.

La obtención de estos datos se llevó a cabo teniendo en cuenta los porcentajes que estas poblaciones representaban con respecto al total de la población en el año 1993. Y esos porcentajes se evaluaron para el total de la población obtenida de las proyecciones estimadas por el DANE para el año 2003 (ver anexo B. Tablas de proyecciones de la población). Como se puede ver para obtener valores más cercanos a la realidad, se debería realizar todo un estudio estadístico, donde se determinen los tipos de distribuciones de estas poblaciones y se evalúen las variables que pueden influir en la variación de estas, como son: los índices de criminalidad, de accidentalidad y de violencia que vive Colombia.

Las proyecciones estimadas de personas con parálisis ó ausencia de los miembros inferiores para el departamento de Santander en el año 2003 son de aproximadamente el 4,62 % de la población total del País para este año lo que representa en total 3.970 personas solo en el Departamento de Santander.

### **1.3 COSTOS DE LAS SILLAS DE RUEDAS**

Para el desarrollo de este proyecto es necesario conocer los precios de las sillas de ruedas. Las sillas de ruedas manuales oscilan entre quinientos mil y un millón de pesos, dependiendo de los accesorios y materiales de que están hechas y del fabricante, en Colombia existen empresas reconocidas que las producen como Industrial Metálicas los Pinos, Industrias Pabon's, etc.; las sillas de ruedas automáticas están por el orden de los tres y seis millones y se deben importar ya que en Colombia no hay una empresa que las produzca. También es importante mencionar que las sillas de ruedas automáticas importadas no poseen la opción de ser maniobradas manualmente.

## **2. GENERALIDADES DE LA SILLA DE RUEDAS**

Este capítulo trata todo lo concerniente a la silla de ruedas, su evolución, estado del arte, clasificación y la descripción de las sillas de ruedas manual y automática.

### **2.1 EVOLUCION HISTORICA Y ESTADO DEL ARTE**

Hablar de la evolución de la silla de ruedas con fechas exactas, es algo difícil, ya que no se encuentran muchos documentos a este respecto, lo que si es evidente, es que la historia de la silla de ruedas se divide en dos etapas, la primera incluye la aparición y desarrollo de la silla de ruedas manual y la segunda se inicia cuando se crea la silla de ruedas automática y abarca todo su posterior desarrollo hasta los avances actuales.

Pero hoy no solo se da como solución para la comunidad discapacitada sillas de ruedas, estudios avanzados muestran también la posibilidad de provocar el movimiento de las extremidades por medio de impulsos dirigidos por el cerebro, estos impulsos son recibidos por un software de computadora y orientados a los miembros del cuerpo que producen el movimiento, logrando que el paciente recupere momentáneamente la movilidad; lo anterior muestra que las posibilidades de investigación en este campo son ilimitadas y que tal vez hay mucho por explorar respecto a como hacer que un discapacitado recupere su capacidad de movimiento, ya sea por si mismo o ayudado de un mecanismo artificial.

#### **2.1.1 APARICIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS MANUAL**

Como uno de los datos consignados en la historia sobre la silla de ruedas manual se encontró que el presidente Franklin Delano Roosevelt usó una silla de ruedas de madera a la cual se le acoplaron unas ruedas esta es tal vez una de las primeras de sillas de ruedas manual conocida.

Las sillas de ruedas se fabricaron inicialmente de madera, posteriormente se produjeron de metal (acero, aluminio y otros) y hoy día se hacen en metales compuestos como el titanio muy livianos combinados con polímeros logrando muy buenos resultados.

## **2.1.2 APARICIÓN DE LAS SILLA DE RUEDAS AUTOMÁTICA**

La necesidad de rehabilitar y devolver a una vida normal al discapacitado ha hecho que la tecnología desarrolle implementos que ayuden a mejorar la independencia del paciente, entre los cuales se encuentra la silla de ruedas automática.

Actualmente estas sillas son hechas fuera del país y con una gran variedad en los mecanismos y en los sistemas de suministro de energía.

Los países pioneros en investigación a este respecto son Nueva Zelanda, Estados Unidos y Canadá, quienes han desarrollado estudios para el diseño de cada detalle, estos estudios van desde la posición del paciente en el asiento hasta el diseño de la forma de los controles de accionamiento.

Uno de los proyectos más destacados a escala internacional, es una silla de ruedas desarrollada por la Jonhson & Jonhson, con la dirección del investigador Dean Kamen, esta silla es un verdadero robot que le proporciona al paciente una independencia casi total, permitiéndole subir escaleras, alcanzar objetos altos, para lo que cuenta con un sistema que le permite elevarse y permanecer en dos apoyos (bípeda como el hombre), fue desarrollada con la mas alta tecnología y cuenta con un sistema de giroscopio que le permite interpretar la posición mediante un software. Este proyecto costo alrededor de los 100 millones de dólares y su desarrollo llevo 7años y en el participó un grupo de 40 Investigadores entre diseñadores e ingenieros. Actualmente este proyecto se encuentra en prueba y se presume que si todo sale bien se lanzará al mercado con un valor de \$20 mil dólares por silla<sup>1</sup>.

Esto demuestra que grandes empresas ya están interesadas en la comunidad discapacitada y que si se trata de lograr independencia en un discapacitado, no se debe dejar de lado ningún detalle, pues es importante para su auto estima no depender de nadie durante el desarrollo de sus actividades diarias.

## **2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SILLAS DE RUEDAS**

Las sillas de ruedas se clasifican de acuerdo a los siguientes criterios:

- Según su accionamiento: manuales o automáticas
- Según la actividad: para estudiantes, deportistas, trabajadores externos, etc.
- Según el tipo de paciente: para adultos, niños, enfermos convalecientes, etc.

---

<sup>1</sup>Johnson & Jonhson, ID Magazine, 1999,pp.88-91

Estos criterios se relacionan unos con otros dando origen a propuestas de sillas de acuerdo a una gran cantidad de requerimientos exigidos por el paciente. En este capítulo se ampliara solo la división de acuerdo al accionamiento ya que es la que compete al proyecto, de las demás divisiones solo se hará una breve mención. En las tablas 1, 2 y 3 se observa la clasificación de las sillas de ruedas de acuerdo con los criterios anteriores, mostrando algunos ejemplos para cada uno de los tipos de sillas.

Tabla 1. Sillas de ruedas según su accionamiento

	
<p>En una silla de ruedas manual el operario realiza la propulsión con las extremidades superiores. Dentro de este grupo están las sillas para deportistas, las convencionales, para niños; mas adelante se describirán en detalle.</p>	<p>La silla de ruedas automáticas son generalmente accionadas mediante un joystick manual o por accionamiento mediante ordenes de voz, existen varios tipos que se mencionaran posteriormente</p>

*Actualmente ninguna silla de ruedas puede ser accionada de las dos formas, manual y automáticamente, lo que se considera como una desventaja para el paciente, ya que si su silla es solo manual ejercitará demasiado sus extremidades superiores provocando daños en sus articulaciones y si solo es automática no le permitirá desplazarse en momentos en los cuales los sistemas de energía, mecánico y eléctrico fallen y tendrá que buscar otro medio para transportarse.*

Tabla 2. Sillas de ruedas según la actividad

	
<p><b>Para deportistas:</b> Atletas, Jugadores de Basketball, Jugadores de tenis, Otros deportes</p>	<p><b>Convencional:</b> para personas que la utilizan solo como medio de transporte ya sea en el interior de su casa o fuera de ella.</p>
	
<p><b>Con accesorios especiales:</b> Como ruedas para arena o con accesorios adaptables para niños, con inodoro, con mesa para escribir, con techo protector, etc.</p>	<p><b>Para hospitales:</b> Estas sillas tienen la posibilidad de convertirse en camillas, por lo cual tienen algunos accesorios.</p>

Tabla 3. Sillas de ruedas de acuerdo al tipo de paciente

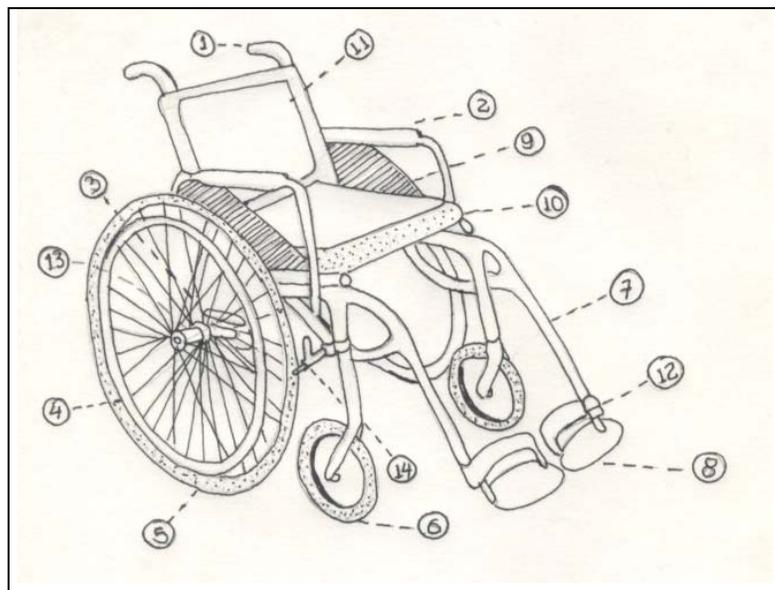
	
<p><b>Para personas que trabajan al aire libre:</b> estas sillas generalmente son motorizadas y poseen techo.</p>	<p><b>Para personas que trabajan en oficinas:</b> estas sillas se pueden utilizar para desplazarse en exteriores y para realizar trabajos en recintos interiores.</p>
	
<p><b>Para personas de la tercera edad:</b> algunas de estas personas poseen enfermedades como artritis, osteoporosis y enfermedad de parkinson que les impiden caminar o también puede suceder que se fatiguen demasiado al caminar por eso utilizan sillas de ruedas motorizadas. Esta es una opción que les permite realizar todas las actividades sin mucho esfuerzo físico.</p>	<p><b>Para discapacitados con cuadriplejía baja y alta:</b> en la cuadriplejía baja las personas poseen poca movilidad en las extremidades superiores, por eso requieren de sillas automáticas con controles que se puedan accionar con la mano. En la cuadriplejía alta las personas no tienen movilidad en la mano por lo cual requieren de sillas automáticas con controles especiales (de voz, con la boca, etc.)</p>

Fotografías tomadas de [www. medicina y rehabilitación.com](http://www.medicina y rehabilitación.com)

### 2.3 DESCRIPCION GENERAL DE UNA SILLA DE RUEDAS MANUAL

En el diseño de las modernas sillas de ruedas manuales se ha aprovechado una variedad de adelantos en el conocimiento mecánico de las sillas de ruedas y la disponibilidad de nuevos materiales. En la tabla 4 se muestra una silla de ruedas manual con sus partes.

Tabla 4. Partes de una silla de ruedas manual



1. Empuñadura de empuje 2. Apoyabrazos 3. Palanca del eje ajustable 4. Aro de impulsión 5. Rueda grande 6. Rueda pequeña 7. Soporte de la pierna 8. Apoya talones 9. Protector de la ropa 10. Asiento con almohadón 11. Espaldar 12. Estribo 13. Eje de la rueda 14. Freno manual.



En las fotos se observan diferentes sillas de ruedas manuales existentes en el mercado, cada fabricante busca de alguna forma satisfacer las necesidades del personal discapacitado.

### **2.3.1 COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA SILLA DE RUEDAS MANUAL**

Las siguientes son las partes principales de una silla de ruedas manual.

#### **2.3.1.1 ARMAZÓN**

Es la estructura básica de la silla de ruedas, las consideraciones más importantes en esta parte de la silla son: el material que es responsable de la durabilidad y peso de la silla, plegabilidad para facilitar el transporte, rigidez para dar mayor estabilidad a usuarios activos. Es importante lograr flexibilidad en la colocación de las ruedas traseras por medio de una placa que permite ubicar el eje de la rueda en varias posiciones con el fin de mejorar la eficiencia de propulsión.

#### **2.3.1.2 RUEDAS Y LLANTAS**

Una silla de ruedas consta de dos ruedas pequeñas y dos grandes por lo general. Lo más importante para analizar es el tamaño y la forma; en cuanto al tamaño este afecta la altura total, la facilidad de rodado, el traslado desde la silla de ruedas y hacia ella, la mecánica de empuje de la extremidad superior; con respecto a la forma, si son sólidas y lisas trabajan mejor sobre superficies lisas y rígidas (en espacios interiores) si son neumáticas con huella permiten el desplazamiento más suave, facilitan maniobras en terrenos irregulares, sobre superficies húmedas o congeladas.

El principal problema para el discapacitado con respecto a las ruedas y llantas es el neumático desinflado lo que se puede solucionar empleando cámaras resistentes a las pinchadas o por el agregado de gel de látex que ocupa el lugar del aire (esto último aumenta el peso).

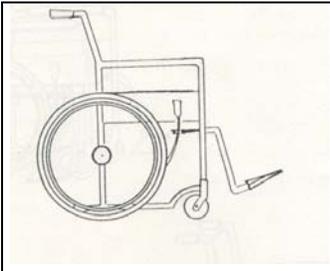
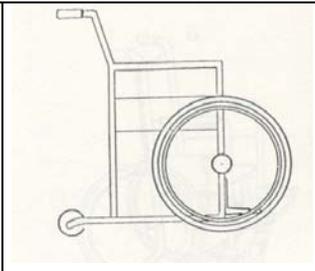
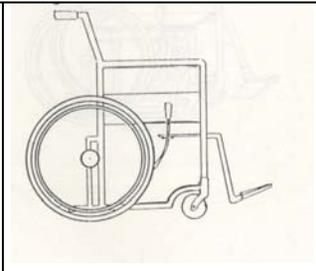
Las ruedas pequeñas son para el cambio de dirección, para su movilidad lateral, tienen eje giratorio montado sobre un rodamiento, para facilitar el movimiento sobre superficies húmedas.

- **Ruedas de mano:** pueden variar en tamaño desde un aro pequeño empleado para carreras hasta aros grandes que proporcionan máxima maniobrabilidad y potencia. El diámetro varía entre 50 centímetros y 60 centímetros, con 28 radios. Las ruedas de mano se pueden modificar para mejorar el asimiento agregando una cubierta, aumentando el tamaño del tubo, cambiando la forma, agrando proyecciones al anillo.

En las ruedas de mano se adosan unos anillos de propulsión que se ubican en la parte exterior de la rueda, estos anillos son de menor diámetro, de un grueso variable para que puedan ser manipulados por el paciente y este impulse la silla. Estos anillos son separados de las ruedas para evitar que los pacientes se lastimen las manos, llevan pijas para cuando el paciente es incapaz de cerrar la mano.

La ubicación de las ruedas de propulsión también varía de acuerdo al uso; en una silla para exteriores las ruedas de propulsión deben estar en la parte posterior y las pequeñas en la parte anterior este tipo de silla puede ascender fácilmente escalones; para una silla de interiores las ruedas de propulsión van en la parte delantera y las direcciones en la parte trasera esto permite realizarse las maniobras en pequeños espacios, especialmente cuando se maneja en reversa; las sillas para amputados se diseñan con el centro de gravedad en la parte posterior lo que compensa la ausencia de peso en la parte anterior (ver tabla 5).

Tabla 5. Ubicación de las ruedas de propulsión

		
Silla de ruedas con la rueda de propulsión en la parte trasera para uso en exteriores.	Silla de ruedas con la rueda de propulsión en la parte delantera especial para interiores	Silla de ruedas para amputados con el centro de gravedad en la parte posterior

- **Ruedas pequeñas:** están ubicadas en la parte frontal generalmente, son duras y de diámetro pequeño, permiten buen giro, se atascan en terreno desparejo o suelo blando para evitar esto se reemplazan por ruedas neumáticas que tienen mayor utilidad al aire libre. Estas ruedas pequeñas pueden ser intercambiadas según la situación y pueden estar ubicadas también en la parte posterior, lo que disminuye el radio de giro, aumenta la tendencia de la silla a apuntar hacia adelante.

Las ruedas pequeñas presentan problemas de vibración, son ruidosas y afectan la suavidad del desplazamiento y el mantenimiento de la dirección, estos problemas se reducen utilizando ruedas con muescas o aumentando la amortiguación de las ruedas.

Se usan trabas cuando se requiere una estabilidad absoluta durante los traslados del paciente sobre todo en los niveles cuadriplejía y algunos casos de paraplejía.

#### **2.3.1.3 TRABAS DE LAS RUEDAS**

Deben estar ubicadas en un lugar fácilmente accesible sin interferir con la propulsión. Para un golpe de impulso largo, es mejor ubicar las trabas sobre la parte inferior del armazón esto previene lesiones en los dedos.

#### **2.3.1.4 FRENOS**

Deben tener manijas de extensión para personas con disfunción en las extremidades superiores, su posición depende de la colocación de las ruedas mayores, en la silla para exteriores se encuentran ubicados enfrente de la rueda mayor, en la silla para interiores están detrás de la rueda mayor.

Consideraciones importantes:

- Los frenos son de tipo mecánico de fricción, la fricción se aumenta según la pendiente del lugar, o para inmovilizar la silla.
- La manija para el freno debe estar al alcance del enfermo
- Los frenos dobles se usan en sillas para cuadriplejicos porque la proporcionan mayor estabilidad.

#### **2.3.1.5 SUPLEMENTOS GRADUABLES**

Son útiles para quienes presentan dificultades para mantener la inclinación (ancianos, cuadriplejicos y pacientes débiles), son resortes de resistencia dentados que permiten movimiento solo hacia delante (son útiles cuando se tiene que subir una cuesta).

#### **2.3.1.6 ASIENTO Y RESPALDO**

Pueden ser de dos tipos: en materiales flexibles o en materiales sólidos; los de material flexible para pacientes con escaso control muscular, espasticidad o tendencia hacia la

deformidad pero con estos materiales es difícil lograr una postura adecuada, por lo tanto se utilizan asientos o respaldos sólidos, articulables para poder ser plegados, lo cual genera peso al equipo.

Un asiento sólido, o asiento con apoyo para la pelvis y muslo corrige la tendencia a la rotación interna y adaptación de las extremidades inferiores; un apoyo lumbar adecuado logra una buena distribución del peso.

Cuando no hay un buen apoyo lumbar existe una tendencia a desarrollar una postura sentada sacra y úlceras sacras e isquiales de cubito, aumento de la cifosis y sobre esfuerzo de los músculos de la espalda y el cuello.

Cuando se tiene una superficie estable para sentarse u un apoyo lumbar adecuado, no solo se quita el peso sobre las prominencias óseas sino que también mejora el equilibrio del tórax, la cabeza y el cuello lo que reduce el sobre esfuerzo del cuello y de la porción superior de la espalda, mejorando la función respiratoria.

Otro aspecto importante es que el respaldo debe ser lo suficientemente alto para evitar el empuje de la espalda y de los hombros hacia delante y proporcionar el apoyo adecuado a la espalda; cuando el respaldo es demasiado bajo se produce una presión excesiva en el borde superior y disminuye la eficiencia del transporte debido a la mala estabilidad de la cintura escapular.

Los puños de empuje son optativos, algunos pacientes prefieren no tenerlos por estética e imagen de independencia; las sillas de respaldo y asiento flexible son por lo general plegables y algunas de respaldo y asiento rígido también lo son, esto para facilitar el transporte.

#### **2.3.1.7 APOYABRAZOS**

Pueden ayudar de forma significativa en maniobras de trabajo, reducen la presión isquiática al llevar el peso de los brazos y mantener el equilibrio del tronco. Pueden ser móviles o fijos y también pueden ser ajustables.

Los apoyabrazos móviles facilitan los traslados en pacientes con una disfunción significativa; en este momento no existe una selección estándar disponible para todas las sillas, es el medico quien selecciona el mejor de acuerdo a las necesidades del usuario en lo que respecta al tamaño, forma, estabilidad, capacidad de adaptación y aspecto. En medios como el nuestro es el nivel económico lo que determina como será la silla y sus accesorios.

### **2.3.1.8 SOPORTE PARA LA PIERNA Y EL PIE**

Proporcionan protección, una posición adecuada, y el máximo de equilibrio y sostén para el peso de las extremidades. Las siguientes son algunas consideraciones importantes:

- La altura de los estribos debe ser apropiada para que el pie se encuentre bien apoyado para mantener la circulación de las extremidades inferiores.
- No deben ser demasiados altos por que llevarían el peso de las piernas hacia atrás.
- Cuando existe espasticidad significativa se requiere una plataforma amplia con sistema de retención para los pies, estas plataformas pueden ser necesarias cuando los pies no están dentro del campo visual del paciente, o cuando el control de la silla de ruedas es impreciso.
- El apoyo para las pantorrillas no se hace necesario cuando los tobillos y las pantorrillas están bien apoyados. Se pueden adosar almohadillas para las pantorrillas.
- Deben tener estribos desplazables.
- Se debe tener en cuenta si un usuario con una discapacidad funcional en la mano, esta capacitado para manejar los mecanismos de liberación de que dispone cada modelo de silla.

### **2.3.1.9 TAPIZADO**

Debe tener las siguientes características:

- Debe ser impermeable a las secreciones del cuerpo.
- Debe ser fácil de limpiar e inextensible.

El color y el aspecto general de la silla de ruedas tienen mucha importancia para quien pasa mucho tiempo en ella. La silla se transforma en casi una prenda de vestir para el usuario.

### **2.3.1.10 ALMOHADONES Y SISTEMAS DE ASIENTOS**

Para seleccionar el almohadón y el asiento apropiados se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Estabilidad de soporte para la función de la extremidad superior.
- Distribución de la presión
- Mantenimiento de la postura para prevenir la deformidad.

- Peso
- Facilidad de limpieza y duración

## 2.4 DESCRIPCIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS AUTOMÁTICA CON PROPULSIÓN MECÁNICA

La movilidad propulsada puede ser el determinante más importante para la autoestima y para aumentar de manera significativa la actividad social, la capacidad de aprendizaje y el potencial de rehabilitación tanto de niños como de adultos.

Las sillas de ruedas con propulsión mecánica pueden ser de dos tipos según se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Tipos de sillas de ruedas automáticas

	
<p><b>Con motor de impulsión directa</b> poseen cuatro pequeñas ruedas automáticas, estas son más aptas para transitar por terreno irregular, este tipo de silla difícilmente puede ser adaptada para ser maniobrada manualmente por el tamaño de sus ruedas. Esta silla posee generalmente dos motores, uno para cada rueda trasera, las ruedas traseras son un poco más grandes que las delanteras.</p>	<p><b>De impulsión por sistema articulado por correas de transmisión</b> tienen dos llantas traseras grandes de goma y pequeñas ruedas neumáticas frontales. Estas alcanzan mayores velocidades y proveen mayor estabilidad; Lo que es muy importante para pacientes con discapacidades mayores. Esta silla se podría maniobrar manualmente si se le hicieran algunas adaptaciones.</p>

Un componente importante en los dos tipos de sillas de ruedas es un freno de alto sesgado, que hace que la silla se frene cuando esta no recibe ninguna señal de comando.

Además de las sillas con propulsión mecánica que ya se han descrito existen otros llamados transportes eléctricos que permiten al paciente ir por la ciudad, pero no ofrecen buenos apoyos para la espalda.

### 2.4.1 CARACTERÍSTICAS DE POTENCIA

Los parámetros actuales para la fabricación de sillas de ruedas automáticas incluyen una velocidad máxima en interiores de 5.6 km./h y una velocidad máxima en exteriores de 11 km./h. La altura del centro de gravedad de una silla de ruedas en relación con la pequeña base de sus ruedas y los cambios bruscos de la velocidad del sistema operador de empuje-tracción habitual son algunos de los factores limitantes para aumentar la velocidad de las sillas de ruedas. En la actualidad se sugiere diseñar las sillas de ruedas con alcance mínimo de aproximadamente 24 km con espacio disponible para baterías más potentes que extiendan el alcance hasta 32 y 40 km. La tabla 7 muestra algunos tipos de sillas automáticas que se encuentran en el mercado actualmente.

Tabla 7. Algunos ejemplos de sillas de ruedas automáticas

	
<p>Dentro de las sillas de ruedas automáticas encontramos varios tipos, observamos en las fotografías algunos modelos de scoters</p>	<p>Las scoters son muy versátiles y se le pueden adaptar diferentes accesorios, como canastas, sillas auxiliares, etc. Este</p>

<p>(sillas con dirección manual tipo moto).</p>	<p>tipo de silla es muy usado por personas de la tercera edad.</p>
	
<p>Las sillas de ruedas automáticas han sufrido varios cambios que obedecen a las necesidades de cada discapacitado. Actualmente se consideran como robots de ayuda para la persona discapacitada</p>	<p>También se busca lograr que la silla sea un elemento de fácil manejo, disminuyendo al máximo su peso y adaptando sus partes a los gustos de las personas que las usan para hacerlas más cómodas.</p>

Fotos tomadas de [www. medicina y rehabilitación](http://www.medicina y rehabilitación).

### 3. ANALISIS ERGONOMICO, ANTROPOMETRICO Y BIOMECANICO

En este capítulo se consignan algunas consideraciones antropométricas generales como el análisis de las dimensiones y geometría de los elementos de la silla de ruedas y otros aspectos importantes como la biomecánica, la descripción de la columna vertebral, la función músculoesquelética, la posición sédente, la prescripción de la silla de ruedas y la accesibilidad; los cuales se toman como parámetros de diseño de la silla de ruedas.

#### 3.1 GENERALIDADES

En la tarea de diseñar una silla de ruedas es importante mirar toda una serie de conceptos que se deben tener en cuenta cuando una persona estará confinada a la posición sédente permanente. Hacen parte de estos aspectos los porcentajes de peso de cada parte del cuerpo, consideraciones respecto al uso de los miembros superiores, consideraciones respecto al uso de las manos, dimensiones de los pies, consideraciones sobre la visión en posición sédente y consideraciones en el diseño de controles manuales.

##### 3.1.1. PORCENTAJES DE PESO DE LAS PARTES DEL CUERPO HUMANO

En la tabla 8 se muestra cada una de las partes del cuerpo y su porcentaje en peso para una persona. Es importante aclarar que existen algunas variaciones del cuerpo debidas a las distintas constituciones y a los distintos sexos, en sujetos discapacitados, generalmente los miembros que han perdido la movilidad se atrofian y pierden cierto peso con respecto a las partes del cuerpo que no han sufrido lesión, en otros casos también la enfermedad que ha producido la incapacidad hace que este atrofiamiento sea más notorio, como en la poliomielitis.

Tabla 8. Porcentajes de peso de las partes del cuerpo humano

<b>PARTES DEL CUERPO</b>	<b>PORCENTAJES</b>
Cabeza	6% a 8%
Tronco	40% a 46%
Ambas piernas	30% a 36%
Ambos pies	3% a 4%
Ambos brazos	10% a 12%

Ambas manos	1% a 2%
-------------	---------

Tomado de CRONEY John, Antropometría para diseñadores

### 3.1.2 CONSIDERACIONES RESPECTO AL USO DE LOS MIEMBROS SUPERIORES

En la propulsión de una silla de ruedas manual todo el trabajo se realiza con los miembros superiores, a continuación en la tabla 9 se relacionan algunos datos ya establecidos para el uso de los miembros superiores en un individuo con funcionamiento normal de los mismos ya que el planteamiento de este proyecto abarca personas con funcionamiento normal de extremidades superiores, solo en el caso de hemiplejía y cuadriplejía baja esto no es así.

Tabla 9. Consideraciones respecto al uso de los miembros superiores

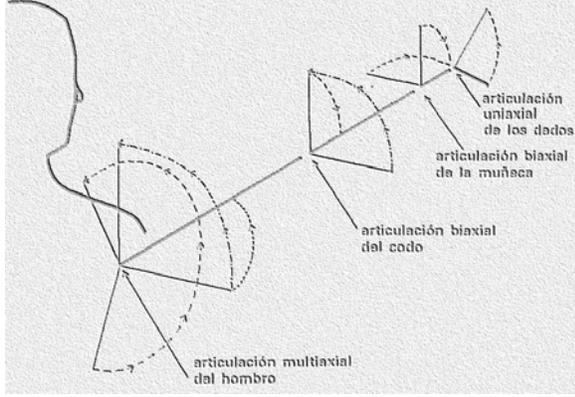
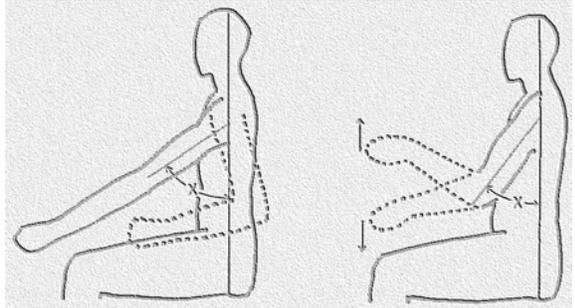
 <p>Diagrama que muestra las articulaciones de los miembros superiores: articulación multiaxial del hombro, articulación biaxial del codo y articulación biaxial de la muñeca. Se indican los ejes de movimiento y los planos de articulación.</p>	<p>Las fuerzas deberán ser ejercidas únicamente por los miembros cuyas articulaciones están en posición intermedia esto es debido a la acción refleja de los ligamentos de las articulaciones que actúan como segundo protector para evitar el daño de las articulaciones.</p>
 <p>Demasiada flexión en el codo dificultará los movimientos suaves de la muñeca y la mano. La velocidad correcta para la acción en el movimiento de los miembros es importante para el operador humano.</p>	<p>La posición más conveniente de brazos para la resistencia de palancas en operadores en posición sentada es cuando el brazo superior forma aproximadamente un ángulo de 30° con la línea que pasa por el centro del tronco; el peso de la carga decrece por encima y bajo este ángulo los valores del quinto percentil. (5°) para estos dos movimientos se dan valores de resistencia en la tabla 10.</p>

Tabla 10. Valores de resistencia de palancas para percentil 5°

	<b>CARGA</b>
Tracción inferior	20 lbs. (9,07 kg.)
Empuje hacia arriba	15 lbs. (6,5 kg. )

Datos tomados de CRONEY John. Antropometría para diseñadores. Pág. 131.

Resistencia de palancas para operadores: la palanca moviéndose hacia o a partir del cuerpo según la línea media, con la palanca en posición más favorable para el cuerpo. Los valores están dados para el brazo izquierdo. Este es normalmente el brazo más débil, por lo tanto los valores del quinto percentil indican los máximos dentro de la capacidad de ambos brazos (ver tabla 11).

Tabla 11. Valores de resistencia de palanca para el brazo izquierdo.

<b>POSICION</b>	<b>5° PERCENTIL</b>	<b>50° PERCENTIL</b>
Tracción máxima con el brazo completamente extendido	50 lbs. (22,7 kg.)	110 lbs. (49,9 kg.)
Empujes máximos en el brazo no extendido completamente	40 lbs. (18,14 kg.)	120 lbs. (54,43 kg.)

Datos tomados de CRONEY John Antropometría para diseñadores. pág. 132.

La tabla 12 muestra la resistencia de palancas para operadores sentados, la palanca moviéndose hacia o a partir del cuerpo según la línea media.

Tabla 12. Valores de carga máxima para el brazo izquierdo.

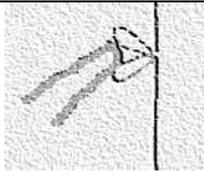
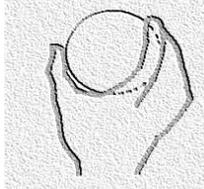
Carga máxima para la posición más difícil, para el brazo izquierdo	20 lbs (1,07 kg.)
Carga para las posiciones más favorables del brazo izquierdo	30 lbs (13.6 kg.)

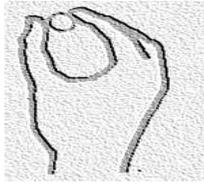
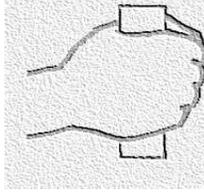
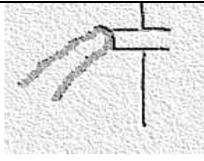
Datos tomados de CRONEY John, Antropometría para diseñadores. pág. 132.

### 3.1.3 CONSIDERACIONES RESPECTO AL USO DE LAS MANOS

El accionamiento de controles de arranque, freno, reclinado, y los controles de ajuste de diversos dispositivos de la silla se realizan con la mano, se hace necesario mencionar las medidas y fuerzas establecidas de acuerdo a la antropometría y biomecánica. Estos controles son accionados con un dedo o con toda la mano; en la tabla 13 se relacionan las medidas y las cargas para los controles más comunes.

Tabla 13. Medidas y cargas para los controles más comunes

TIPO DE CONTROL	TAMAÑO	CARGA	GRAFICO
*Pequeños. Permiten operaciones delicadas y ajustes precisos.	D. 1 ½" (38-51 mm)	Cargas leves	
*manecilla agarre de pinza gruesa	D. 2" (51 mm)	2 a 8 lbs (0,9 a 3,63 kg.)	
*manecillas que requieren movimiento de la muñeca.	D. 3"(51mm)	2 a 8 lbs. (0,9 a 3,63 kg.)	
*manecillas con mayores valores de impulso de rotación.	D. 10" a 12" (254 / 305 mm)		

*Control de botón pequeño, agarre de pinza fina.	D. 3/8" a 5/8 " (9 a 16 mm)	1 a 1 ½ lbs (0,45 a 0,68 kg.)	
Empuñadura de mano.	D. 1 ¾" (44 mm)	30 lbs. (13,6 kg.)	
Botón de empuje simple (digital).		1 ½ a 2 lbs (0,68 a 0.9 kg.)	
Interruptor de palanca.	A. 1" a 2" (25 a 51 mm)	½ lbs (0.23 kg.)	

Datos tomados de CRONEY John, Antropometría para diseñadores, pags. 137, 139.

\*La profundidad de las manecillas debe ser la suficiente para poder ser bien cogidas. Esta debe ser un poco menor a 1" (25mm), ya que 25 mm es aproximadamente la longitud de la falange del dedo.

En este ítem también es necesario tener en cuenta las dimensiones de la mano, en la tabla 14 se muestran las dimensiones de la mano en hombres y mujeres.

Tabla 14. Dimensiones de la mano

	5°	50°	95°
Longitud de la mano	7" (178 mm)	7,5" (190 mm)	8" (203 mm)
Hombre	6,5 " (165 mm)	7" (178 mm)	7.5" (190 mm)
Mujer			
Anchura de la mano	3,7" (93,5 mm)	4,1" (104 mm)	54,5 (114 mm)
Hombre	3" (76 mm)	3,5" (89 mm)	4" (102 mm)
Mujer			

Tomado de CRONEY John, Antropometría para diseñadores, pag. 136.

Al diseñar sistemas de accionamiento de palancas e interruptores es importante trabajar con el percentil más bajo, para que dichos controles puedan ser accionados fácilmente por todo tipo de personas.

### 3.1.4 DIMENSIONES DE LOS PIES

Para el diseño de los apoya pies es importante tener en cuenta las dimensiones de los pies para los percentiles 5°, 50°, 95°, para mujeres y hombres. (Tabla 15).

Tabla 15. Medidas de los pies

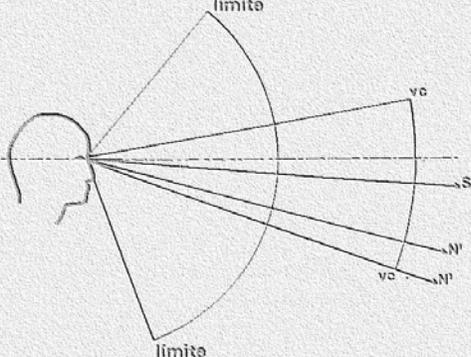
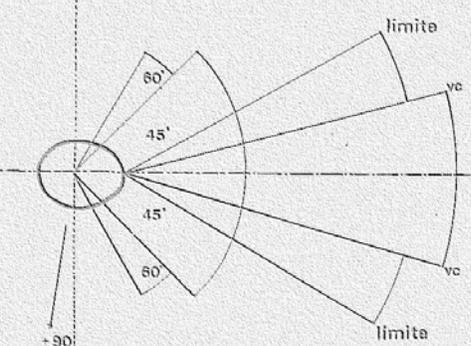
MEDIDA	5° PERCENTIL	50° PERCENTIL	95° PERCENTIL
Longitud del pie en el hombre	9.8" 249 mm.	10.5 " 267 mm.	11.3 " 286.5 mm.
Longitud del pie en la mujer	8.8 " 223 mm.	9.5 " 241 mm	10.2 " 259 mm.
Anchura del pie en el hombre	3.6" 91 mm.	3.9 " 99 mm.	4.3" 109.22 mm.
Anchura del pie en la mujer	3.3 " 83.5 mm.	3.6 " 91 mm.	3.9 " 99 mm.

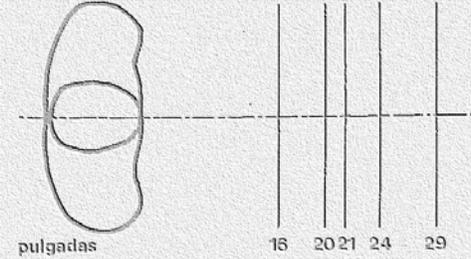
Datos tomados de CRONEY John, Antropometría para diseñadores, pag. 136.

### 3.1.5 CONSIDERACIONES SOBRE LA VISIÓN EN POSICIÓN SÉDENTE

Para la ubicación de controles y su señalización en personas en posición sédente es importante tener en cuentas los datos consignados en la tabla 16.

Tabla 16. Parámetros de visión para el diseño de controles

 <p>Este diagrama ilustra el campo visual humano. Muestra un perfil de una cabeza humana a la izquierda. Desde el punto de vista del ojo, se extienden varias líneas hacia la derecha. Una línea horizontal superior está etiquetada como 'S'. Una línea inclinada hacia abajo está etiquetada como 'N1'. Una línea más inclinada hacia abajo está etiquetada como 'N2'. Dos líneas que definen un cono de visión están etiquetadas como 'vc'. Dos líneas que definen un área más amplia están etiquetadas como 'limite'.</p>	<p><b>N2:</b> Es la línea de vista mas inclinada y corresponde a una posición sentada con la mirada sin dirección correcta. Esta situada 20° bajo la horizontal.</p> <p>Para mirar horizontalmente o hacia arriba se debe flexionar el cuello y utilizar los músculos.</p> <p><b>Vc:</b> representa el cono de visión que tiene una amplitud de 15° a cada lado de la línea estándar de vista.</p> <p><b>Limites:</b> Los limites definen un área de 50° sobre la horizontal y 70° bajo ella. Esta área puede ser abarcada por simple movimiento de los ojos.</p> <p>Las partes delanteras de los paneles de control deberán formar ángulos de 90° con la línea de vista. Así existirán tres direcciones posibles para los paneles: Según la perpendicular a S, según la perpendicular a N1 y según la perpendicular a N2.</p>
<p><b>LINEAS DE VISTA Y AMPLITUD DEL CAMPO VISUAL</b></p> <p><b>S:</b> Es la línea de vista estándar y esta situada 5° bajo la horizontal.</p> <p><b>N1:</b> Es la línea de vista normal en posición erecta y con la mirada sin dirección correcta esta situada 15° bajo la horizontal.</p>	
 <p>Este diagrama muestra un campo visual circular con una línea horizontal central. Se indican varios ángulos de rotación del cuello: 60°, 45°, 45°, 60° y +90°. Se muestran también líneas que definen un cono de visión 'vc' y límites 'limite'.</p>	<p><b>Vc:</b> representa el cono visual, formando 15° a cada lado del plano medial. Representa el área de visión abarcable con un movimiento normal de ojos.</p> <p><b>Limites:</b> enmarcan un área de 30° a cada lado del plano medial, área limite abarcable simplemente con el movimiento de ojos.</p> <p><b>Angulo máximo de visión:</b> puede barrer un arco de 180° al utilizar conjuntamente el movimiento de ojos y el de la cabeza. Esto representa 60° + 30° a cada lado del plano medial.</p> <p><b>+90:</b> indica el limite de visión forzada</p>
<p><b>PLANOS DE CAMPOS LOS VISUALES Y GRADOS DE ROTACION DEL CUELLO</b></p> <p><b>45°:</b> representa un movimiento natural de cabeza.</p> <p><b>60°:</b> representa un movimiento de cabeza</p>	

realizado por un esfuerzo consciente.	conseguido únicamente con el movimiento de ojos.
 <p><b>DISTANCIA NECESARIA PARA LA COLOCACION DE DISTINTOS TIPOS DE INFORMACION</b></p>	<p><b>16"</b>: (406 mm) Distancia mínima para la lectura de impresos e instrucciones.</p> <p><b>20"</b>: (508 mm) distancia para la lectura de instrucciones generales.</p> <p><b>21"/24"</b>: (533 mm/610 mm) distancia para la lectura de indicadores o diales; estos deberán ser lo mas simples posibles y con un mínimo de señales, del diámetro de los diales debe estar entre: 2 ½" / 3" (64 mm/76 mm).</p> <p><b>29"</b>: es la mayor distancia a la que puede colocarse una información.</p>

Tomados de CRONEY John, Antropometría para diseñadores, pags. 154 a 156.

### 3.1.6 CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE LOS CONTROLES

Para la selección de los controles primarios y secundarios de la silla se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

El control primario: que es el que se encarga de la dirección, la velocidad y la detención de la silla de ruedas y puede ser:

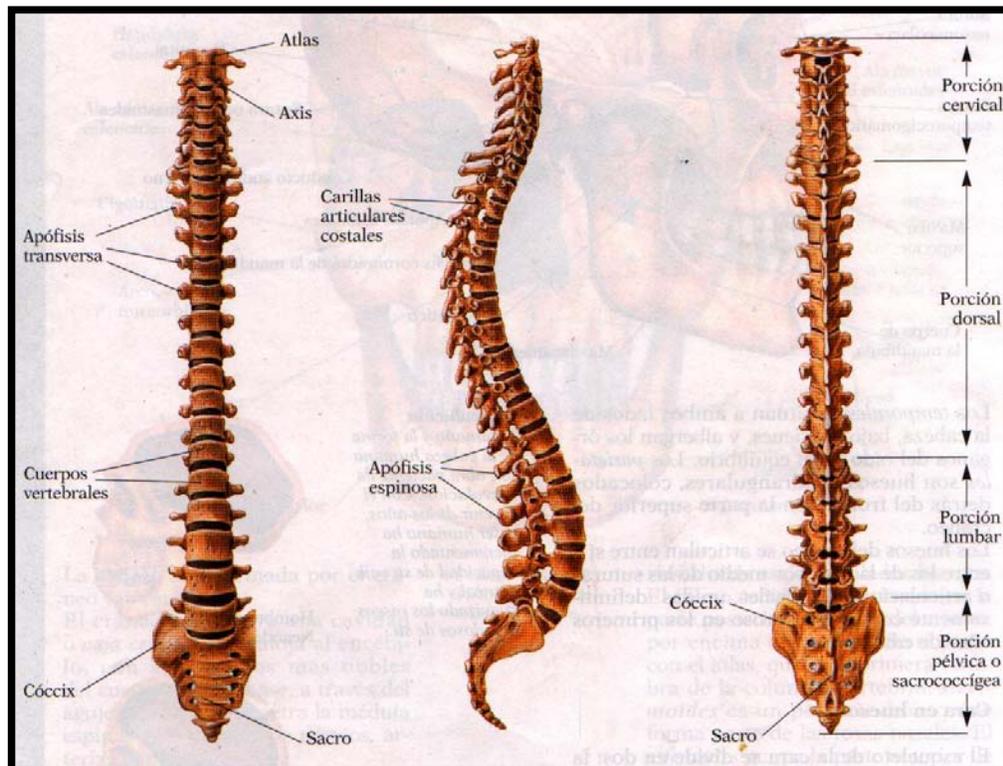
- De control proporcional: emplea una palanca de comando. Es el método de control más rápido, eficiente y preciso, la palanca se puede manejar con la mano, el pie, la barbilla o cualquier otra parte del cuerpo que se pueda mover independientemente en cuanto a direcciones y que mantenga una posición en el espacio. Esta palanca se puede asegurar a la silla de ruedas o al cuerpo del usuario.
- Por medio de múltiples interruptores: pueden ser de ranura o una serie de interruptores de chupar o soplar, este método hace que las operaciones sean mucho más lentas.
- De barrido secuencial con interruptor único: Solo para controles secundarios, rara vez resulta útil para el control de movimiento de la silla de ruedas dado que el tiempo necesario para el barrido es demasiado largo.

Para los controles secundarios: entre los cuales se encuentran: interruptor de encendido y apagado, selección de maniobra, controles de reclinado, señales de llamado, interfaces con dispositivos de comunicación, sistemas de control ambiental, computadoras personales entre otros. Deben seleccionarse controles muy simples y poco costosos.

### 3.2 COLUMNA VERTEBRAL

Al desarrollar un elemento para una persona confinada a la posición sédente permanente se hace necesario estudiar la columna vertebral, ver su forma y analizar sus partes ya que de ello dependerá que se diseñe un soporte adecuado. Como se puede observar en la figura 1 la columna vertebral esta formada por una estructura de 32 a 35 huesos llamados vértebras. Y consta de cinco regiones diferenciadas. Sus formas cóncava y convexa influyen en diseño de las formas de los almohadones. La figura 1 muestra la estructura y partes de la columna vertebral.

Figura 1. Columna vertebral



Tomado de enciclopedia de la vida, Vanguardia Liberal, pag.20

Región Cervical: compuesta por siete vértebras.

Región Dorsal o torácica: compuesta por doce vértebras sobre las que articulan las costillas.

Región lumbar: con cinco vértebras.

Región Sacra: Formada por cinco vértebras. Estas se denominan vértebras sacras y están soldadas en el adulto formando un hueso triangular que recibe el nombre de Sacro, que junto con los huesos de la cadera forma la pelvis.

Región Coxígea: compuesta por tres, cuatro o cinco vértebras atrofiadas.

Vista de frente la columna vertebral es recta, vista de lado cada una de sus regiones tiene una curvatura diferente. Estas son las tres curvas anatómicas normales: lordosis cervical, cifosis torácica, lordosis lumbar. Al adoptar la posición de sentado dichas curvas normales o fisiológicas tienden a modificarse y, como consecuencia de esto, pueden sobrevenir sobrecargas en las estructuras de esta parte del cuerpo. Al estar en posición sedente permanente esta sobrecarga genera patologías que pueden agravar la situación del paciente algunas de estas patologías se mencionan a continuación.

La flexión de los muslos a partir de un ángulo transmite una fuerza hasta las tuberosidades isquiáticas, esto hace que la pelvis rote hacia atrás, como resultado la columna lumbar tiende a aplanarse y pierde su curva lordica.

Los trastornos en la columna cervical dependen de la posición de la cabeza y la posición de esta depende del ángulo visual mantenido. Cuando la posición sedente es permanente, la cabeza debe tener un apoyo de descanso (o cabecero) esto ayudara a mantener la cabeza en el ángulo de visión cuando se efectúen desplazamientos.

### **3.3 MEDIDA DE LA FUNCION MUSCULOESQUELETICA**

El diagnostico acerca del desenvolvimiento de un paciente en la vida diaria y cómo se desplaza o manipula físicamente en el medio ambiente puede depender en gran medida del grado en el cual las partes de su cuerpo puedan tolerar el movimiento activo y pasivo.

1. Cuando se prescribe una silla de ruedas, la aplicación de un dispositivo protésico o de una ortosis la preservación de la sensibilidad en una parte del cuerpo, puede tener poco valor para el paciente si las articulaciones de esa región pueden quedar disminuida por efecto de fatiga de los músculos que ejercen sus fuerzas con una desventaja biomecánica. Por medio de la goniometría se efectúa la medición de la

movilidad articular<sup>2</sup>. La goniometría puede arrojar datos importantes a la hora de prescribir los elementos anteriormente mencionados.

Para la comunidad discapacitada confinada a una silla de ruedas se han hecho variedad de estudios para medir la función músculo esquelética y para saber la proporción de las fuerzas que un individuo discapacitado puede ejercer con base a sus limitaciones, en este documento se hace mención de algunos de ellos; estos estudios han arrojado datos que se tomaron como referencia en el diseño de la silla de ruedas.

Se han desarrollado también métodos y equipos especializados para medir la capacidad de movimiento y las fuerzas ejercidas sobre la rueda en la propulsión manual de la silla de ruedas.

En la tabla 17 se muestra cada articulación del cuerpo con el movimiento que puede realizar el plano en que se realiza con los límites normales y la amplitud del movimiento.

### 3.3.1 CUANTIFICACION DEL DESEMPEÑO TOTAL

Para cuantificar el desempeño total se deben considerar muchas escalas de evaluación de funciones, se debe seleccionar una escala que sea confiable para la discapacidad del paciente, que mida las funciones importantes para este y haya demostrado ser valida y confiable.

Las escalas funcionales evalúan alteraciones en pacientes con enfermedades crónicas, pero no indican directamente el nivel de discapacidad para propósitos medico-legales.

Tabla 17. Movimiento de las articulaciones del cuerpo.

ARTICULACION	MOVIMIENTO	PLANO DE MOV.	LIMITES NORMALES Y AMPLITUD DEL MOVIMIENTO
Hombro	Flexión- Extensión Abducción- aducción Rotacion externa Rotación interna	Sagital Frontal Sagital Sagital	10° - 240° 10° - 180° Rotación ext. 0° Rotación int. 170
Codo	Flexión- Extensión	Sagital	30° - 180°

<sup>2</sup> COLE, Theodore M. ; KRUMSEN, Frank H. Medicina Física y Rehabilitación, pag. 21

Radiocubital	Pronación- Supinación	Este mov. Es una excepción al círculo completo o sistema de 360°. El mov. Se realiza en el plano frontal.	La lectura de 0° es la descrita en posición del paciente. Los límites normales de Pronación y supinación son de 90° en cada dirección, totalizando un ámbito de 180° .
Muñeca	Flexión- Extensión Desviación radiocubital (abducción-aducción)	Sagital Este mov. Es una excepción al sistema de 360°. El mov. se realiza en el plano horizontal.	90° - 250° La posición 0° es la que describe en posición del paciente. El mov. normal es de 20° de desviación radial y de 30° de desviación cubital, totalizando 50° .
Articulaciones Metacarpo-Falángicas	Flexión- Extensión (incluyendo el pulgar)	Sagital	90° - 180°
Articulaciones interfalángicas (incluyendo el pulgar)	Flexión- Extensión	Sagital	Articulaciones interfalángicas proximales 60-180° . Articulaciones interfalángicas distales 110° - 180°.
Primera articulación metacarpo-falángica	Abducción del pulgar  Oposición del pulgar	Esta articulación es una excepción del sistema de 360° . El mov. se realiza en el plano paralelo a la palma de la mano. Este mov. Es una excepción del sistema de 360° . El movimiento se realiza en un plano perpendicular al de la	20° - 50°  0° - 35°

		palma de la mano.	
Cadera	Flexión- Extensión  Abducción- aducción Rotación externa e interna	Sagital  Frontal Esta articulación es una excepción al sistema de 360°. El mov. se realiza en el plano horizontal o transverso y se mide como la desviación en la dirección de la rotación externa o interna respecto de la posición neutra o anatómica de la extremidad inferior	Con la rodilla extendida 90° - 170° . Con la rodilla flexionada 50° - 170° 135° - 195°. Rotación lateral (externa) (Cadera flexionada, 40°) Rotación lateral (cadera extendida, 45°) Rotación medial (interna) (cadera flexionada, 45°) Rotación medial (cadera extendida, 40°).
Rodilla	Flexión- Extensión	Sagital	45° - 180°
Tobillo	Dorsiflexión- flexión plantar (flexión- extensión) Inversión- Eversion	Sagital  Este movimiento es una excepción al sistema de 360° . El mov. se realiza en el plano frontal.	80° -155°  El movimiento se registra como una desviación de la posición de 0° en la cual la planta del pie es paralela al piso o perpendicular al eje longitudinal del tronco, dependiendo de si el paciente esta sentado o en decúbito dorsal. Inversión 30° . Eversión 15° .
Columna cervical	Flexión- Extensión  Flexión lateral Rotación	Sagital  Frontal Este mov. Es una excepción del sistema	

		de 360°. El mov. se realiza en el plano transversal u horizontal y se registra como desviación de la posición 0, que es la que se adquiere cuando la cabeza esta vertical con los ojos mirando hacia delante en una posición "natural". La rotación se registra como la desviación de la posición 0° hacia la derecha o hacia la izquierda.	
--	--	---	--

Basada en información consignada en KRUNSEN, Medicina física y rehabilitación.

Por otra parte en la evaluación funcional se puede valorar el gasto de energía que un paciente mantiene durante varios periodos. La rehabilitación cardiaca emplea como rutina los requerimientos metabólicos de potencia para evaluar el progreso y proporcionar una guía sobre las actividades seguras.

La tabla 18 muestra el consumo de oxígeno (CO), el ritmo cardiaco (RC), el ángulo de abducción del brazo (AB), la duración del ciclo de propulsión (CP), la duración de la fase de empuje (FE) y la duración de la fase de recuperación (FR) en la propulsión de una silla de ruedas manual a diferentes velocidades (V), esta información se obtuvo de un estudio realizado para determinar el ángulo de inclinación de las ruedas en una silla deportiva, solo se extrajeron los datos para un ángulo es 0° ya que es el usado en una silla convencional, no se usaron muchas personas en la prueba, pero son datos tomados que pueden servir como referencia.

Tabla 18. Consumo de oxígeno y ritmo cardiaco.

<b>V</b> <b>Km./hr.</b>	<b>CO</b> <b>L/min.</b>	<b>RC</b> <b>Puls/min.</b>	<b>AB</b> <b>Radianes</b> <b>Max. Min.</b>	<b>CP</b> <b>Seg.</b>	<b>FE</b> <b>Seg.</b>	<b>FR</b> <b>Seg.</b>
2	.70	90	.67 .33	1.90	.80	1.1

3	.90	102	.7	.36	1.70	.60	1.1
4	1.24	118	.71	.35	1.50	.40	1.1
5	1.5	140	.75	.36	1.30	.45	.85

Datos tomados de Venciendo Barreras, Vol. 5, No. 2, Agosto de 1992.

La energía requerida para desarrollar una tarea física dividida en el tiempo que dura una tarea nos da la potencia necesaria para desarrollar una tarea. Es importante entonces recordar que una discapacidad no es un impedimento físico, es una pérdida limitante o la ausencia de capacidad de un individuo para desarrollar actividades personales, sociales y ocupacionales o para cumplir con requisitos estatutarios o reglamentarios y la incapacidad es la pérdida de, o la pérdida de uso de, o el trastorno de cualquier parte del cuerpo, sistema o función. En conclusión la incapacidad es una condición médica que puede ser determinada por un médico, mientras que la discapacidad depende de muchas circunstancias que trascienden un estado alterado de salud. La existencia de una incapacidad no garantiza la existencia de una discapacidad.

Los índices de incapacidad se expresan en términos de porcentaje de la incapacidad total. Algunas entidades han desarrollado técnicas para medir la capacidad de trabajo.

Todo lo anterior conlleva a que cada aparato, instrumento o accesorio que se diseñe, se haga con base a las capacidades de movilidad del paciente y a la magnitud del esfuerzo corporal que este puede realizar, para evitar que exista fatiga o que los miembros que no han sido lesionados se atrofién por desuso debido al instrumento o equipo diseñado.

### **3.4 POSICION SÉDENTE**

#### **3.4.1 POSTURA**

La postura puede definirse como la posición adoptada por el individuo dentro del medio. En la posición de pie la línea de gravedad pasa a través de la apófisis odontoides del eje, detrás de los centros de las articulaciones de la cadera y delante de las articulaciones de la rodilla y el tobillo para estabilizar el cuerpo y evitar que se caiga, no es raro encontrar que en el hombre los músculos antigravitatorios están bien desarrollados y exhiben el máximo grado de tono, por lo tanto, se puede decir que la postura depende del grado de distribución del tono muscular, que a su vez depende de la integridad normal de los arcos reflejos simples centrados en la médula espinal.

Un individuo puede adoptar una postura especial (sentado o parado) durante periodos prolongados de tiempo con pocas pruebas de fatiga. Esto se debe a que el tono

muscular se mantiene a través de distintos grupos de fibras musculares que se contraen por tandas; solo un pequeño número de fibras musculares en un músculo contraídas en determinado momento. Los grupos de fibras musculares activas están diseminados por el músculo.

Para mantener la postura, el reflejo miotático simple, del que depende el tono muscular, debe recibir un aporte nervioso adecuado procedente de los niveles superiores del sistema nervioso por ejemplo, los impulso que provienen de los laberintos y los músculos del cuello, la información que procede del cerebelo, el cerebro medio y de los centros cerebrales, la información general procedente de otros grupos musculares, articulaciones e inclusive de los receptores cutáneos darán como resultado los impulsos nerviosos que influyen sobre las células grandes del asta anterior (es decir, la vía común final) que controlan las fibras musculares.

Cuando un individuo adopta una postura determinada, el tono de los músculos que controlan dicha postura experimenta ajustes finos constantes a fin de que se mantenga la postura. Por lo tanto, la postura normal no solo depende de la integridad del arco reflejo, sino también de la suma de los impulsos nerviosos recibidos por las células motoras del asta anterior procedentes de otras neuronas del sistema nervioso.

De acuerdo con lo explicado anteriormente para la posición sédente permanente se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

**Un buen asiento es aquel que ayuda a quien se sienta en él a estandarizar las articulaciones de su cuerpo, de manera que pueda mantenerse en una postura confortable.**

Los siguientes estudios hacen referencia a problemas que son causados por posición sédente prolongada o permanente.

**GRANDJEAN (1973)** Señala que una postura de sentado causa que los músculos abdominales se aflojen y que se curve la columna vertebral, además del desajuste de las funciones de algunos órganos internos particularmente de aquellos relacionados con la digestión y la respiración.

**POTTIER DUBREUIL Y MOND (1969)** Ha demostrado que la postura de sentado prolongada (durante mas de 60 minutos) produce hinchazón en la parte inferior de las piernas de los que se sientan, causada por un incremento de la presión hidrostática en las venas y por la compresión de los muslos que origina una obstrucción en el regreso del flujo sanguíneo.

### 3.4.2 ASPECTOS ORTOPÉDICOS DE LA POSICIÓN SÉDENTE

Cuando se esta sentado, las estructuras primarias de apoyo del cuerpo son la columna vertebral, la pelvis, las piernas y los pies. En una persona con discapacidad se debe tener en cuenta que en la mayoría de los casos las extremidades inferiores no tienen sensibilidad, por lo que se le hace más difícil al individuo acomodarse libremente. Desde el punto de vista del diseño de la postura de sentado, lo importante es la orientación de las vértebras sacras y lumbares, pues en estas vértebras y en sus respectivos discos y músculos recae toda la carga vertebral de la persona sentada, situación que se hace crítica cuando la persona esta en posición sédente permanente, ya que la incomodidad y lo que seria aun más grave, una deformación en la columna causada por una mala postura aumentaría su grado de discapacidad.

**KEEGAN Y RADKE (1964)** realizaron un estudio para determinar la postura de sentado que produce la aproximación más cercana a la forma lumbar normal, y se determino que la postura mas adecuada es aquella en la que el ángulo entre el tronco y el muslo es de cerca de 115° y la porción lumbar de la columna esta apoyada. Según este estudio también se determino que la posición de sentarse derecho produce gran distorsión vertical. Fig.9.2.

**GRANDJEAN (1973)** dice que los asientos deben ser diseñados de tal modo que tanto en las posturas hacia adelante como en las posturas hacia atrás, se apoye el lado superior de la pelvis intentando frenar la tendencia de rotación de la pelvis hacia atrás.

### 3.4.3 ASPECTOS MUSCULARES DE LA POSICIÓN SÉDENTE

Cualquier alteración de la forma normal de la columna vertebral producirá el correspondiente estrés de la musculatura espinal, ya que las vértebras se mantienen en posición por los músculos.

Tanto la evidencia ortopédica como la muscular sugieren que:

- a. Una postura derecha o inclinada hacia delante causa fatiga
- b. La provisión de respaldos reduce la fatiga lumbar
- c. El respaldo con un ángulo obtuso ayuda a estabilizar la rotación de la pelvis.

#### **3.4.4 ASPECTOS CONDUCTUALES DE LA POSICIÓN SÉDENTE**

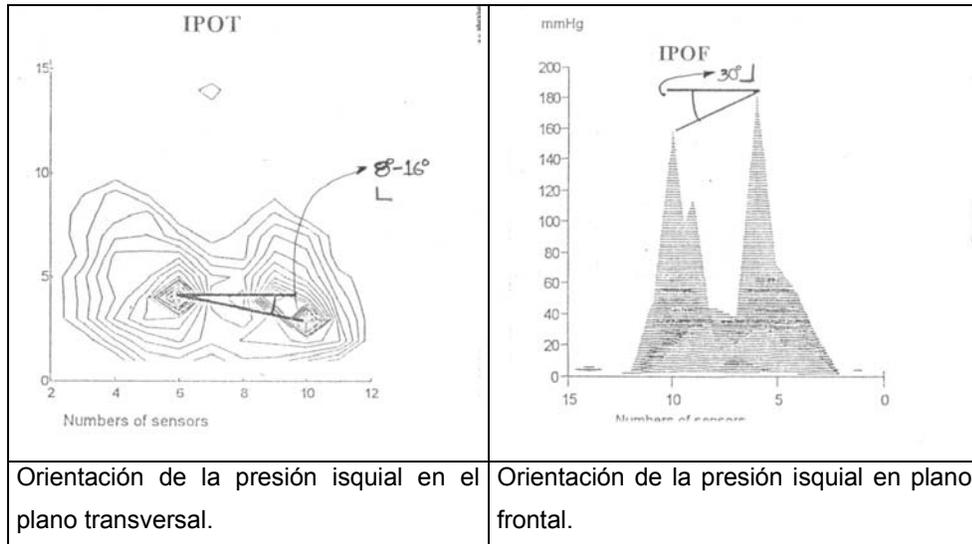
El asiento ideal es aquel en que la persona deja de prestar atención al asiento y a su postura. Cuando se genera este estado, la persona es capaz de poner su entera atención a cualquier actividad que desee realizar. Para un discapacitado su silla de ruedas se convierte en una prenda de vestir, la comodidad que ella le proporcione es de vital importancia en la adaptación tanto física como psicología del paciente.

Dinámica conductual de la postura de sentado: Como ya se mencionó antes cuando se está sentado, el cuerpo esta apoyado en la columna vertebral, la pelvis, las piernas y los pies, la posición de sentado en una persona normal se caracteriza por movimientos regulares o movimientos nerviosos que ayudan a bajar la presión de la mala distribución sobre las partes de la columna vertebral, pero como la columna no es la única estructura de apoyo, es importante considerar las piernas y la pelvis, sobre todo en personas en posición sédente permanente (discapacitados). Las piernas y la pelvis adoptan una forma de palanca mecánica simple y de un sistema de suspensión que ayuda a estabilizar el cuerpo. (BRANTON 1966).

La parte de la cadera en la postura de sentado (la pelvis) puede considerarse como si fuera una pirámide invertida. El contacto con el asiento se hace solo mediante dos huesos redondos(las tuberosidades isquiáticas, cubiertas por muy poco músculo). Según estudios de DEMPSEY (1963) quien señala que el cuerpo humano soporta aproximadamente el 75% de su peso total sobre 25 centímetros cuadrados de las tuberosidades isquiáticas y la capa de músculos subyacentes DEMSSEY sugiere que esta carga es suficiente para producir fatiga de compresión la cual varía de acuerdo con la carga compresora del cuerpo y la duración de la carga.

Si aclaramos que, la fatiga de compresión es la reducción de la circulación de la sangre a través de los capilares, que afecta las terminaciones nerviosas locales y da como resultado sensaciones de dolor, de adormecimiento y malestar. Esta definición conduce a que cuando una persona a perdido la sensibilidad en las piernas no se presenta percepción de la fatiga originada por la falta de irrigación sanguínea y esta falta de percepción hace que el individuo permanezca muchas horas en la misma posición, lo que dará origen a una necrosis celular (muerte celular) por presión prolongada, para evitar esto es necesario tener en cuenta como el la distribución de la presión isquial en la posición sédente (ver tabla 19).

Tabla 19. Orientación de la presión isquial en posición sédente



Datos tomados de Assessment of geometric and mechanical parameters in Wheelchair seating: a Variability Study. IEEE Transactionson rehabilitation engineering, vol 7, 1999.

Se han hechos estudios y aun hoy día se sigue investigando sobre los asientos y sobre el diseño de los mismos con espumas de poliuretano. Por ejemplo DIESBCHLAG Y MULERO-LIMROTH (1980) realizaron pruebas con asientos duros y asientos con espumas de poliuretano y se registro que en el asiento con espuma la presión bajo los glúteos se redujo cerca de 400% y el área de apoyo de contacto entre los glúteos y el asiento se incremento de aproximadamente 900 a 1050 centímetros cuadrados. Cuando se diseña el respaldo se llega a disminuir también la presión. También cuando se cambia el grado de inclinación del respaldo se producen cambios en la distribución de la presión sobre los puntos de apoyo del cuerpo.

Si el cuerpo esta en una posición fija durante largos periodos (más de cuatro Horas) la circulación de la sangre en los flujos capilares se reduce y las funciones fisiológicas que controlan el flujo corporal disminuye, esto sumado a las cargas de presión continuas sobre los músculos acelera la tasa de fatiga de compresión. Para evitar lo anterior es aconsejable realizar movimientos periódicos de todos los segmentos principales del cuerpo. Lo anterior produce cambios en las condiciones de carga y permite la expansión muscular y la contracción por adaptación a las nuevas condiciones de peso por esto la posición sédente es una acción dinámica del cuerpo. Mientras el individuo esta en posición sédente siempre buscara variar de postura para aliviar la mala distribución de la presión y mantener la estabilidad.

### 3.4.5 CONSIDERACIONES ANTROPOMETRICAS EN EL DISEÑO DE UN ASIENTO

Al diseñar una silla debe tenerse en cuenta la población de usuarios, generalmente los datos antropométricos de población en algunos países ya existen, cuando no es así se utilizan datos de países con poblaciones muy similares a las de la región para la que se diseña. También debe tenerse en cuenta el vestuario que usan las personas para las que va dirigida la silla y la función para la que se diseña el asiento. En la tabla 20 se muestran algunos rangos de medida de acuerdo a cada parte del asiento y su función.

Tabla 20. Rangos de medida y funciones para las partes de un asiento de acuerdo a la actividad que se realice

DESCRIPCION	MEDIDA	FUNCION
Altura del asiento Silla de descanso Silla de trabajo	38 a 45 cm 43 a 50 cm	Debe ser ajustable ya que los pies deben quedar planos sobre el piso para un asiento de trabajo.  En un asiento de descanso debe permitir que las piernas se estiren para lograr la posición mas cómoda.
Ancho del asiento	43 a 45 cm	permitir que la cadera se acomode perfectamente
Profundidad del asiento Silla de descanso Silla de trabajo	40 a 43 cm 35 a 40 cm	permitir apoyar el área lumbar en el respaldo.
Angulos del respaldo	103° a 112°	Impidir que el ocupante resbale hacia delante.  Hacer que se recargue sobre el respaldo y encuentre apoyo para las regiones sacra y lumbar.
Altura del descanso para los brazos (apoyabrazos)		Proporcionar un apoyo al brazo para colocar el

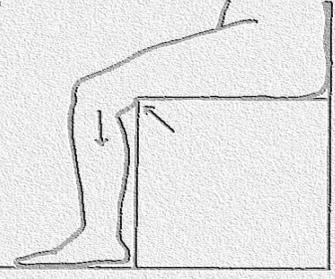
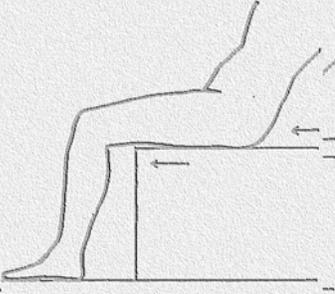
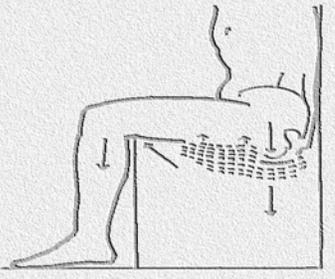
Silla de descanso arriba del asiento comprimido	21 a 22 cm	cuerpo en una posición estable. Ayudar al cambio de posición (levantarse o acomodarse)
Angulo del asiento Silla de descanso Silla de trabajo	19 a 20° 3° (valor máximo)	Permitir que la espalda se mueva hacia el respaldo reduciendo la carga estática de los músculos de la espalda. Prevenir el resvalamiento gradual que ocurre después de periodos prolongados.
Altura y ancho del respaldo Alto Ancho	48 a 63 cm 35 a 48 cm	Sostener la espalda en una posición adecuada de acuerdo a la actividad que se realice.

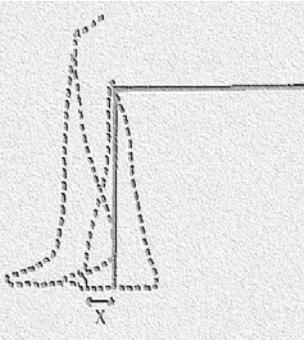
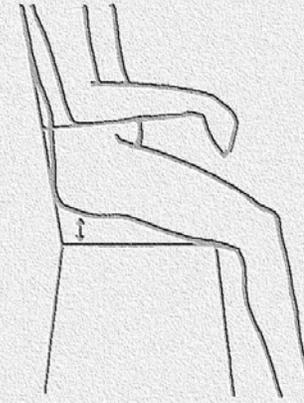
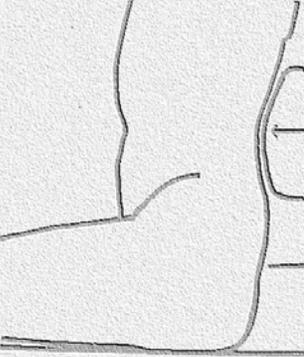
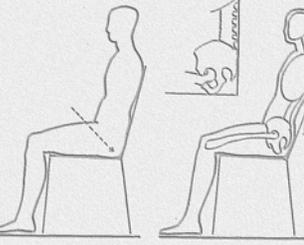
Datos tomados de Ergonomia en Accion, pags. 229 a 231.

### 3.4.5.1 ASIENTOS

Un buen asiento debe ofrecer soporte rígido pero no un encierro rígido. Debe soportar el tórax y la pelvis y ayudar a mantener el ángulo de la columna por lo que el respaldo tiene que tenerse en cuenta también al diseñar. La tabla 21 explica algunas consideraciones importantes al momento de diseñar un asiento.

Tabla 21. Consideraciones en el diseño de un asiento cómodo.

DESCRIPCION	GRAFICO
<p>Un asiento no debe ser tan bajo como para permitir que haya extensión de las piernas hacia delante, porque esto provocaría que las piernas y los pies no tuvieran soporte</p>	
<p>Un asiento muy alto provocara presión innecesaria bajo los muslos y ocasionará dolor y molestias.</p>	
<p>Una superficie de asiento demasiado larga hará que el extremo del asiento entra en contacto con la parte posterior de la rodilla, el sujeto se desliza hacia delante, resultando el respaldo inútil.</p>	
<p>Un asiento con Tapicería demasiado blanda. Hace que hace que la parte inferior del muslo este en contacto con el extremo frontal del asiento y que el peso no este soportado por la tuberosidades isquiáticas,</p>	

<p>Un asiento correcto tiene que permitir el movimiento de las piernas hacia atrás con los pies planos en el suelo.</p>	
<p>El asiento debe estar ligeramente inclinado en la base con respaldo inclinado hacia atrás para proporcionar una posición confortable.</p>	
<p>El respaldo debe inclinarse hacia atrás para mantener la curva natural o arco de la parte lumbar.</p>	
<p>Cuando existe un ángulo de 90° o menos entre la superficie y el respaldo del asiento se produce un enderezamiento de la espina lumbar.</p>	

Datos tomados de CRONEY John, Antropometría para diseñadores.

### 3.4.5.2 CONSIDERACIONES PARA EL ALMOHADÓN Y LOS SISTEMAS DE ASIENTO PARA LA SILLA DE RUEDAS

El acolchonado tiene dos funciones importantes

- Ayuda a distribuir las presiones sobre las tuberosidades isquiáticas y sobre los glúteos causadas por el peso de la persona que se sienta.
- Permite al cuerpo adoptar una postura estable para. Para este fin el cuerpo debe tener la posibilidad de hundirse en el acolchonado que lo sostiene, sin embargo el acolchonado no debe ser demasiado suave.

Dureza y Forma de un asiento: muchas pruebas han demostrado que los asientos blandos son mejores, ya que anatómicamente son las tuberosidades isquiáticas las que soportan el peso del cuerpo en la posición sentada.

El tejido que cubre las tuberosidades posee un riego sanguíneo mayor que el de otras partes de las nalgas, por esto, aunque las superficies del asiento necesiten ser blandas deben ser al mismo tiempo capaces de ejercer una presión contra el peso de este. Una depresión de ½" (13mm) en un asiento blando suficiente.

El alivio y la distribución de la presión es una consideración que tiene una importancia fundamental en individuos que han perdido la sensibilidad y en los de edad avanzada, así como en aquellos que por razones de discapacidad física o deficiencias cognitivas deben permanecer sentados inmóviles en la silla durante largos periodos. Por su puesto ningún tipo de almohadón tendrá éxito en la prevención de úlceras por decúbito sin un sistema adecuado de desplazamiento del peso. Cuando el usuario no pueda realizarlo por si mismo, será necesario recurrir a una silla reclinable o a la ayuda para realizarlo.

Con sensores que se encuentran en el comercio, es posible medir las presiones de sentado debajo de las tuberosidades isquiáticas y de cóccix de hecho se han realizado estudios para medir estas presiones y establecer parámetros para el diseño de los almohadones de la silla de ruedas, en este proyecto se hace mención de algunos estudios a este respecto. En general, las presiones isquiáticas no deben superar los 50 mm Hg. Y las de cóccix deben ser inferiores a 20 mm Hg. La superficie inferior del muslo puede tolerar presiones relativamente altas hasta 100 mm Hg.

Una forma funcional para evaluar lo adecuado de un almohadón es controlar el enrojecimiento de la piel después de ensayos de sentado sobre el almohadón. Comenzando a los 15 minutos y prolongando el tiempo de permanencia en la posición

de sentado a 4 horas en intervalos de 15 minutos con el desplazamiento habitual del usuario.

En la tabla 22 muestra algunos almohadones disponibles y describe sus características importantes. Se deben realizar todos los esfuerzos posibles para controlar la posición de la columna vertebral y de las extremidades inferiores mediante el uso de los elementos de amortiguación apropiados, en lugar de agregar cinturones o sujetadores y separadores para las piernas<sup>3</sup>.

- **FORRO DEL ASIENTO**

En el tapizado del asiento los aspectos importantes son la habilidad para disipar el calor y la humedad generada por el cuerpo sentado y su habilidad para resistir el movimiento de resbalar hacia delante, que es natural al cabo de cierto tiempo. Para trabajar ambos criterios, existen técnicas adecuadas tanto termales como mecánicas que permiten al diseñador hacer las mediciones apropiadas.

### **3.4.6 CONSIDERACIONES PARA EL ESPALDAR**

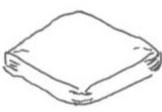
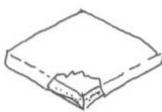
Los respaldos han de ser contruidos formando ángulos variables respecto a la superficie del asiento. Un respaldo ligeramente inclinado contribuye a obtener una posición confortable hacia delante.

Sin la inclinación hacia atrás del respaldo, la curva lumbar se halla inaturalmente aplanada y el esfuerzo se realiza sobre los discos y ligamentos intervertebrales lumbares. La inclinación del respaldo también contribuye a que la fuerza de gravedad fije el cuerpo en la silla y lo mantenga en una posición tal que la sección del asiento que soporta la región lumbar este utilizada al máximo.

---

<sup>3</sup> KRUMSEN, Frank H. Medicina Física y Rehabilitación pags. 579 y 580, el ítem fue tomado íntegramente.

Tabla 22. Tipos de almohadones

	<p>Espuma recortada con inclusión de gel: su costo es elevado, el alivio de presión es bueno, la estabilidad del asiento es excelente, posee buena disipación del calor, la durabilidad es excelente.</p>
	<p>Masmelos rellenos de aire: su costo es elevado, el alivio de presión es excelente, la estabilidad del asiento es buena, la disipación del calor es excelente, la durabilidad es buena.</p>
	<p>Relleno de gel: su costo es moderado el alivio de presión es excelente, la estabilidad del asiento es regular, la disipación del calor Excelente, la durabilidad es buena.</p>
	<p>Espuma recubierta perfilada: su costo es elevado, el alivio de presión bueno, la estabilidad del asiento es excelente, la disipación del calor es mala, su durabilidad excelente.</p>
	<p>Espuma: su costo bajo, el alivio de presión bueno, la estabilidad del asiento es buena, disipación del calor regular, durabilidad buena.</p>
	<p>Relleno de aire: su costo es bajo, el alivio de presión es regular, la estabilidad del asiento es excelente, la disipación del calor es regular, la durabilidad es buena.</p>

Datos tomados de KRUMSEN, Frank H. Medicina Física y Rehabilitación pag.

Un buen respaldo debe permitir libertad a la espalda para ser arqueada ocasionalmente y para mejorar la curva lumbar. Su forma debe ser diseñada de tal manera que soporte la región lumbar de la espalda y además debe ser lo suficientemente alta para soportar las paletas de los hombros. El soporte de la región lumbar debe dejar libre la región sacra. Un respaldo muy confortable e ideal debe ser tal que la superficie se moldee para acomodar el perfil de la columna.

Se sugiere que el respaldo debe tener un área abierta o retroceder por encima de la superficie del asiento. Ya que se requiere un espacio de por lo menos de 12.5 a 20 cm para que el sacro y las partes y carnosas de los glúteos que sobresalen de la silla se puedan acomodar, mientras al mismo tiempo se permita a la región lumbar ajustarse firmemente en el respaldo.

### 3.4.7 CONSIDERACIONES PARA LOS APOYABRAZOS

Los brazos deben encontrar inmediatamente los apoyos sin necesidad de buscarlos y la altura del apoyabrazos debería poder acomodar la parte superior del brazo confortablemente sin elevar el tronco sobre el asiento. Entre estos dos extremos no existe una altura ideal para apoyabrazos. Debe diseñarse apoyabrazos ajustables. Los apoyabrazos no deben ser tan blandos, esto mismo debe aplicarse al asiento. La tabla 23. muestra algunas medidas a tener en cuenta en el diseño del apoyabrazos.

Tabla 23. Dimensiones para el diseño de un apoyabrazos

DESCRIPCION	MEDIDA
Distancia entre apoyabrazos	19" (483 mm)
Altura sin almohadillado	8" (203 mm)
Altura con almohadillado	8 ½" (215 mm)
Rango en que puede estar la altura	7 ½" y 10" (190 mm – 254 mm)

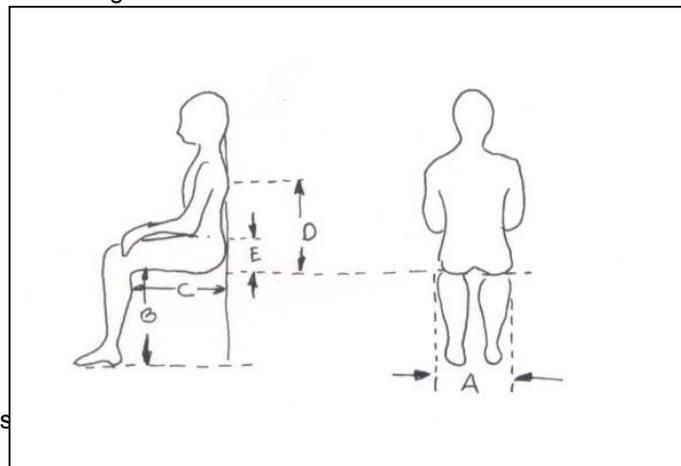
Datos tomados de CRONEY John, Antropometría para diseñadores, pag.

### 3.4.8 CONSIDERACIONES PARA LOS APOYAPIES

Los apoyapiés deben permitir siempre que el ángulo de la pierna y la base del pie sea normal o de 90° a 100°, si la superficie de apoyo del pie esta inclinada mas de 15° sobre la horizontal se requerirá un tope para el talón. La superficie debe ser lo suficientemente ancha para soportar el pie entero.

### 3.5 DIMENSIONES DE LA SILLA DE RUEDAS

Figura 2. Dimensiones de la silla de ruedas



Al diseñar una s

- A. Ancho del asiento: 2,5 cm mas ancha que el ancho de la proporción más ancha de las nalgas.
- B. Altura del asiento: 5 cm más alto que la distancia entre el apoyo del talón a la zona poplítea.
- C. Profundidad del asiento: 2,5 cm más largo que la distancia desde la zona poplítea a la posterior de las nalgas.
- D. Altura del respaldo: 5 cm menos (puede variar) que la distancia desde el borde inferior de la espalda hasta la superficie del asiento.
- E. Altura de los apoyabrazos: distancia desde el inferior de las nalgas hasta el codo.

La figura 2 muestra algunas medidas establecidas para las sillas de ruedas standard es importante también tener en cuenta el espesor del almohadón comprimido. Otras medidas a tener en cuenta son: ancho total de la silla, alto total del usuario sentado en la silla y distancia desde el regazo al piso. Generalmente las sillas ruedas se diseñan de acuerdo a percentiles estándares para determinada región y se hacen ajustes para acomodar al paciente, por lo anterior una silla de ruedas debe tener algunas partes ajustables.

### 3.6 GEOMETRIA Y BIOMECANICA

#### 3.6.1 VALORACION DE LA GEOMETRIA Y PARAMETROS MECANICOS SOBRE EL ASIENTO DE LA SILLA DE RUEDAS

Una adecuada postura ha sido definida como una posición donde la tensión muscular es minimizada y aguanta fuerzas que son distribuidas equitativamente.<sup>4</sup>

Hay algunos detalles importantes descubiertos por los siguientes investigadores que deben ser tenidos en cuenta al diseñar el asiento de una silla de ruedas:

- HOBSON:** encontró que la presión puede ser reducida entre un 28 y 9% cuando el tronco es flexionado a 50° por una persona robusta.
- KOO:** Encontró una reducción de la presión máxima por debajo de las tuberosidades isquiáticas de cerca de 15.6 y 30% cuando la espalda es flexionada 45° de la normal en personas con lesión espinal.
- HOBSON Y TOOMS:** observaron que la pelvis se movía anteriormente entre 8° y 15° cuando el tronco se flexionaba a 30° usando una técnica de rayos x. Mientras

---

<sup>4</sup> Maltais, Dansereau, Aissaoui, Lacoste. Assessment of the Geometric and Mechanical Parameters in Wheelchair seathing. IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, pag.91.

que KOO encontró una inclinación pélvica anterior de 13.6° y 5.6° cuando el tronco se flexiona a 45°, esto se logró establecer realizando marcas sobre el cuerpo de algunas personas.

- **BADER Y HAWKEN:** encontraron que la variabilidad en la presión máxima por debajo de las tuberosidades isquiáticas fue igual a +/- 13 mmHg (+/- 17 kPa) cuando el sujeto queda amortiguado en el asiento.
- **SWAIN Y PETER:** informaron una considerable variación de presión isquiática fluctuando de 48 mm Hg (+/- 6.4 kPa) a 194 mm Hg (25.9 kPa) estos datos se obtuvieron de la evaluación de un grupo de 27 sujetos ambulatorios mayores de edad.
- **CATHY MALTAIS, JEAN DANSEREAU, RACHIB AISSAOUI, Y MICHELE LACOSTE:** recientemente (1999) realizaron un estudio que arrojó datos importantes. Los valores típicos de la medición de presión son 100mm Hg (13.3 kPa) para la presión máxima; 45mm Hg (6 kPa) para la presión media y 17 mm Hg (2.3 kPa/cm) para la presión máxima. Según la tabla 24. se muestra la variabilidad de los parámetros mecánicos de acuerdo a los lados del cuerpo.

Tabla 24. Variabilidad de los parámetros mecánicos

PARAMETROS	MEDIA (M) mm Hg( kPa)	DESVIACION ESTANDAR (SD) mm Hg (kPa)	SD/ M %
Presión máxima (lado derecho)	115.9 (15.4)	19.7 (2.6)	16.9
Presión máxima (lado izquierdo)	117.9 (15.7)	11.2 (1.5)	9.5
Presión media (lado derecho)	46.7 (6.2)	2.6 (0.3)	5.6
Presión media (lado izquierdo)	53.3 (7.1)	2.6 (0.3)	4.9
Gradiente de presión (lado derecho)*	18.2 (2.4)	1.7 (0.2)	9.3
Gradiente de presión (lado izquierdo)*	19.9 (2.7)	2.9 (0.4)	14.6

\* unidades en mm Hg/cm (kPa/cm) Según estudio de MALTAIS Cathy, DANSEREAU

Jean,

AISSAOUI Rachid, IEEE Transactions on rehabilitation Engineering.

### 3.6.2 FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO

Se considera que el desempeño de una silla de ruedas es inversamente proporcional a la energía necesaria para propulsarla para disminuir al mínimo el gasto de energía en el

uso de la silla de ruedas es importante tener en cuenta los siguientes factores que afectan su desempeño:

- Resistencia al rodamiento: es afectada por el material de las llantas, el diámetro de las ruedas, los cojinetes y la alineación de las ruedas. Cuanto más blandas sean las llantas mayor será la deformación y resistencia de rotación sobre las ruedas en la superficie plana. Una mala alineación de las llantas (ruedas) de un grado puede quintuplicar la resistencia de rodamiento. El peso también es de considerarse respecto a la resistencia de rodamiento.
- Control de maniobrabilidad: Cuanto más cerca este el centro de gravedad del usuario, respecto al eje de las ruedas traseras, mejor será el control que se logre. La estabilidad estática (resistencia al golpeteo sobre la parte trasera) disminuye cuando la rueda trasera se mueve hacia delante, esto debe ser considerado cuando el usuario es de edad avanzada o tiene equilibrio deficiente; para solucionar esto se debe intentar el empleo de dispositivos antigolpeteo para no modificar el centro de gravedad hacia delante.

Para reducir al mínimo la energía requerida para el restablecimiento de las extremidades, se debe aumentar mucho la eficiencia de la propulsión. Moviendo el asiento tan solo 2,5 cm hacia delante y hacia arriba es posible aumentar la eficiencia hasta en un 50%. Cuando el usuario tiene brazos demasiado cortos o demasiado largos, puede necesitar modificaciones adicionales para elevar al máximo la eficiencia dinámica de la extremidad. La energía necesaria para alcanzar la movilidad será la que determine la velocidad del desplazamiento, el ámbito del usuario dentro de su entorno y la accesibilidad de las diferentes partes del medio para el usuario. Para un parapléjico joven y sano, no son las mismas condiciones que para una persona de edad avanzada o de una persona con deformidades. La tabla 25 muestra el gasto de energía necesario para desplazarse sobre diferentes superficies.

Tabla 25. Energía para desplazarse sobre diferentes superficies

<b>SUPERFICIE</b>	<b>ENERGIA</b>
Superficies planas y duras	0.46 kcl/kg. . km.
Alfombras	Se duplica la energía por distancia recorrida
Rampas estándar con 7.5 cm de elevación cada metro	De 8 a 10 veces la energía para desplazarse en superficies planas y lisas.

Según KRUSEN. Medicina física y de rehabilitación pag. 576

### 3.6.3 TRASLADOS HACIA LA SILLA DE RUEDAS Y DESDE ELLA

Los ingredientes para un traslado seguro y eficiente de una persona discapacitada son una combinación de capacidades físicas y de percepción, un equipo apropiado y técnicas que se adapten a las capacidades del paciente.

En lo que respecta a la silla de silla de ruedas esta debe facilitar que el traslado se ejecute de la mejor forma, por esto la mayoría de las sillas de ruedas tienen apoyabrazos removibles. Los apoyapiés deben levantarse también para permitir mayor movilidad de las extremidades inferiores.

### 3.6.4. ANÁLISIS DE LA PROPULSIÓN MANUAL DE LA SILLA DE RUEDAS

La propulsión de la silla de ruedas se realiza siguiendo la siguiente secuencia mostrada en la tabla 26.

Tabla 26. Descripción del ciclo de accionamiento manual de una silla de ruedas

GRAFICO	DESCRIPCION DE LA ACCION
	La primera acción que se realiza es la colocación de las manos para lograr la máxima potencia, esta posición se logra flexionando un poco los codos hacia atrás del centro de gravedad del cuerpo, en este momento las manos se alistan para entrar en contacto con el aro de impulsión.
	El segundo paso es el asimiento del aro de impulsión: se aprieta el aro de impulsión con toda la mano, de esta manera las extremidades superiores podrá transmitir la fuerza de empuje al aro de impulsión y este a la rueda.

	<p>En el tercer paso se aplica la fuerza: se realiza un empuje hacia abajo y adelante a través del aro de impulsión, aquí las extremidades superiores hacen impulsar la rueda.</p>
	<p>En el cuarto paso se suelta el aro de impulsión, al liberar el aro el cuerpo está listo para iniciar el periodo de recuperación. En este paso el paciente recupera energía y se consume oxígeno para alistar el cuerpo y volver a iniciar el ciclo de propulsión.</p>

La propulsión de la silla por una persona discapacitada se realiza con las dos extremidades superiores en la mayoría de los casos, y según algunos estudios<sup>5</sup> se ha determinado que existe cierta simetría bilateral en la propulsión manual de la silla de ruedas, lo que indica que se realiza un trabajo más o menos igual con ambos brazos. La eficiencia de la propulsión se logra cuando la fuerza ejercida es tangencial a la superficie de apoyo.

### 3.7 RELACION DE LA REHABILITACION CON LA INACTIVIDAD

Cuando la capacidad funcional desciende hasta niveles peligrosamente bajos aparecen síntomas y signos. Por ejemplo: la capacidad reducida del sistema musculoesquelético producirá debilidad y atrofia por desuso, que al final conducirán a una reducción en la resistencia, desacondicionamiento cardiovascular y osteoporosis<sup>6</sup>.

Debilidad y atrofia por desuso: La inactividad afecta directamente la fuerza muscular, la resistencia y el vigor. El aislamiento social y la inactividad prolongadas pueden

<sup>5</sup> GOOSEY and CAMPBELL, Symetry of the elbow kinematics during racing wheelchair propulsion, Ergonomics, 1998, pag.s 1811 a 1820.

<sup>6</sup>KRUMSEN, Frank H. Medicina Física y Rehabilitación, pag 571

manifestarse como irritabilidad, hostilidad emocional, que incluye ansiedad, conducta neurótica y depresión.

También se puede alterar el juicio, la capacidad para resolver problemas y la capacidad de aprendizaje, memoria, habilidades psicomotoras y estado de alerta<sup>7</sup>.

Esto es aplicable a pacientes en posición decúbito prolongada, y puede ser aplicado a personas con discapacidad, ya que la pérdida de la movilidad en sus miembros ocasiona inactividad corporal.

Al diseñar para una comunidad discapacitada lo más importante a tener en cuenta es que los implementos diseñados ayuden a lograr el nivel mas alto posible de funcionamiento e independencia de lo anterior deriva la importancia de darle al paciente la opción de ejercitar las partes de su cuerpo que no han sufrido daño.

Sin embargo, recientes estudios demuestran que el uso prolongado de la silla de ruedas manual esta asociado con lesiones por sobre uso de las extremidades superiores, incluyendo síndrome perforación carpal, tendinitis y bursitis del codo, desgarres de empuñadura al rotar el hombro y necrosis aséptica de la cabeza humeral (Bayley et.al, 1987; Gellman et.al,1988; McCormack et.al, 1991 Nichols et.al, 1979: Pentland et.al, 1991)<sup>8</sup> . Las lesiones anteriores pueden empeorar el nivel de independencia de los usuarios de la silla de ruedas. Por lo anterior dar la posibilidad al paciente de tener una silla de ruedas que pueda ser accionada tanto manual como automáticamente es lograr que el pueda ejercitar las partes de su cuerpo que no han sufrido lesión cuando lo desee, pero por otro lado permitirle movilizarse mas rápidamente en sus desplazamientos por la ciudad y en su trabajo utilizando el accionamiento automático, sin poner en riesgo sus extremidades superiores y sin agotamiento físico excesivo.

### **3.8 PRESCRIPCION DE LA SILLA DE RUEDAS**

El logro óptimo de una independencia en el desplazamiento constituye un paso vital en la rehabilitación, de un individuo físicamente discapacitado.

Para una persona incapaz de alcanzar y mantener una marcha segura, satisfactoria y eficiente, la silla de ruedas podrá representar el medio necesario para acceder a las

---

<sup>7</sup> KRUMSEN, Frank H. Medicina Física y Rehabilitación pag.575

<sup>8</sup>Tomado de Journal of biomechanical Engineering, Copyriht 1988 by ASME, Agosto 1998, vol. 120 pag. 533. Sección, Technical Briefs.

oportunidades sociales, educacionales, vocacionales y recreativas que forman parte de un estilo de vida productivo y gratificante.

- Los objetivos para la prescripción de una silla de ruedas son los siguientes:
  - Llevar al máximo la eficiencia de la movilidad independiente
  - Prevenir o disminuir a un mínimo de la deformación o lesión
  - Llevar al máximo la independencia funcional (posición estable, disminuir el tono).
  - Proyectar una imagen corporal saludable, atractiva y vital
  - Disminuir al mínimo del costo del equipo de corto y largo plazo
  
- Consideraciones para la prescripción de una silla de ruedas específica: no existe una prescripción estándar para un tipo de discapacidad ya que cada usuario es único.
  - Consideraciones generales: la silla debe ser, plegable con armazón liviana, fácil de limpiar, de fácil mantenimiento, económica, que proporcione rehabilitación al paciente, con amortiguación, con los accesorios adecuados para proporcionar al paciente comodidad, etc.
  - Consideraciones de acuerdo a ciertas discapacidades específicas: (además de todas las anteriores)
    - a) Hemiplejía: ejes de desconexión rápida, la impulsión de la silla se hace con un solo brazo, altura de asiento adecuada para proporcionar buena tracción sobre el piso sin deslizarse hacia el asiento, ruedas frontales con cubierta lisa, redcillas frontales grandes, los frenos deben estar altos con una extensión sobre la derecha o izquierda según sea el caso, los aros de empuje pueden estar recubiertos de plástico para mejorar el asimiento, los estribos deben poderse quitar para y desplazar, buen apoyo para el pie derecho, almohadón liviano, espuma de 10 cm.
    - b) Deportista parapléjico: Silla resistente, con armazón de titanio o de acero inoxidable, que proporcione un alto grado de rigidez, eje y ruedas frontales ajustables, ruedas grandes con eje de desconexión rápida, llantas neumáticas con huellas, los aros de empuje de acuerdo con la preferencia del usuario, ruedas frontales neumáticas de gran tamaño para uso cotidiano, juego de ruedas más pequeñas de nailon para sus prácticas deportivas, el tipo de freno y los suplementos graduables deben ser de preferencia del usuario, los estribos deben poderse quitar y proporcionar un apoyo adecuado al talón, los apoyabrazos deben ser ajustables y poder quitarse, el respaldo de altura ajustable, debe asegurarse la buena postura, adecuada distribución de la presión, con espuma con agregado de gel y un apoyo lumbar que

será útil para mantener la postura y la reducción de sobre esfuerzo de la cintura escapular.

- c) Cuadruplejía alta: Silla de propulsión mecánica con base de potencia con impulso directo, con freno automático, cuatro llantas semineumáticas de tamaño mediano, sistema reclinable integrado antideslizante movido por electricidad, control de operación manual que actúe como un control de la superficie de separación del medio, accesorios especiales para facilitar la colocación de grabadora, computador portátil u otras cosas que el paciente necesite, almohadón afelpado neumático para alivio de presión.
- d) Parálisis cerebral: la silla debe permitir una colocación adecuada para controlar el tono, y proporcionar independencia al máximo, asiento con la forma del paciente, a medida que el paciente pueda manejar controles puede adaptarse a una silla de base de potencia provista con dispositivos para aumentar la comunicación y control.
- e) Pacientes de avanzada edad: se recomiendan unidades motorizadas, vehículo de tres ruedas si el terreno es liso de cuatro ruedas si el terreno es escarpado, soporte para el tanque de oxígeno, asiento giratorio.
- f) Individuos internados en instituciones: óptima movilidad y seguridad, posición sédente cómoda, se debe asegurar la comodidad para que el paciente se sienta seguro y mantenga la auto estima, se requiere la evaluación siempre de un especialista.

La silla de ruedas adecuada puede ejercer una profunda diferencia en la calidad de vida para una persona discapacitada cuando se han logrado los factores básicos de soporte, movilidad y apariencia general.

### **3.9 ACCESIBILIDAD**

Se realizan esfuerzos para moldear el medio ambiente donde se vive de modo que se convierta en una serie de herramientas en lugar de una colección de obstáculos. La privacidad sin llegar al aislamiento y la independencia sin expectativas irracionales son conceptos útiles que se pueden emplear para planear las disposiciones de la vida.

Cuando son indispensables los diseños y un equipo especiales, los diseñadores y fabricantes podrían promover soluciones y productos estéticamente agradables.

### **3.9.1 SILLAS DE RUEDAS Y ASIENTOS**

Las sillas de ruedas han contribuido mucho a mejorar la accesibilidad ambiental de las personas con alteración de la movilidad; ciertas dimensiones de las sillas de ruedas han ganado amplia aceptación como medidas estándar.

Los elementos de postura y posición en la silla de ruedas son importantes. La elevación excesiva del apoyapiés puede provocar alteraciones posturales que causan demasiada presión sobre el sacro, con el riesgo acompañante de úlceras por decúbito. Un aumento de la flexión de la cadera, que se puede lograr a través de una modificación del almohadón del asiento, ayudaría a impedir que algunas personas que usan sillas de ruedas se deslicen fuera del asiento. Puede ser un almohadón que facilite la extensión de la cadera para acomodar las limitaciones de la flexión de esta o mejorar el drenaje de orina en los dispositivos colectores.

Se han descrito preferencias de asiento de las personas con discapacidades físicas no confinadas a una silla de ruedas. Un porcentaje importante de adultos con artritis presentan dificultades para levantarse de las sillas, particularmente de las que tienen asientos bajos. Esta dificultad se atribuye a rigidez y a problemas de rodilla y cadera y la mayor potencia muscular requerida para superarla desventaja mecánica que se desarrolla con la flexión progresiva de la rodilla.

Para solucionar lo anterior es recomendable aumentar la altura de los muebles, colocando plataformas o bloques debajo de las sillas, las camas y las mesas y el uso de moldeadores o almohadones. Las sillas con elevadores eléctricos, los asientos con resortes auxiliares y las sillas altas constituyen otras alternativas.

### **3.9.2 CAMINOS ACCESIBLES**

Según investigaciones para la deambulación normal un coeficiente de fricción estática mayor de 0.4 producirá superficies seguras para la marcha. Al evaluar los factores biomecánicos que producen accidentes por deslizamiento la fricción dinámica es más importante que la fricción estática. El desarrollo de valores para coeficientes de fricción estática y dinámica para varias superficies de pisos apropiados para las personas con deambulación normal y para las que sufren trastornos es un área en la que se propone nuevas investigaciones.

El gasto relativo de energía para deambulación en distintas superficies es otra área importante de investigación. Al parecer las tensiones cardiopulmonares para la deambulación en silla de ruedas son mayores que para caminar.

Al cambiar la deambulación sobre piso de mosaicos a piso de alfombra ocurrieron aumentos importantes en el gasto energético en las personas que utilizan sillas de ruedas que no se observan en los peatones. Se recomienda montar pasamanos entre 760 mm y 865 mm por encima de las superficies y que tengan una separación de pared adyacente de 38 mm.

### **3.9.3 LAS RAMPAS**

Las rampas son esenciales para las personas que utilizan sillas de ruedas cuando no existen elevadores o ascensores para conectar diferentes niveles<sup>9</sup>.

### **3.9.4 LOS RETRETES**

La mayor parte de los baños carecen del área de piso suficiente para acomodar la silla de ruedas. Las recomendaciones específicamente aplicables a los retretes incluyen: el vestíbulo después de la puerta de entrada debe tener de profundidad mínima 1219 mm. si la puerta se abre hacia adentro y de 1068 mm. si la puerta se abre hacia fuera.

La altura recomendada del inodoro es de 430 mm a 485 mm lo que se equipara bien con la altura de 485 mm del asiento de las sillas de ruedas estándar para adultos.

Un asiento de bañera debe tener un área segura a nivel para facilitar el traslado desde una silla de ruedas o desde unas muletas. Esto también es útil para permitir que las personas se sienten mientras se sacan dispositivos protésicos u ortóticos. Las barras de presión alrededor de un inodoro, una bañera o una ducha se colocan a una altura de 840 mm a 915mm<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> KRUMSEN, Frank H. Medicina Física y Rehabilitación pag. 1317.

<sup>10</sup> KRUMSEN, Frank H. Medicina Física y Rehabilitación pag. 1319.

## **4. ASPECTOS GENERALES DE DISEÑO**

### **4.1. CONCEPTOS BASICOS APLICADOS**

En la etapa inicial del proyecto se realizan encuestas en las que se entrevistan un buen número de personas; en el anexo C de este proyecto se muestra el formato utilizado y la información recopilada con el fin de conocer las inquietudes tanto de personas discapacitadas como de otras personas que están en permanente relación con los discapacitados.

Con esto se busca utilizar de la mejor manera todos los elementos de diseño disponibles para lograr una solución que responda a las necesidades reales de un paciente discapacitado local.

Además de los aspectos de ergonomía, antropometría y biomecánica ya tratados ampliamente en capítulos anteriores, los aspectos principales de diseño que se tuvieron en cuenta se desglosan a continuación.

#### **4.1.1 ASPECTO FORMAL**

Se busca el tratamiento de una forma orgánica, ya que como se ha mencionado la silla de ruedas se asemeja a una prenda de vestir, y el que el paciente la sienta como una extensión de su cuerpo hace que su interacción con ella le produzca bienestar. Se trabaja continuidad de la línea y coherencia formal, tanto en la estructura básica de metal, como en los accesorios, tales como cojinería, apoyabrazos, apoyapiés, uniones, sistema de impulsión automática, sistema de empaque, controles de accionamiento.

#### **4.1.2 ASPECTO DE COLORES**

Se trabaja con base en los tonos grises, por disponibilidad de colores del material de forro y para aprovechar los acabados obtenidos con el aluminio sin aplicar ningún recubrimiento. El aluminio tiene un color plateado brillante natural, que se aprovecho combinado con una lona gris oscura y una tela gris media con manchas grises oscuras.

Se trabajo el gris en la cojinería porque es un color neutro, que combina con cualquier ambiente y que además posee la propiedad de conservar su apariencia de limpieza.

#### **4.1.3 ASPECTO DE TEXTURAS**

Se combinan superficies completamente lisas con superficies rugosas, la textura se trabajó según las necesidades de funcionalidad de la silla. En el caso de los almohadones, se trabajo combinando la textura semirrugosa de la lona con la textura suave y aterciopelada de la tela, la textura de la tela, obedece a que es el material directamente en contacto con el paciente, y la lona se debe a requerimientos técnicos en el diseño del cojín que se trataran en el ítem tres de este capítulo. Sin embargo el relacionar dos texturas diferentes, para un mismo elemento, crea un efecto que rompe con la monotonía que se puede causar si se utilizase un solo tipo de material en todo el almohadón. Las texturas de los materiales fueron seleccionadas por sus propiedades y beneficios para el paciente.

En el caso particular de las espumas de poliuretano, estas fueron seleccionadas porque son un material que da muchas posibilidades diseño y esta comprobado que proporciona un mejor soporte al paciente y que si se usan de manera adecuada, tendrán un tiempo de vida útil de 2 años aproximadamente. Además de esto estas espumas después de un periodo de uso diario de estimado entre 12 y 16 horas deben tener un periodo de recuperación mínimo de 8 a 12 horas. En el estudio realizado por Gregory Shaw <sup>11</sup> se usaron tiempos de prueba para la recuperación de las espumas entre 16 y 32 horas, las espumas con volutas arrojaron los datos satisfactorios para el tiempo de recuperación de 16 horas. Por lo anterior seria recomendable que un paciente tenga almohadones intercambiables.

#### **4.1.4 ASPECTO DE USO Y MANTENIMIENTO**

A nivel general toda las partes de la silla se diseñan para responder principalmente a las necesidades básicas de una persona discapacitada, se elaboran con materiales con características especificas para cumplir con los requerimientos basados en esas necesidades, estos materiales se seleccionan de excelente calidad, tienen un tiempo de

---

<sup>11</sup> SHAW, C. Gregory , Retention of supportive properties by eggcrate and foam Wheelchair cushions, Journal of Rehabilitation Research and Development, Vol. 35, No.4, Octubre, 1998, pags.396-404.

uso, tiempo en el cual deben sustituirse puesto que pierden dichas propiedades, esto no quiere decir que el aspecto de durabilidad no se haya considerado, lo que sucede es que cuando se habla de comodidad del paciente, esta palabra encierra una serie de aspectos que si no se tienen en cuenta, se ocasionara que el paciente disminuya su calidad de bienestar. A cada elemento de la silla se le puede realizar mantenimiento, incluso algunas de sus partes son removibles y su diseño permite realizar la limpieza de una manera adecuada.

#### 4.1.5 ASPECTO DE SEMIÓTICA Y PERCEPCIÓN

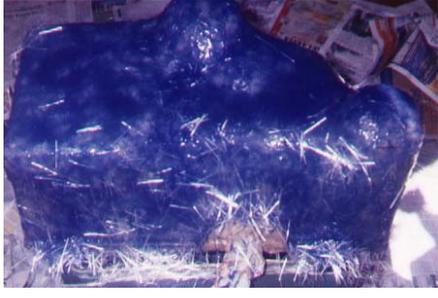
Se procuró con el resultado de diseño lograr además de que el paciente se sintiera cómodo, que el elemento que esta usando le genere seguridad y aumentara su auto estima. Esto influyo al escoger los materiales y colores que se usarían y en la presentación sobria del vehículo.

#### 4.2 ANALISIS DE MATERIALES

La selección de los materiales para este proyecto se hizo de acuerdo a los requerimientos de diseño expuestos en los capítulos anteriores. La tabla 27 muestra todas las clases de materiales usados en este proyecto y posteriormente se hace una descripción más detallada de cada tipo de material.

Tabla 27. Materiales usados en la elaboración de la silla de ruedas propuesta

	
Materiales para la estructura base	Materiales para la cojinería y sistema de soporte del paciente.

	
<p>Materiales para el sistema mecánico.</p>	<p>Materiales para la elaboración de carcazas de protección para del sistema de accionamiento automático.</p>

#### 4.2.1 ALUMINIO

Foto 1. Formas de aluminio disponibles en el mercado

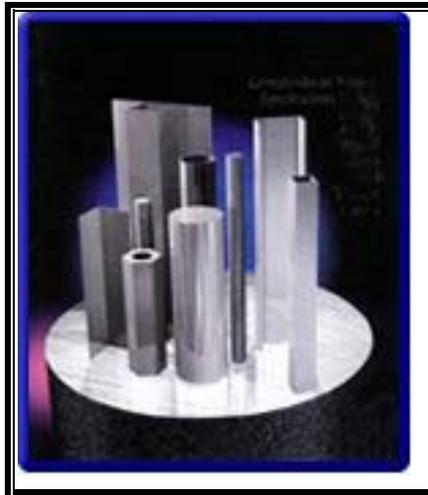


Foto archivo de Alumina S.A.

Para la estructura básica de la silla se escoge el aluminio porque sus características (ver anexo D) ofrecían ventajas tales como:

- Disminución del peso de la silla, debido a que el aluminio es tres veces más liviano que el acero, material usado en la mayoría de los diseños de sillas de ruedas.

- Reducción en los procesos de acabado, el aluminio no se corroe, por lo tanto no necesita de la aplicación de pinturas protectoras, su aspecto al natural, es agradable y si se le realiza limpieza periódica, siempre su superficie se mantendrá brillante.
- Aumento de vida útil de la estructura, como es un material que no se corroe, si además de esto se le da un manejo adecuado, le permitirá al paciente cambiar o modificar accesorios como los cojines que se deterioran con el uso, sin tener que hacer mucha inversión, y mantener un vehículo confortable y pulcro.
- Disminución del riesgo de toxicidad, el paciente puede estar en contacto con este material libremente sin ningún riesgo de contaminación.

#### 4.2.2. TELA

Foto 2. Tela utilizada como forro del almohadón



Quando se trabaja en el cojín de soporte del paciente se procura al máximo disminuir los efectos de la presión prolongada, el aumento de la temperatura en las zonas mayor presión y la falta de irrigación sanguínea en estos mismos sitios del cuerpo. Al seleccionar el tipo de tela adecuado, no podía dejarse de lado estas consideraciones, ya que dicha tela estará en contacto directo con el paciente, y puede disminuir o aumentar el riesgo de úlceras causados por la posición sédente permanente en un discapacitado. Por esto para la el recubrimiento del cojín se usa Microtherm, tela resistente al agua que permite la respiración y el flujo de aire, es antialérgica. Las anteriores características hacen que el aire circule libremente y no permiten que haya acumulación de calor. Estas telas fueron diseñadas para la fabricación de forros de automóviles y las usan las marcas de automóviles como Renault, Chevrolet y Mazda. Los datos de resistencia, no fueron suministrados por el fabricante, pero su vida útil estimada es mas o menos de 3 años, tiempo en el cual empieza a perder sus propiedades. Este tipo de tela se uso para

las partes superiores de los almohadones, ya que estas estarán en contacto directo con el paciente.

Foto 3. Liencillo utilizado como material aislante



Una segunda tela, lienzo se usa para unir una espumilla muy delgada (5mm de espesor) y la tela Microtherm, este lienzo es muy delgado y permite también el flujo de aire, debe realizarse el ensamble de los tres materiales (tela Microtherm, espuma delgada y lienzo) para dar mayor resistencia al tapizado y poder realzar las formas dadas al cojín de espuma.

#### 4.2.3 HULE

Foto 4. Hule utilizado como forro en los almohadones



Se escoge para el recubrimiento de las superficies laterales e inferiores de cada almohadón y para los canales de sistema de sujeción de los almohadones a la estructura. El hule Ambla Tropicana, fabricado en Colombia por la empresa Plástiquimicas, es retardante al fuego, cumple con la normativa BS5790 Parte 1 tipo 2 grado ISO 7617-1 (1988), con frecuencia de frote  $\frac{1}{4}$  de ciclo por segundo. Muy fácil de limpiar resiste a los ácidos suaves alcalinos. Se puede limpiar con una gamuza

ligeramente húmeda, jabón y agua. No resiste el uso de blanqueadores. Este hule es sometido a las siguientes pruebas de control de calidad por el fabricante: falibilidad, abrasión, resistencia a la tensión, adhesión de tela plástica al respaldo, resistencia al rasgado, flexión (W), migración de color, desviación de color, desteñido al frote, porcentaje de deformación, porcentaje de abrasión, envejecimiento,(pruebas U.V) y Rigidez Cold Crack.

#### 4.2.4. POLIURETANO

Foto 5. Tipos de espumas

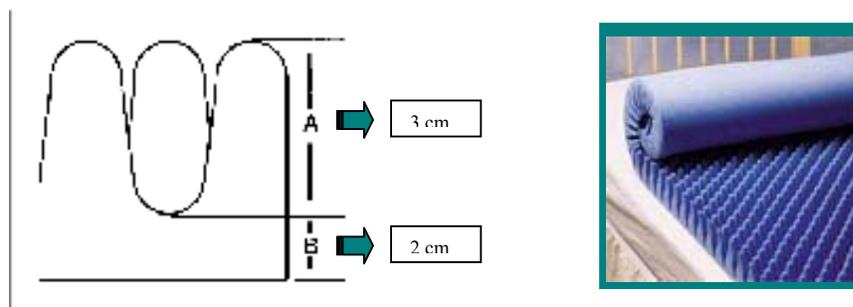


Para los almohadones del asiento y espaldar se selecciona cuatro tipos diferentes de espumas de poliuretano (ver propiedades generales del poliuretano en anexo E) que obedecen al diseño específico de dichos almohadones estos cuatro tipos de espuma (ver foto 5) cumplen con la norma ICONTEC 2019 y sus propiedades se describen a continuación:

- Espuma rosada, Se selecciona esta espuma para dar mayor resistencia a la superficie de contacto con el resortado de base del cojín. De 2 cm de espesor, densidad 26, Diseñada para soportar pesos medios, en la industria del colchón, es óptima también en espaldares y asientos gracias a su mayor resistencia a la tensión y al desgarre su capacidad máxima de carga es de 80 kg./m<sup>3</sup>.
- Espuma Verde, La utilización de esta espuma se debe a que se necesitaba un espacio intermedio para amortiguar la presión, con mayor flujo de aire en su interior. Esta espuma es para una capa intermedia, su densidad es 23, tiene 3 cm de espesor y su capacidad máxima de carga es de 55 kg./m<sup>3</sup>. Esta diseñada también para el uso en espaldares, asientos y en la industria del colchón.
- Espuma con volutas, Esta espuma es seleccionada por su diseño especial para asientos, espaldares y colchones de uso prolongado, es antiescaras, su diseño

permite una mayor distribución de la presión isquiática, aumento del área de contacto alrededor de los puntos de mayor presión, un mayor flujo de aire en todo el almohadón, e impide el aumento de la temperatura en las áreas de contacto con mayor presión. Su forma como se muestra en la gráfica 1 es parecida a un cartón de huevo por eso es llamada **eggcrate foam**. Su color es rosado, su densidad es 26. Esta espuma de poliuretano está formada por dos capas, una bastante densa que forma la base (B) y otra donde se forman volutas que terminan en picos (A), sus dimensiones se muestran en la gráfica 1.

Gráfica 1. Esquema de forma y tamaño de las espumas antiescaras



Información recopilada de archivo Eggcrate and foam Wheelchair Cushions

- Espuma amarilla, espuma delgada de 5 mm de espesor es usada para colocar de entre- tela, para dar un efecto abullonado al cojín, de densidad 12 usada para cojines decorativos, su capacidad de carga es 24 kg/ m<sup>2</sup>. Su densidad y espesor permiten el flujo de aire y al mismo tiempo ayudan a dar forma al cojín.

Foto 6. Espumilla utilizada como entretela.



#### 4.2.5 RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO

Foto 7. Carcasa fabricada con fibra de vidrio



Para la elaboración de las carcasas del Motor y del Joystick se escoge la resina poliester, reforzada con fibra de vidrio, gracias a que es un material que permite hacer piezas por moldeo de forma sencilla, y a que permite elaborar cualquier tipo de pieza, para la elaboración de los modelos de las carcasas se uso el barro de moldeo amarillo.

#### **4.2.6 MATERIAL DE LOS RESORTES DE LA COJINERIA**

Foto 8. Tipos de resortes utilizados como soporte de los almohadones



El material de los resortes es alambre galvanizado de 1.8 mm. De espesor con un diámetro interior de 5mm. Elaborados para soportar una carga de 4 kg./cm<sup>2</sup>. Estos resortes son usados en la industria del mueble metálico para sillas de descanso. Trabajan a flexión, para seleccionar el resorte adecuado para este proyecto se realizaron pruebas con varios calibres y diámetros internos, pruebas que se explicaran en el próximo ítem. Estos resortes son elaborados por la fábrica de resortes La Nacional en Bucaramanga.

#### **4.3 ANALISIS DE CADA PARTE DE LA SILLA**

En este ítem se describe el trabajo de diseño que se realiza con cada una de las partes de la silla.

##### **4.3.1. ESTRUCTURA GENERAL**

En un estudio inicial se observa y analiza las formas convencionales de sillas de ruedas existentes mostradas en la tabla 28, de estas ninguna estuvo acorde con los siguientes planteamientos requeridos: suficiente espacio para el sistema mecánico de impulsión, desmonte fácil de las piezas, sistema de plegado en caso de tener que transportar la silla.

Tabla 28. Estructuras básicas de las actuales sillas de ruedas

	<p>En el esquema observamos como se varia el punto de pivote en los diferentes tipos de sillas de ruedas. Consiste en un punto donde se acoplan dos ejes y permite el plegado, esto se traba en el centro de la silla de ruedas. Estas alternativas disminuían el espacio para el sistema mecánico y por esto no se tomo como base ninguna. Se trabajo con un sistema de plegado diferente.</p>
--	---

La estructura general se desarrolla con materiales muy livianos que permiten disminuir peso, se desarrollo por módulos y permite que se pueda desarmar muy fácilmente, todas sus piezas se pueden retirar y cambiar en caso de mantenimiento. Esta fabricada en aluminio, su diseño se basó en la abstracción de la figura humana. La tabla 29 muestra algunos detalles de su diseño.

Tabla 29. Esquemas de alternativas en las que se basó el diseño de la silla de ruedas

	<p>Abstracciones de la figura humana para la estructura general de la silla. Se selecciono la tercera abstracción porque proporciona una forma más orgánica y se acomoda a los requerimientos de resistencia ya que permite una mejor distribución de los puntos de presión del cuerpo.</p>
--	---

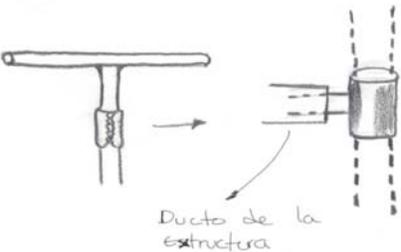
	<p>En los primeros bocetos se buscaba un manejo global, se plantea un tratamiento de almohadones abullonados sobre una estructura convencional ya existente en sillas de ruedas. Pero el uso de esta se replanteo, ya que no cumplía con algunos parámetros, como espacio para el sistema mecánico y el desmonte de los almohadones para poderse plagar.</p>
	<p>Estructura con techo. Y protección delantera para el paciente. Esta alternativa es poco viable porque tiene requerimientos elevados en el aspecto formal y de funcionamiento. Se buscaba mayor protección para el paciente. Pero se hace más complejo su desarrollo y funcionalidad.</p>
	<p>Distribución de los componentes de toda la silla. Acomodación del sistema mecánico en el sistema de plegado en forma de tijera.</p>
	<p>Estructura plegable con techo protector, se selecciona esta alternativa, pero se elimina el techo. El sistema de plegado es el sistema de tijera. Este sistema permite dar mayor espacio libre central lo que es conveniente para la acomodación del sistema mecánico</p>

## 4.3.2 ACCESORIOS

### 4.3.2.1 APOYABRAZO

También removibles y graduables para permitir que el paciente pueda liberarlos fácilmente o desplazarlos hacia la parte trasera, despejando el espacio para poderse trasladar de la silla de ruedas a su cama o a otra silla.

Tabla 30. Estructura básica del apoyabrazo

<p>Acople de Apoyabrazos.</p>  <p>Ducto de la estructura</p> 	<p>El apoyabrazos se diseño aprovechando los ductos de la estructura principal de la silla. En la estructura base como se observa en la fotografía se colocaron unos acoples laterales para los apoyabrazos. estos acoples permiten desplazar los apoyabrazos, removerlos y un sistema de graduación con tornillo permite variar la altura del apoyabrazo, esto buscando una mayor adaptabilidad de la silla a diferentes tipos de pacientes</p>
--	--

### 4.3.2.2 APOYAPIES

Para los apoyapiés se tuvo en cuenta que fuesen desplazables para permitir que el paciente pueda trasladarse fácilmente de la silla. Son además removibles y graduables, permitiendo que el paciente pueda acomodarlos de acuerdo a su necesidad.

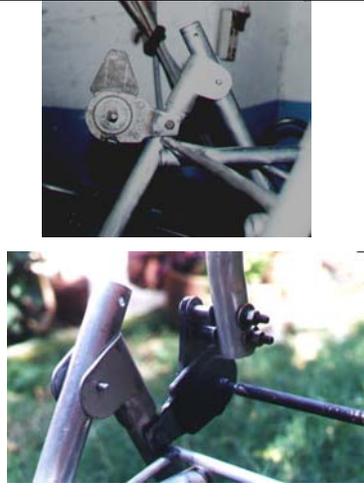
Tabla 31. Estructura del apoyapies.

	<p>Los apoyapies propuestos permiten que el paciente los adapte fácilmente ya que se forman con tubos introducidos unos dentro de otros, sujetos con tornillos lo que hace que se pueda variar fácilmente su longitud. También están provistos de un sistema de graduación que permite variar el ángulo y la postura de las piernas y pies.</p>
---	---

#### 4.3.2.3 SISTEMA DE RECLINADO DEL ESPALDAR

Para lograr un reclinado del espaldar completo y dejar la silla casi como una camilla se adapta el reclinado de un automóvil. Se adosa a la estructura básica mediante tornillos. Este reclinado proporciona seguridad y permite fácil maniobrabilidad para el paciente. La tabla 32 muestra como fue acoplado a la silla de ruedas.

Tabla 32. Acople del sistema de reclinado

	<p>Reclinado acoplado a la silla de ruedas, vista interna de la silla de ruedas, observamos que en el acople inferior se usó solo un tornillo y un tope para impedir el movimiento del acople. En la segunda foto podemos ver el acople con la parte superior de la silla donde se usó un par de tornillos para lograr mayor rigidez entre el espaldar y el reclinado. Este sistema de tornillos permite variar la altura del espaldar, lo que implica que se pueda adaptar para personas de diferentes alturas. Solo cambiando los tornillos de agujeros se logra esto.</p>
---	--



Vista exterior del acople del espaldar.

Se puede observar aquí a que distancia estará la perilla de graduación del paciente, su posición es muy cercana al asiento, lo que le permite fácil maniobrabilidad.

#### 4.3.3 COJINES O ALMOHADONES

Foto 9. Almohadones diseñados para la silla de ruedas



Dentro de la gran gama de sillas de ruedas existentes mostradas algunas de ellas en capítulos anteriores, se analiza el tipo de almohadón, o lona en algunos casos, utilizados como soporte para el paciente y se encuentran ventajas y desventajas, las cuales se analizan en la tabla 33. Los datos de esta tabla sirven para diseñar los nuevos almohadones que adoptaron las características que ofrecían ventajas para el paciente, esto se logra combinando los dos sistemas de soporte analizados.

Tabla 33. Ventajas y desventajas de los dos sistemas de soporte existentes para las sillas de ruedas

TIPO DE SOPORTE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Sistema de hamaca elaborado en lona elástica</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Cuando la silla tiene un buen diseño permite que el cuerpo se acomode anatómicamente.</li> <li><input type="checkbox"/> El efecto hamaca permite que sea mayor el área de contacto.</li> <li><input type="checkbox"/> Es fácil de limpiar y por ser impermeable no se deteriora fácilmente.</li> <li><input type="checkbox"/> Los soportes de lona son muy fáciles de sustituir, ya que su diseño generalmente es muy sencillo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> No existe flujo de aire entre el paciente y la superficie de soporte.</li> <li><input type="checkbox"/> En la mayoría de los casos estas lonas son impermeables, producen aumento de temperatura en las áreas de contacto.</li> <li><input type="checkbox"/> El cuerpo permanece en una misma posición durante largos periodos, ya que el efecto hamaca lo encajona. Sin darle la opción de aliviar presión.</li> </ul>
<p>Sistema de cojín rígido con espumas y resortado interior</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Existe flujo de aire en el interior del almohadón por el material del que esta hecho.</li> <li><input type="checkbox"/> Los resortes permiten amortiguar el cuerpo y ayudan a aliviar presión.</li> <li><input type="checkbox"/> Actualmente se diseñan para moldearse a la forma del cuerpo.</li> <li><input type="checkbox"/> La tela o superficie de contacto permite que haya aireación e impide que la temperatura en los puntos de presión no aumente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Generalmente los almohadones diseñados con espumas rígidas de alta densidad, aunque ya se esta trabajando con espumas de volutas.</li> <li><input type="checkbox"/> Si la silla no cuenta con un espaldar reclinable es poco el alivio de presión isquiática.</li> <li><input type="checkbox"/> Cuando la espuma es muy rígida el área de contacto alrededor de</li> </ul>

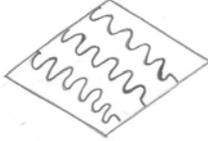
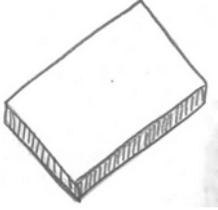
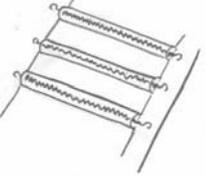
	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ Algunas poseen cabeceros, lo que permite un apoyo para la cabeza, lo que mantiene el ángulo de visión adecuado.</li> <li>□ Algunos diseños permiten que los apoyabrazos sean deslizables, lo que permite al paciente retirarlos para efectuar sus traslados desde la silla a otra superficie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ las tuberosidades isquiáticas es mínima.</li> <li>□ Algunas almohadones son diseñados con orillos o vivos, estos asientan al paciente, por lo tanto deben evitarse, y se hacen, deben estar diseñados de manera tal que no se sientan.</li> </ul>
---	---	--

#### 4.3.3.1 ASIENTO

De acuerdo a todas las consideraciones analizadas anteriormente el diseño del asiento se hizo de la siguiente manera:

Primero se definió el sistema de soporte del mismo, analizando los ya existentes se mantuvo el sistema de hamaca, que tienen las sillas elaboradas con solo hules, para esto se trabajo con resortes que van de lado a lado de la estructura principal, actuando como vigas y soportando el peso del cuerpo, cada resorte tiene una flecha máxima de 13 mm. Según lo ya establecido para una buena posición de las tuberosidades isquiáticas. Cada resorte soportara una carga de 4kg/cm<sup>2</sup>. Que es una aproximación de la distribución de la carga en las zonas críticas de mayor presión. Sin embargo se aclara que la presión se distribuirá de manera mas uniforme gracias a este sistema de resortado y la misma forma del almohadón de espuma. La tabla 34 muestra los diferentes sistemas de soporte analizados.

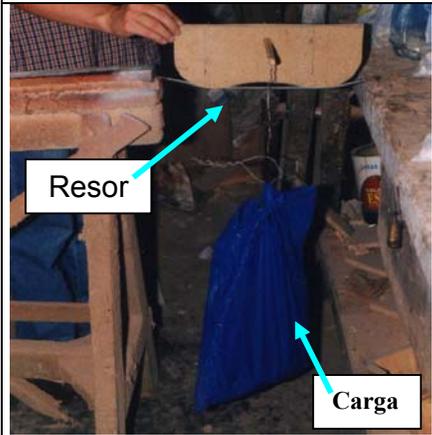
Tabla 34. Sistemas de soporte analizados para los almohadones de la silla de ruedas.

Sistema de soporte con alambres ondulados.	Sistema de soporte con lámina rígida y espumas.	Sistema de soporte rígido con resortes trabajando a compresión.	Sistema de soporte con resortes trabajando a tensión.
			

La tabla 35 muestra las pruebas realizadas para seleccionar el resorte adecuado. Estas pruebas se realizaron a manera experimental y con materiales rudimentarios ya que en pocas ocasiones se prueban este tipo de resortes.

Tabla 35. Pruebas de los resortes trabajando a flexión

	<p>Se desarrollaron pruebas a resortes de diferentes calibres, para evaluar cual seria el calibre mas indicado. Ya que los resortes existentes en el mercado no se adaptaban a los requerimientos de diseño de este</p>
---	---

	<p>proyecto.</p> <p>Se realizaron las pruebas simulando la forma como el cuerpo ejerce presión sobre el cuerpo. Esto se logro mediante una silueta de la cadera resaltando los puntos de ubicación de las tuberosidades isquiaticas.</p>
---	--

Después de escoger el sistema de soporte, se trabajo la forma del almohadón para el asiento, buscando una forma adecuada que se adaptara anatómicamente al cuerpo. Actualmente la selección de las espumas no se hace de la manera adecuada y se encuentran cosas que ni se pensaría que se esta sentado sobre eso, en la tabla 36 se muestra lo encontrado

Tabla 36. Almohadones encontrados en la investigación del proyecto

	<p>Analizando lo existente se observa que no se tiene ningún criterio en la selección de las espumas de los asientos de los vehículos de transporte, solo las empresas mas reconocidas aplican un criterio de selección adecuada a las necesidades de los usuarios de asientos.</p>
---	---



Como se observa en la fotografía, el asiento se rellena con espumas viejas y trapos, solo se interesan por dar una forma exterior agradable, pero el interior del asiento también es importante, ya que el manejo del flujo de aire dentro de el ayuda a la comodidad del usuario.

Para el diseño de la forma de todo el sistema de almohadones, se tuvo en cuenta los datos consignados en la tabla 37. Esta tabla muestra los puntos donde se ejerce presión sobre cada parte del asiento, esta distribución fue realizada mediante simulación con datos tomados de pruebas realizadas a un grupo de personas en posición sédente. Esta información permitió establecer dimensiones y formas de soporte, ya que muestra un acercamiento de la distribución de las presiones ejercidas por el cuerpo del paciente en contacto con el asiento y a su vez una posible distribución de la carga corporal en posición sédente. El estudio antes mencionado fue realizado por un grupo de investigadores en un laboratorio de pruebas ergonómicas en Canadá<sup>12</sup>.

Tabla 37. Diagrama en proyección de un sujeto típico sentado en una silla de ruedas

GRAFICO	DESCRIPCION	IDENTIF.	CANT
	-Maleolo lateral (izquierdo y derecho).	1,13	2
	-Condilo del femur (izquierdo y derecho).	2,14	2
	-Gran trocater (izquierdo y derecho).	13,15	2
	-Espina iliaca superior anterior (izquierda y derecha).	4,16	2
	-Cresta iliaca (izquierda y derecha).	5,17	2
	-Parte media de la espalda (izquierda y derecha).	6-9,18-21	8
	-Acromion (izquierdo y derecho).	20,22	1
	-Vertebra cervical C7.	23	1

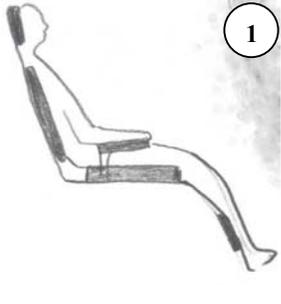
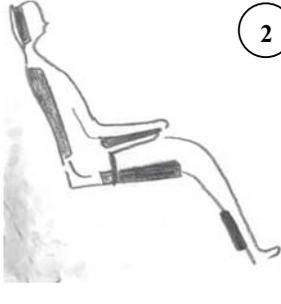
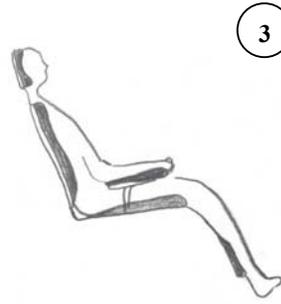
<sup>12</sup> Matais, Dansereau, Aissaoui, Lacoste; Assessment of geometric and Mechanical paramters in Whelchair, Seating: a Variability study, IEE Transactions on reahabilitation engineering, vol 7, 1999.

	-Xipoideo.	11	1
	-Mella supraesternal.	12	

Datos tomados de Assessment of geometric and mechanical parameters in Wheelchair seating: a Variability Study. IEEE Transactionson rehabilitation engineering, vol 7, 1999.

También teniendo en cuenta la posición que el cuerpo debe tener en posición sédente, y el ángulo adecuado (19° a 20° en sillas de descanso y 3° en sillas de trabajo) que las piernas deben tener para lograr una posición cómoda se trabajan las alternativas mostradas y analizadas en la tabla 38.

Tabla 38. Forma general de los almohadones para el asiento

Almohadón plano y estructura inclinada	Almohadón inclinado	Almohadón inclinado y estructura inclinada
 <p style="text-align: right;">1</p>	 <p style="text-align: right;">2</p>	 <p style="text-align: right;">3</p>
<p>Se plantea trabajar el almohadón muy suave para que se acomode al cuerpo cuando el paciente se siente, cuadrado, sin ninguna forma en particular.</p>	<p>La forma inclinada del almohadón dará la posición adecuada del cuerpo, se trabaja una sola densidad en la espuma y podría adaptarse una horma de asiento ya existente</p>	<p>Permite que el paciente siempre este inclinado, a pesar de que la espuma pierda sus propiedades, se plantea la alternativa con diferentes tipos de espuma, para lograr una mejor acomodación del cuerpo.</p>

También la clase de material que se use como soporte es importante. Como ya se había mencionado anteriormente, se escogió la espuma de poliuretano combinando diferentes densidades, de acuerdo con la distribución del peso, presión y resistencia requerida en cada parte del asiento. Se selecciono la alternativa numero tres por ser la que proporciona mejor soporte para las piernas y las tuberosidades isquiaticas. Pero no solo la forma del asiento es forma como se diseño la disposición de las espumas.

La distribución es la siguiente:

Foto 10. Tipos de espumas usadas en la fabricación de la silla



La espuma rosada de alta densidad es la capa inferior, porque estará en contacto con el sistema de resortes se requiere de mayor resistencia, ya que esta sometida a fuerzas de desgarramiento.

- Para los rellenos laterales se utiliza espuma verde de densidad media, para lograr mayor volumen del cojín, esta espuma permite que haya circulación de aire dentro de el cojín, y para lograr un efecto de amortiguación mayor en el cojín.
- Para la parte superior del cojín se usa espuma con volutas, ya que por su propiedades permite que haya recirculación de aire, procura una posición anatómica para el cuerpo y previene la formación de úlceras isquémicas. La selección de este tipo de espuma se hizo con base en el estudio publicado en Journal of Rehabilitation research and Development<sup>13</sup> que muestra que los cojines con volutas no pierden las cualidades de soporte debido a su forma, y además su proceso de recuperación es mas rápido que el de las espumas rígidas y de forma uniforme.

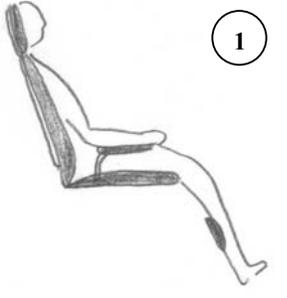
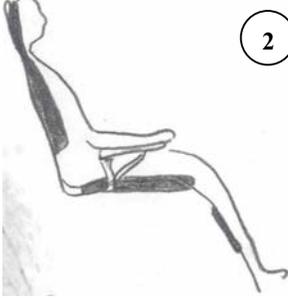
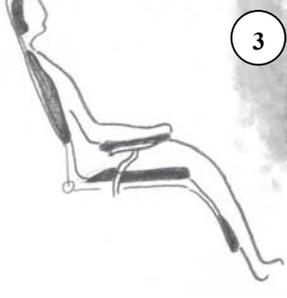
#### 4.3.3.2. ESPALDAR

En el diseño del espaldar se tuvo en cuenta las mismas consideraciones que para el asiento en cuanto al armado del almohadón, diseño de la forma de acuerdo a la distribución de la presión y sistema de sujeción a la estructura. La tabla 39 muestra tres alternativas de diseño para el espaldar, la seleccionada y construida en este proyecto es la número 3.

Tabla 39. Formas del espaldar

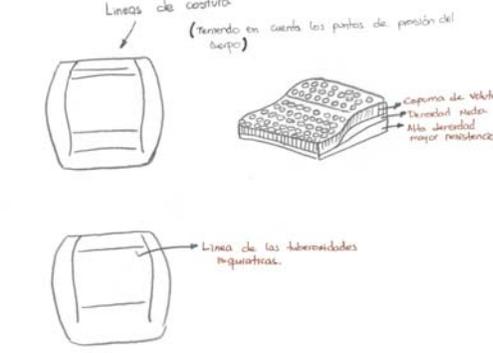
---

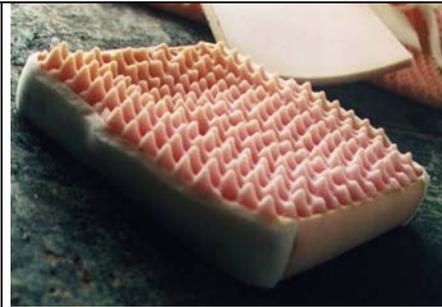
<sup>13</sup> SHAW, C. Gregory , Retention of supportive properties by eggcrate and foam Wheelchair cushions, Journal of Rehabilitation Research and Development, Vol. 35, No.4, Octubre, 1998, pags.396-404.

Espaldar plano completo	Espaldar plano como soporte a media espalda	Espaldar curvo como soporte a media espalda
		
<p>Proporciona apoyo para toda la espalda, pero impide que haya una buena aireación en todo el cuerpo dificulta el acomodamiento de los glúteos</p>	<p>Elaborado en espuma muy suave permite que el cuerpo se acomode de acuerdo a la presión ejercida por este, permite aireación y acomodamiento de los glúteos</p>	<p>Dará un mejor apoyo a las zonas de mayor presión permitirá acomodamiento de los glúteos y aireación al cuerpo.</p>

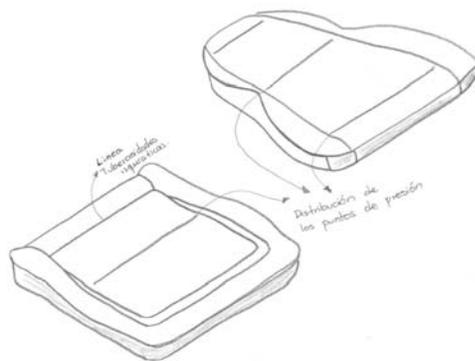
La tabla 40 muestra la forma como se dispusieron las espumas procurando el mejor soporte para el cuerpo.

Tabla40. Disposición de las espumas dentro de los almohadones

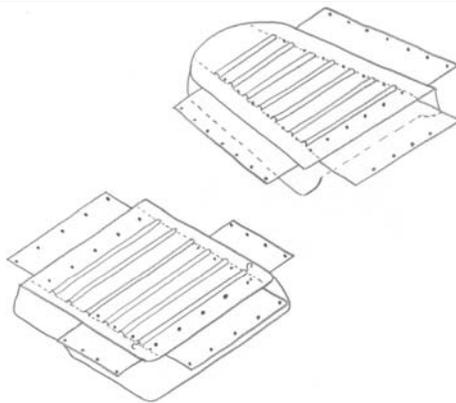
	<p>La distribución de las espumas obedece a los requerimientos de resistencia y soporte del cojín, basados en la distribución de la presión mostrada en la tabla 37. Se diseño el cojín para el asiento con una línea principal de presión en la posición de las tuberosidades isquiaticas donde la espuma se distribuye de forma tal que proporcionara buen soporte. En este sitio se coloca espuma de alta densidad y espuma con volutas.</p>
---	---



Para el espaldar se uso la misma distribución de las espumas, también teniendo en cuenta la distribución de los puntos de presión. La distribución de las espumas planteada permite la recirculación del aire dentro del cojín ya que la espuma inferior de alta densidad y las que se encuentra en contacto con el paciente son de baja densidad esto hace que el aire circule dentro del cojín y salga por la parte superior dentro del almohadón siempre habrá aire.



En su aspecto exterior los almohadones fueron diseñados con líneas de costura suave en las regiones de mayor presión lo que dará una mayor resistencia al almohadón sin aumentar la presión de los almohadones sobre el paciente. En el asiento estos puntos se encuentran en la línea de las tuberosidades isquiaticas y en el espaldar se encuentra en la zona media de la espalda.



El sistema de sujeción de los almohadones a la estructura metálica, se logra mediante resortes que trabajan a flexión como vigas. Además de este los cojines poseen chapetas que abrazan la tubería estructural para dar mayor seguridad.

La distribución de los resortes se hace también de acuerdo a la presión ejercida por el paciente sobre el almohadón, se encuentran mas cerca uno de otro donde hay el requerimiento de mayor resistencia.



Los forros de los cojines del espaldar y el asiento cuentan con cierres que permiten el cambio de las espumas por envejecimiento de las mismas.

La sujeción del asiento a la estructura se trabaja de dos maneras: los resortes sujetan el cojín, ya que ellos van introducidos en un canal hecho en lona, además de esto, los cojines llevan chapetas que envuelven parte de tubo estructural y que se aseguran nuevamente al cojín con broches industriales de seguridad. Este sistema de sujeción es

muy seguro y, permite que el cojín pueda ser desmontado con facilidad, para efectos de limpieza, cambio por deterioro le da la opción al paciente de tener dos e intercambiarlos, permitiendo así que la espuma tenga un periodo mayor de recuperación.

#### 4.3.3.3 COJÍN DEL CABECERO

Para el armado del cabecero se distribuyen las espumas de la misma manera que en el espaldar y el asiento, solo que la tela no fue forrada con el liencillo ya que la cabeza de las personas es más sólida que las demás partes del cuerpo y requiere que la superficie de contacto proporcionada por el almohadón sea lo menos sofocante posible. La tabla 41 muestra las alternativas trabajadas para el cabecero.

Tabla 41. Análisis del cojín soporte de la cabeza

Cabecero con forma plana con estructura de soporte interior	Cabecero curvo con estructura de soporte interior	Cabecero convexo con estructura de soporte exterior
		
<p>Permite ser retirado completo del espaldar. Tendría que elaborarse en una espuma muy blanda para que permita dar buen apoyo a cabeza.</p>	<p>Permite ser retirado completo del espaldar, no puede desmontarse, fácilmente de la estructura de base interior. El apoyo para la cabeza sería mínimo.</p>	<p>Su forma permite una mayor zona de apoyo para la cabeza permite ser retirado completo de la estructura del espaldar, y permite ser separado de la estructura de soporte propia, de esta manera permite mantenimiento.</p>

En el diseño del cabecero se tiene en cuenta que este debe estar un poco mas delante del cojín del espaldar esto es dictado por al anatomía del cuerpo, por esto es un almohadón más grueso que todos los demás. La tabla 42 muestra la forma obtenida.

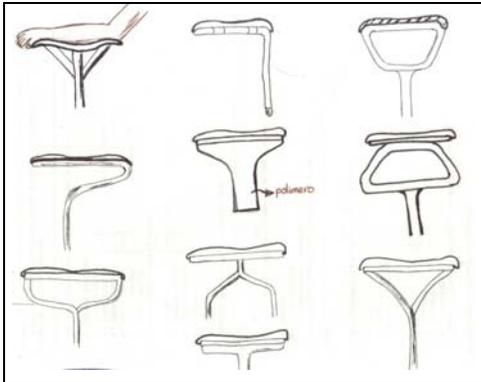
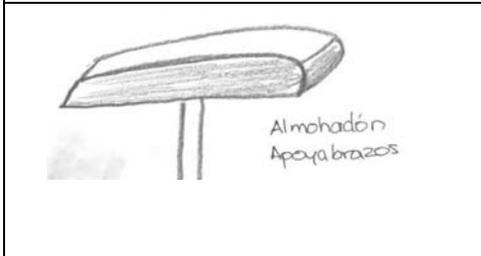
Tabla 42. Forma del almohadón para el apoyo de la cabeza

	<p>Sobre esta base de espumas planas se coloco también espuma antiescaras y luego se forro de igual manera que los demás almohadones.</p>
---	---

#### 4.3.3.4 COJÍN DEL APOYABRAZO

Se diseñó teniendo en cuenta la forma del acomodamiento del brazo se trabajaron varias alternativas y se seleccionó la más acorde a las necesidades de diseño, la tabla 43 muestra algunas de las formas trabajadas y el análisis de los requerimientos del diseño tenidos en cuenta para la selección del adecuado apoyabrazos.

Tabla 43. Diseño del apoyabrazo

	<p>Se muestran distintas alternativas para el apoyabrazos completo y su respectivo cojín.</p> <p>Se busca que el apoyabrazos sea de fácil remoción, además que no fuese estorboso para el paciente ni impedir sus traslados desde la silla a su cama o a otro asiento.</p>
	<p>Alternativa final teniendo en cuenta la acomodación anatómica. Se muestra el sistema de acople a la estructura base. Este se diseña teniendo en cuenta los ductos de la estructura base, además de poderse desplazar hacia atrás el</p>

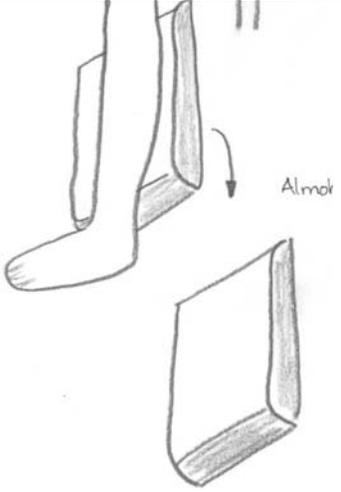
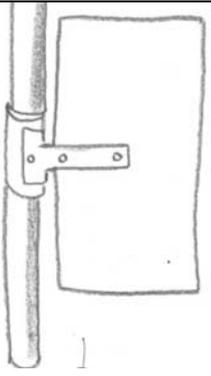
	<p>apoyabrazos es desmontable y se puede graduar su altura variando la posición del tornillo de sujeción.</p>
	<p>La distribución de las espumas seleccionadas en el almohadón del apoyabrazos se realizó como se observa en la fotografía procurando que la espuma con volutas quede cerca de la piel del paciente. Se muestra la forma arqueada del elemento para permitir que el brazo se acomode perfectamente.</p>

#### 4.3.3.5 COJÍN DEL APOYAGEMELOS

Generalmente es muy plano, y sin acolchando, pero se debe tener en cuenta una buena irrigación de sangre en las extremidades inferiores y para esto el apoyo de estas debe ser cómodo, no debe ejercer presión, y debe permitir que los músculos gemelos queden en buena posición. La tabla 44 muestra las alternativas trabajadas y la selección de la final.

Tabla 44. Diseño de los apoyagemelos

	<p>Las sillas de ruedas convencionales presentan un apoyagemelos completamente plano, con una análisis ergonómico muestra que la parte de los gemelos es curva. Se plantea una alternativa que le proporcione una acomodación más anatómica.</p>
--	--

 <p>The diagram illustrates a foot resting on a heel support. A curved insert, labeled 'Almot', is shown being placed under the heel to provide an anatomical fit. The insert is depicted as a separate piece below the foot, with an arrow indicating its placement.</p>	<p>Se trabaja una alternativa de apoyagemelos que permite un acomodamiento anatómico de parte baja de la extremidad inferior. Generalmente las personas discapacitadas tienen problemas de circulación sanguínea en sus extremidades inferiores, estas han perdido su sensibilidad pero no su irrigación sanguínea y el estar por espacios prolongados de tiempo sobre una superficie completamente recta impide la circulación.</p>
 <p>The diagram shows a vertical post with a horizontal plate attached to it. The plate is secured with a bolt and nut. This assembly is designed to hold a heel support in place, allowing for height adjustment.</p>	<p>Para el acople de los apoyagemelos al estructura básica se solda una lamina pequeña al soporte de los apoyapiés y a esta lamina se atornillan los apoyagemelos. Lo que los hace removibles. También soporte de apoyapiés se incorpora un tornillo que permite la graduación del apoyapiés a la altura mas adecuada para el paciente.</p>

#### 4.3.4 CARCASA PARA EL MOTOR

El diseño de la carcasa del motor se hizo de acuerdo a la forma dada por todos los elementos dentro de la caja de accionamiento mecánico. El procedimiento se describe en la tabla 45.

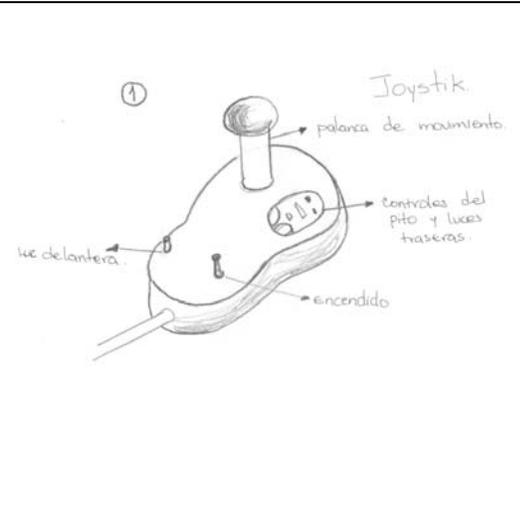
Tabla 45. Carcasa del motor

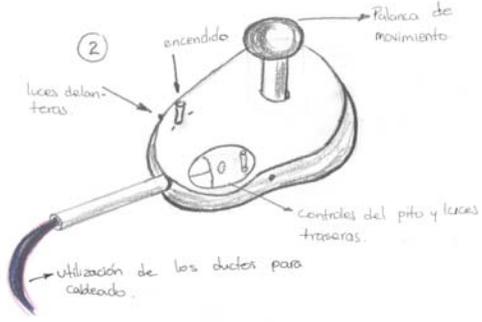
	<p>Se da la forma con barro, cubriendo los Elementos mecánicos, para aprovechar al máximo el espacio bajo la silla de ruedas</p>
	<p>Luego se aplica las capas de resina y de fibra de vidrio. Se busca que la carcasa sea como una piel sobre los elementos mecánicos, para ahorrar espacio en todo el conjunto de diseño, se escogió el color azul con manchas para ir a tono con los cojines.</p>

#### 4.3.5 CARCASA DEL JOYSTICK

Se elaboró en el mismo material de la carcasa del motor y siguiendo los mismos parámetros, que fuese una piel para los elementos electrónicos contenidos allí. La tabla 46 muestra los resultados del diseño.

Tabla 46. Carcasa del joystick

	<p>El joystick se diseña de tal forma que los controles queden muy a la mano del discapacitado, logrando la mejor ubicación de todos y la mejor visibilidad de ellos por el discapacitado. De las opciones mostradas se escogió la número 2, ya que le permite maniobrar el joystick, y los demás botones de control simultáneamente.</p> <p>Además quedan ubicados dentro de los ángulos de visión del operador de</p>
---	---

 <p>Diagrama de un joystick con los siguientes componentes etiquetados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>encendido</li> <li>Palanca de movimiento</li> <li>Luces delanteras</li> <li>Utilización de los ductos para cableado</li> <li>Controles del pitido y luces traseras</li> </ul>	<p>la silla y con un espacio entre ellos prudencial que permite accionarlos sin llegar a confundir un control con otro. Los controles que hacen parte del joystick son: control de encendido de la silla de ruedas, control de la luz delantera, palanca de joystick, control de la luz trasera, y leds que indican el sentido del movimiento y el estado de carga de la batería.</p>
	<p>Con base en el diseño mostrado anteriormente se disponen los controles y se simulan los volúmenes para poder hacer el moldeo con la resina y la fibra de vidrio de la carcasa del joystick.</p>
	<p>El resultado final es este, el paciente logra visualizar y maniobrar los controles muy cómodamente.</p>

#### 4.4. RESULTADO FINAL

El resultado final de la silla de ruedas se muestra en la tabla 47.

Tabla 47. Silla de ruedas diseñada en este proyecto



El resultado final se observa compacto todos los elementos que hacen parte del diseño de esta silla tienen coherencia formal, los colores y las formas obedecen a criterios de uso y mantenimiento, para lograr darle al discapacitado una solución acertada. El aspecto global logra el objetivo de diseño al permitir que el discapacitado eleve su auto estima.



En el ambiente médico es muy usado el color blanco, pero usarlo en este elemento se hace evidente el asociarlo con enfermedad, y por el contrario lo que este proyecto busca es rehabilitar de alguna manera a una persona con una discapacidad que quiere retornar a la normalidad.

## **5. ANALISIS MECANICO**

En este capítulo se muestran los aspectos que incluye el diseño mecánico de la silla de ruedas, como son: el diseño estructural, selección del sistema de suministro de energía y diseño de los mecanismos y elementos de locomoción, los cuales aparecen a continuación en ese orden.

### **5.1 DISEÑO ESTRUCTURAL**

En este numeral se explica el diseño de la estructura principal y todos los demás elementos que conforman la silla.

#### **5.1.1 CARACTERISTICAS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA SILLA**

Los siguientes aspectos se deben tener en cuenta en el diseño de la silla, con el fin de definir claramente las características que le permitan a la silla ser funcional y ser accesible a la mayoría de sus entornos:

- a. La silla debe soportar las cargas a las que va a estar sometida, por lo cual se deben hacer los cálculos de resistencia de materiales para todos los elementos de la estructura.
- b. La estructura debe ser lo más liviana posible, para que la energía consumida al desplazar la silla sea la mínima necesaria.
- c. El material de la estructura debe brindar los mejores acabados para que la silla se vea estéticamente bien presentada.
- d. El material debe ser fácil de conseguir, fácil de trabajar y lo más económico posible.
- e. La silla debe estar diseñada a la medida del usuario, tratando de que sea cómoda y ergonómica.
- f. Debe ser lo más pequeña posible (en cuanto a su ancho y largo) con el fin de que permita el tránsito fácil de la silla en todos los lugares donde el discapacitado debe estar, tanto en la casa como en su trabajo.
- g. Debe ser elemental quitar los apoyabrazos con el fin de facilitar los desplazamientos del discapacitado hacia su cama o al abordar un automóvil. También deben ser desplazables para que se pueda utilizar la silla mientras la persona come en una mesa o lee en un escritorio.

- h. Los apoyapiés deben ser desplazables para poder graduar su longitud según el tamaño de las extremidades inferiores. Además se deben poder reclinar para variar la posición de las piernas.
- i. El espaldar debe ser reclinable para que se pueda lograr una postura mejor y más descansada.
- j. La silla debe tener cabecero para poder apoyar la cabeza y evitar así el cansancio del cuello.
- k. La altura del asiento de la silla no debe superar los 50 cm. para que los desplazamientos de la cama a la silla no sean complicados.

### **5.1.2 ETAPAS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL**

A continuación se explicarán las etapas del diseño estructural de la silla de ruedas.

#### **5.1.2.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL**

En esta etapa se elige el mejor material, teniendo en cuenta las características que presentan todos los materiales que existen en el mercado, se escoge el Aluminio Estructural de Alumina.

#### **5.1.2.2 SELECCIÓN DE LA PERSONA MODELO PARA DISEÑAR LA SILLA**

En esta etapa se elige la persona que sirva como modelo para dimensionar cada uno de los elementos de la silla de ruedas. La persona seleccionada es una señora que sufre de Poliomielitis y se escoge por los siguientes aspectos:

- a. Es una persona muy asequible y que da buena información sobre como debe ser el diseño de la silla.
- b. Por las consecuencias que produce esta enfermedad como es la atrofia de las extremidades afectadas, presenta características de peso de las extremidades parecidas a las de los amputados.
- c. Debido a que presenta una afección en uno de sus hombros se le dificulta manejar su silla de ruedas con los brazos, lo cual también sucede en algunas personas que sufren parálisis (por ejemplo: los hemipléjicos y cuadripléjicos).
- d. Como es una persona de escasos recursos para ella es muy difícil acceder a una silla de ruedas automática, ya que las sillas de ruedas de este tipo que existen en el mercado son importadas y por ello son muy costosas.

### 5.1.2.3 TOMA DE DIMENSIONES

En esta etapa del diseño estructural, se visita la casa de la persona seleccionada como modelo, para tomar todas las dimensiones que se deben tener en cuenta en el diseño de la silla.

También se realiza la visita con el fin de conocer mejor el ambiente en el cual vive, para saber dentro de que espacios debe transitar con su silla de ruedas y que dificultades de desplazamiento tiene. A continuación se pueden observar en las figuras 3 y 4 las dimensiones que se registraron.

Figura 3. Vista frontal de la silla de ruedas.

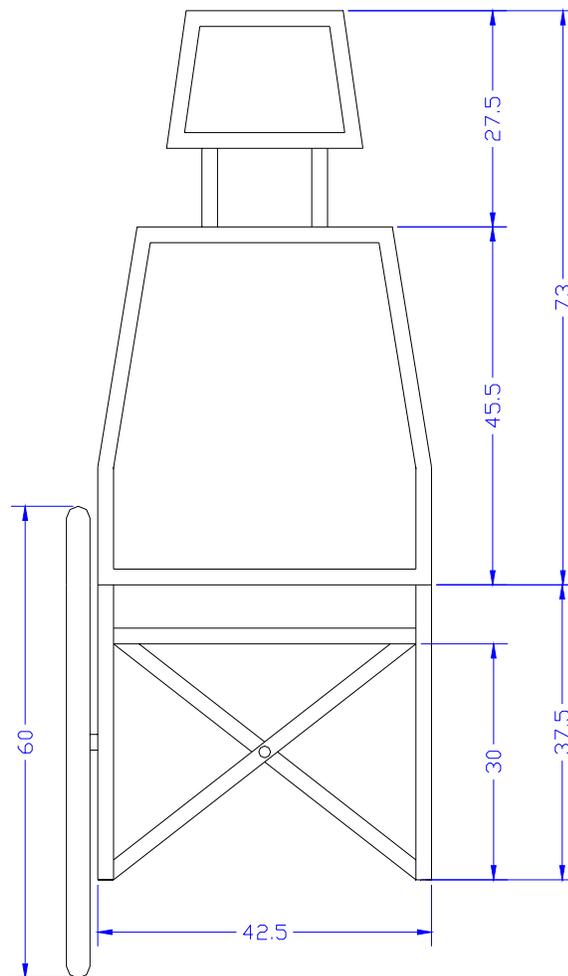
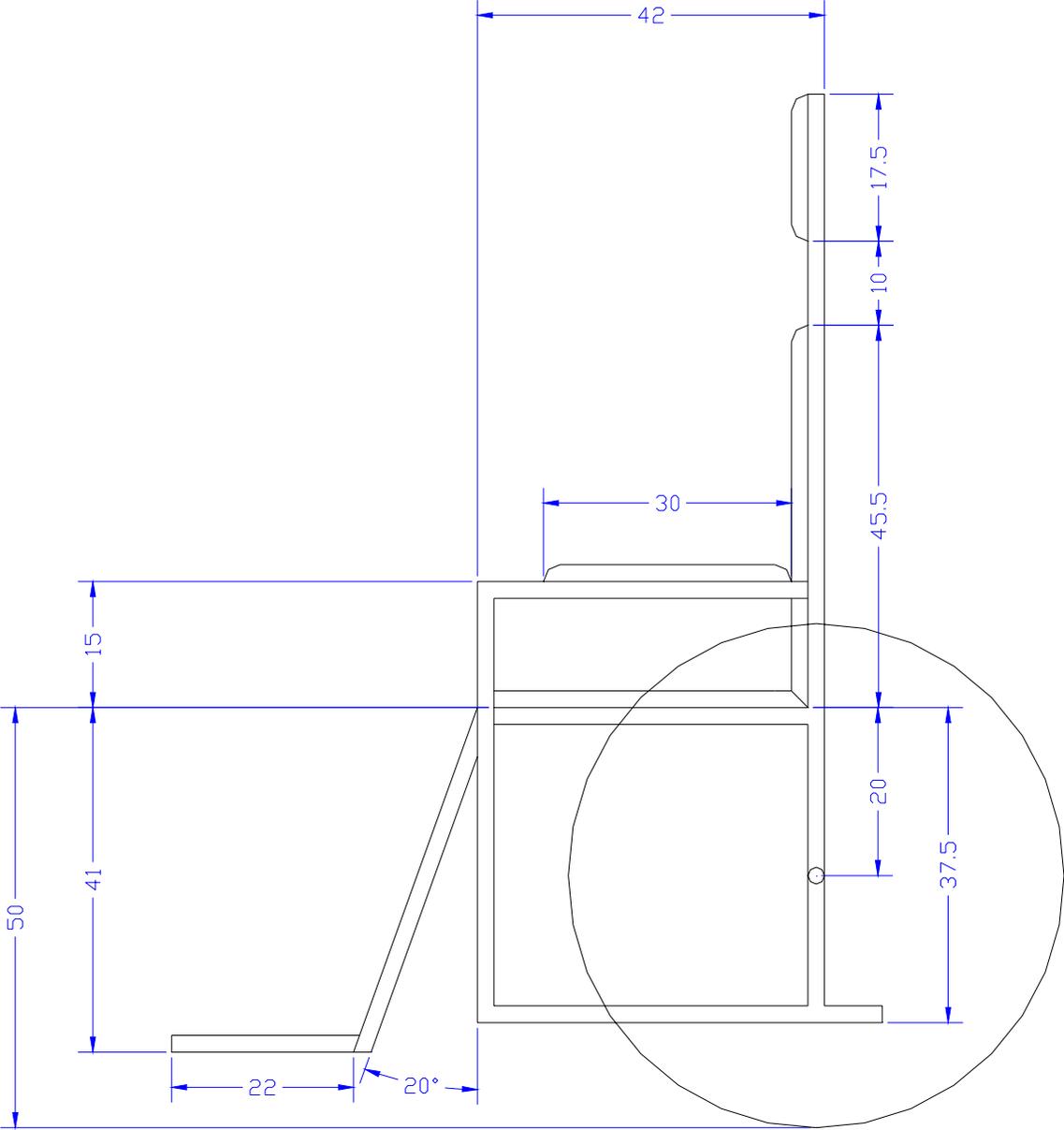


Figura 4. Vista lateral de la silla de ruedas.



5.1.2.4 CALCULO ESTRUCTURAL

En esta etapa del diseño estructural se deben determinar las dimensiones y el tipo de aleación de aluminio para cada uno de los elementos que conforman la estructura de la silla.

Para lograr esto se realizan los siguientes pasos:

- a. Aplicación de la carga: se determina que cargas debe soportar cada elemento y la forma como estas actúan.
- b. Análisis estático: teniendo en cuenta cómo están aplicadas las cargas se hallan las reacciones en los apoyos, en los pivotes y sobre los pasadores.
- c. Resistencia de Materiales: conociendo las cargas (axiales, de flexión y de torsión) y las reacciones se determinan los esfuerzos (normales, cortantes, de aplastamiento, etc.) que debe soportar cada elemento.
- d. Por último teniendo los esfuerzos se seleccionan del catálogo de Alumina las dimensiones y el tipo de aleación para cada elemento.

#### **5.1.2.4.1 DISTRIBUCION DEL PESO SEGÚN LAS PARTES DEL CUERPO**

Para la aplicación de las cargas se determina que la silla debe soportar a una persona de 100 Kg. de peso y que este está distribuido para las diferentes partes del cuerpo por intervalos de porcentajes como se observa en la tabla 8 del capítulo 3, según esta tabla se escogen los pesos para las partes del cuerpo, tomando los valores promedios como se observa en la tabla 48.

Tabla 48. Distribución del peso en kilogramos para cada parte del cuerpo.

<b>PARTE DEL CUERPO</b>	<b>PESO EN PORCENTAJE</b>	<b>PESO EN KILOGRAMOS</b>
Cabeza	7%	7 Kg.
Tronco	44%	44 Kg.
Ambas Piernas	33%	33 Kg.
Ambos Pies	3.5%	3.5 Kg.
Ambos Brazos	11%	11 Kg.
Ambas Manos	1.5%	1.5 Kg.

#### 5.1.2.4.2 CALCULO ESTRUCTURAL PARA CADA ELEMENTO DE LA SILLA

A continuación se muestra como se realiza el cálculo estructural para todos los elementos de la silla de ruedas, empezando con el espaldar y terminando con las estructuras soporte de la silla y de los sistemas mecánico, eléctrico y de suministro de energía.

- **ELEMENTOS DEL ESPALDAR Y SU RECLINADO**

El espaldar, el soporte del cabecero y el cabecero se calculan para la condición de carga crítica, que es cuando se encuentra totalmente reclinado. En ese momento las cargas aplicadas sobre el espaldar son:

Peso del tronco = 44 Kg.

Peso de ambos brazos = 11 Kg.

Peso de ambas manos = 1.5 Kg.

Peso de la cojinería = 3.5 Kg.

Peso Total = 60 Kg.

Se asume que estos 60 Kg. se distribuyen de manera casi uniforme sobre los dos soportes laterales del espaldar.

Para el cabecero la carga esta conformada por:

Peso de la cabeza = 7 Kg.

Peso de la cojinería = 2 Kg.

Peso Total = 9 Kg.

Se asume que estos 9 Kg. se distribuyen de manera casi uniforme sobre los dos soportes laterales del cabecero. Según este análisis de pesos, se obtiene la siguiente distribución de cargas.

Figura 5. Cargas aplicadas sobre el espaldar, el soporte del cabecero y el cabecero (medidas en cm.).

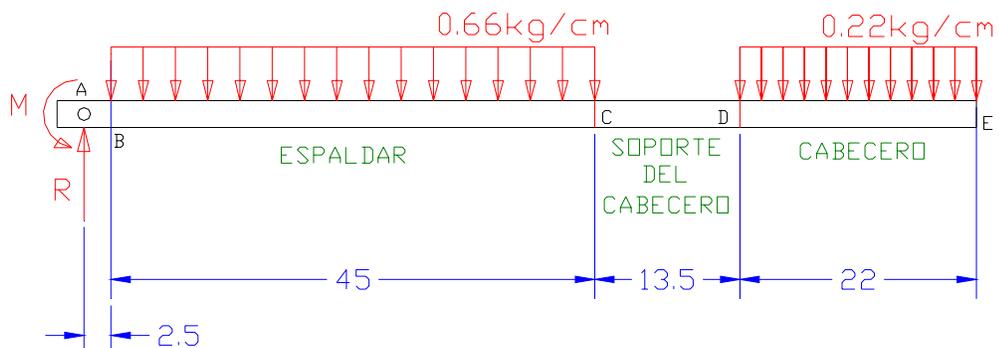
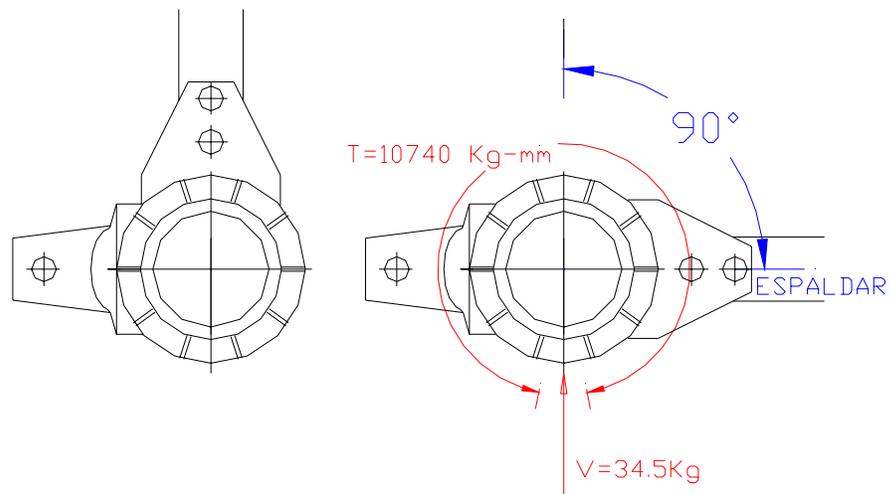


Tabla 49. Cálculo de los elementos del espaldar y su reclinado.

ELEMENTO	CARGAS	ESFUERZOS	MATERIAL SELECCIONADO
ESPALDAR.	M = 10740 Kg.- mm. V = 34.5 Kg.	$\sigma = 15.63 \text{ Kg./mm}^2$ $\tau = 1.1173 \text{ Kg./mm}^2$	Aleación 6063 T-6 Diámetro = 1 pulg. $\sigma_N = 17 \text{ Kg./mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg. /mm}^2$
SOPORTE DEL CABECERO.	M = 2205 Kg. - mm. V = 9Kg.	$\sigma = 19.1 \text{ Kg./mm}^2$ $\tau = 0.8120 \text{ Kg./mm}^2$	Aleación 6063 T-6 Diámetro = 1 pulg. $\sigma_N = 21 \text{ Kg./mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg. /mm}^2$
TORNILLO DE SUJECION.	V = 85.03 Kg.	$\tau_N = 6 \text{ Kg /mm}^2$	Diámetro = 4.6534 mm. = 3/16 de pulg. Cualquier aleación.
CABECERO	M = 495 Kg. - mm. V = 4.5 Kg.	$\sigma = 1.7056 \text{ Kg./mm}^2$ $\tau = 0.2586 \text{ Kg./mm}^2$	Aleación 1100 Diámetro = 3/4 de pulg. $\sigma_N = 2.1 \text{ Kg /mm}^2$ .
RECLINADO DEL ESPALDAR	T = 10740 Kg. - mm V = 34.5 Kg.		

Figura 6. Cargas aplicadas al reclinado del espaldar.



Para el reclinado del espaldar se decide adaptar el sistema de reclinado que tienen los asientos de los carros, debido a que tiene una alta confiabilidad en cuanto a resistencia, tiene un diseño muy funcional, fácil de usar por la persona discapacitada.

- **ELEMENTOS DEL ASIENTO**

En este ítem se calculan los elementos que constituyen parte de la estructura del asiento y sus soportes.

El asiento debe soportar las siguientes cargas:

Peso de la cabeza	= 7 Kg.
Peso del tronco	= 44 Kg.
Peso de ambas piernas	= 20 Kg.
Peso de ambos brazos	= 11 Kg.
Peso de ambas manos	= 1.5 Kg.
Peso estimado de la cojinería	= <u>4.5 Kg.</u>
Peso Total	= 88 Kg.

Se asume para mayor seguridad que esta carga total se distribuye de manera uniforme solo sobre los soportes laterales del asiento. Por ello el calculo se realiza aplicando la mitad del peso total a uno de los elementos laterales del asiento como se observa en la figura 7.

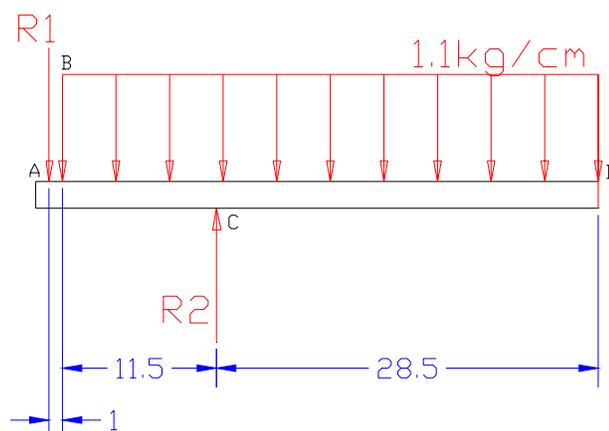


Figura 7. Aplicación de cargas sobre el asiento (medidas en cm.).

Como se puede observar además del soporte lateral del asiento, también están dibujados los elementos de apoyo 1 y 2 que soportan las reacciones  $R_1$  y  $R_2$  que se calculan en la tabla 50.

Tabla 50. Cálculo de los elementos del asiento.

ELEMENTO	CARGAS	ESFUERZOS	MATERIAL SELECCIONADO
ASIENTO	M = 4467.375 Kg.- mm. V = 42.57 Kg.	$\sigma_N = 7.8153 \text{ Kg /mm}^2$ $\tau_N = 1.7017 \text{ Kg / mm}^2$	Tubo de D = 1 pulg. e = 1.32 mm Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg / mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg / mm}^2$ .
BARRA DE APOYO No.1.	M = 897.6 Kg. – mm. V = 29.92 Kg.	R = 4.3215 mm. $\sigma_N = 14.16 \text{ Kg/mm}^2$ R = 1.2940 mm. $\tau_N = 7.58 \text{ Kg/mm}^2$	D = 9 mm. Aleación 6063 T-6 $\sigma_N = 17 \text{ Kg. /mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg. /mm}^2$ .
BARRA DE APOYO No. 2.	M = 1478.4 Kg – mm V = 73.92 Kg.	$\sigma_N = 9.16 \text{ Kg /mm}^2$ . R = 5.9011 mm. $\tau_N = 5 \text{ Kg /mm}^2$ . R = 2.5048 mm.	D = ½ " = 12.7mm. Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$ .

- ELEMENTOS DEL APOYABRAZOS**

El apoyabrazos soporta las siguientes cargas.

Peso de la cabeza = 7 Kg.  
 Peso de medio tronco = 22 Kg.  
 Peso de un brazo = 5.5 Kg.  
 Peso de una mano = 0.75 Kg.  
 Peso estimado de la cojinería = 1 Kg.  
 Peso total = 36.25 Kg.  $\cong$  37 Kg.

Este peso se distribuye uniformemente y junto con otras cargas actúa sobre el apoyabrazos

como se observa en la figura 8.

Figura 8. Aplicación de cargas sobre el apoyabrazos (medidas en cm.).

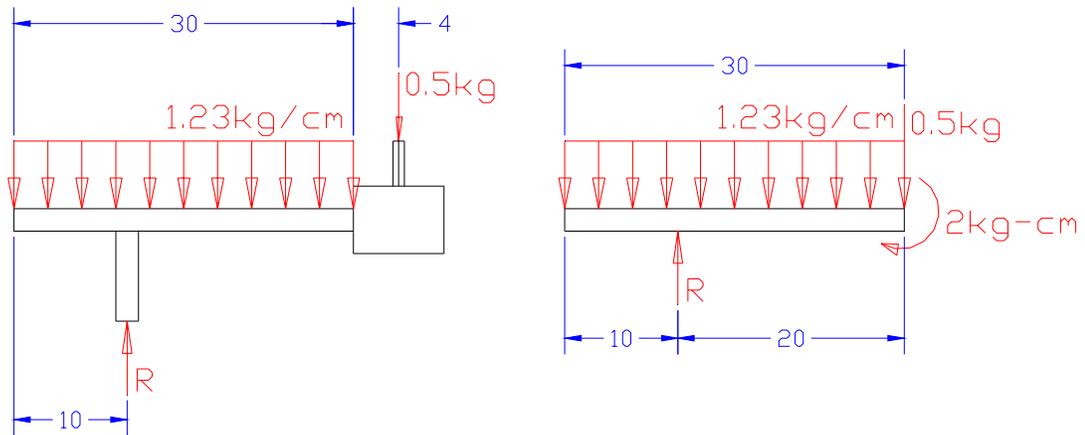


Tabla 51. Cálculo de los elementos del apoyabrazos.

ELEMENTO	CARGAS	ESFUERZOS	MATERIAL SELECCIONADO
APOYABRAZOS	M = 2586.6 Kg – mm V = 25.16 Kg.	R = 9.525 mm. $\sigma_N = 8.9129 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_N = 1.4459 \text{ Kg/mm}^2$	D = 3/4 " e = 1.24 mm Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ . $\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$ .
TUBO VERTICAL.	V = 37.5 Kg. M = 2586.6 Kg – mm	R = 9.525 mm. $\sigma_{Nf} = 8.9129 \text{ Kg/mm}^2$ $\sigma_{Na} = 0.5404 \text{ Kg/mm}^2$	D = 3/4 " e = 1.24 mm Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ .
UNION DEL APOYABRAZOS Y EL SOPORTE	V = 37.5 Kg. M = 2586.6 Kg – mm	R = 9.525 mm. $\sigma_{Nf} = 8.9129 \text{ Kg/mm}^2$ $\sigma_{Na} = 0.5404 \text{ Kg/mm}^2$	D = 7/8" e = 1.57 mm Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ .
PIN DE SUJECION	V = 37.5 Kg.	$\tau_N = 6 \text{ Kg/mm}^2$	D = 3.1 mm cualquier aleación.
TUBO HORIZONTAL DE LA UNION	V = 107.1214 Kg M = 4499.09 Kg-mm	R = 12.7 mm. $\sigma_N = 7.8708 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_N = 4.2823 \text{ Kg/mm}^2$	D = 1" e = 1.32, 1.47 y 1.65 mm. Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ . $\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$ .

TORNILLO DE SUJECIÓN DE LA UNIÓN	V = 132.8740 Kg.	$\tau_N = 6 \text{ Kg /mm}^2$ .	D = 5.82 mm cualquier aleación
----------------------------------	------------------	---------------------------------	-----------------------------------

- ELEMENTOS DEL APOYAPIES**

Figura 9. Elementos del apoyapiés (vistas frontal, lateral izquierda y superior).

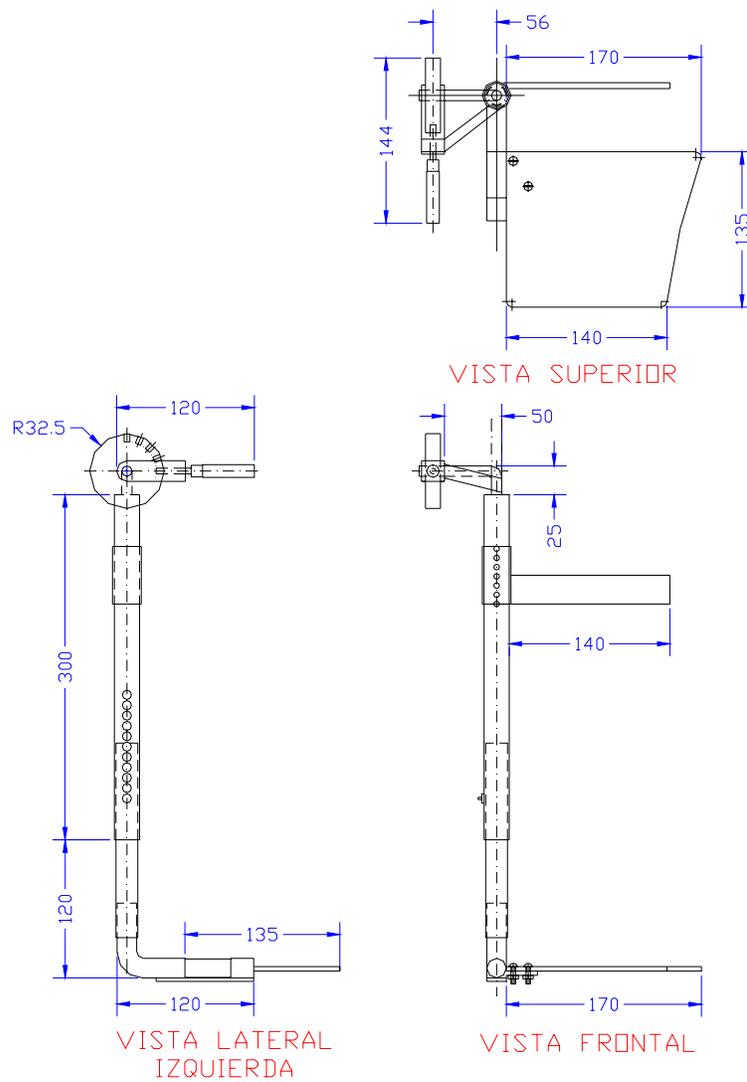


Tabla 52. Cálculo de los elementos del apoyapiés.

ELEMENTO	CARGAS	ESFUERZOS	MATERIAL SELECCIONADO
PLATINA SOPORTE DEL PIE.	V = 13 Kg. M = 910 Kg – mm.	$\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ . $\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$ .	Espesor = 2.1 mm. Aleación 6063 T-5.
TUBO SOPORTE DE LA PLATINA.	T = 910 Kg – mm.	$\tau_T = 4.3345 \text{ Kg/mm}^2$ .	D = ½ “. espesor = 1.07 mm. Aleación 1060 F $\tau = 6 \text{ Kg/mm}^2$ .
TOPE DE LA PLATINA SOPORTE DEL PIE.	V = 6.5 Kg. M = 61.75 Kg.–mm.	$\sigma_N = 17 \text{ Kg/mm}^2$ . $\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$ .	Aleación 6063 T6. Sección rectangular base = 17 mm. altura = 1.72 mm.
EJE DEL APOYAPIES.	V = 13 Kg. M = 689 Kg–mm.	$\sigma_N = 3 \text{ Kg/mm}^2$ . $\tau_N = 6 \text{ Kg/mm}^2$ .	Aleación 1060. D = 7.5 mm.
TUBO MOVIL.	Mf = 2925 Kg–mm. Vf = 13 Kg.	R = 9.525 mm. $\sigma_N = 8.0892 \text{ Kg/mm}^2$ . $\tau_N = 0.5731 \text{ Kg/mm}^2$ .	D = ¾”, e = 1.65 mm Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ . $\tau_N = 9.1 \text{ Kg /mm}^2$ .
TUBO FIJO.	Mf = 2925 Kg–mm. Vf = 13 Kg.	R = 11.11 mm. $\sigma_N = 5.9513 \text{ Kg/mm}^2$ . $\tau_N = 0.5086 \text{ Kg/mm}^2$ .	D = 7/8” e =1.57 mm Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ . $\tau_N = 9.1 \text{ Kg /mm}^2$ .
PLATINA DEL APOYAGEMELOS.	Mf = 800 Kg–mm V = 10 Kg	$\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$	Espesor = 2 mm Aleación 6063 T-5
TUBO SOPORTE DE LA PLATINA DEL APOYAGEMELOS.	T = 800 Kg–mm	R = 12.7 mm $\tau_N = 0.6397 \text{ Kg/mm}^2$	D = 1” Espesor = 1.47 mm Cualquier aleación.

- ELEMENTOS DEL RECLINADO DEL APOYAPIES**

Figura 10. Elementos del reclinado del apoyapies.

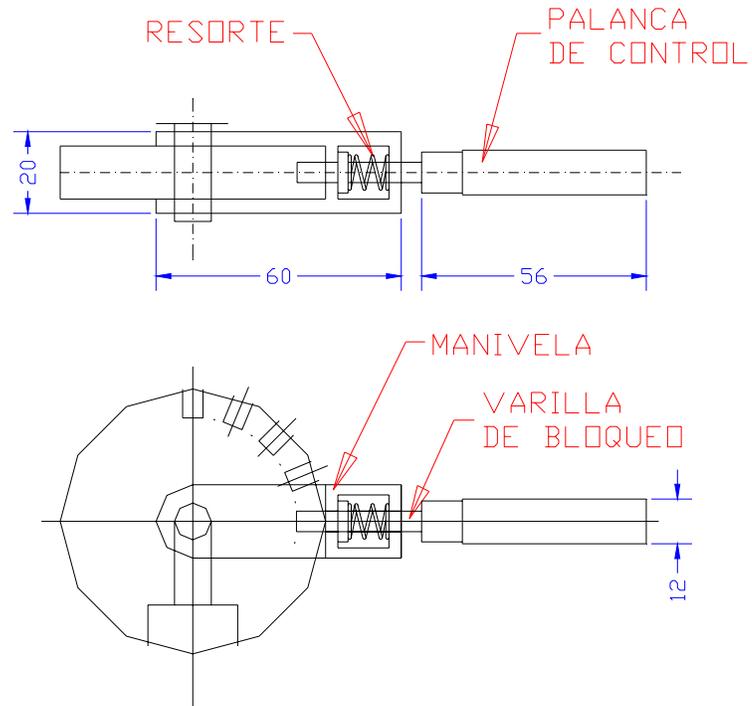


Tabla 53. Cálculo de los elementos del reclinado del apoyapies.

ELEMENTO	CARGAS	ESFUERZOS	MATERIAL SELECCIONADO
EJE DEL RECLINADO	T = 2925 Kg-mm V = 13 Kg	$\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$	D = 13 mm Aleación 6063 T-5
APOYO DEL RECLINADO	Fuerzas de aplastamiento P <sub>1</sub> = 13 Kg P <sub>2</sub> = 90 kg	$\sigma_N = 3 \text{ Kg/mm}^2$ .	Diámetro orificio central D <sub>1</sub> = 9 mm. Ancho t = 1mm Profundidad orificios externos P = 7.5mm. Diámetro varilla de bloqueo d <sub>2</sub> = 4.8mm. Aleación 1060 F
VARILLA DE BLOQUEO	V = 90 kg	$\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$	Diámetro = 4.8 mm Aleación 6063

- **ESTRUCTURAS PRINCIPALES DE SOPORTE.**

Estas estructuras se calculan teniendo en cuenta la condición más crítica de las tres siguientes:

- Silla desplazándose en terreno plano.
- Silla subiendo por un terreno con una pendiente de 30°.
- Silla bajando por un terreno con una pendiente de 30°.

Figura 11. Estructuras principales de soporte de la silla (medidas en cm).

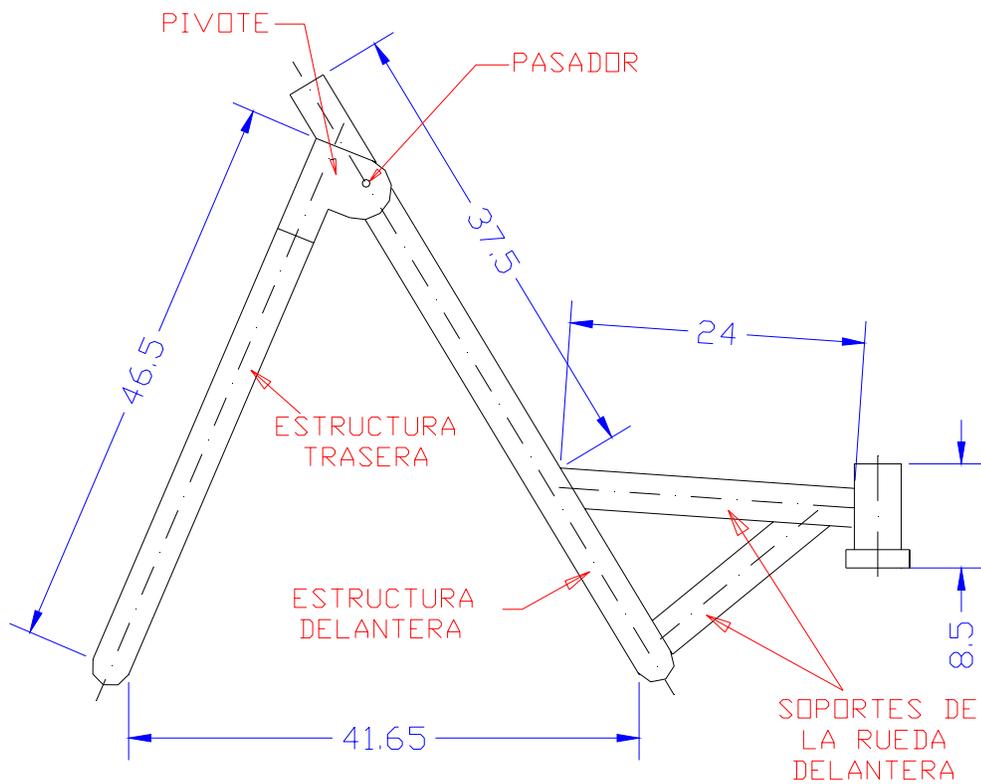


Tabla 54. Cálculo de las estructuras principales de soporte.

ELEMENTO	CARGAS	ESFUERZOS	MATERIAL SELECCIONADO
ESTRUCTURA TRASERA Bajando una pendiente de 30°	V = 147.8 Kg Pa = 328.87 Kg Mf = 12716 Kg–mm	Radio = 15mm $\sigma_{Nf} = 11.186 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_{Nf} = 3.4180 \text{ Kg/mm}^2$ $\sigma_{Na} = 1.904 \text{ Kg/mm}^2$	Diámetro = 1.181" Espesor = 1.96 mm Aleación 6063 T-6 $\sigma_N = 17 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$
ESTRUCTURA DELANTERA	Mf=9414.8Kg–mm V = 265.933 Kg Pa = 217.4377 Kg	Radio = 15mm $\sigma_{Nf} = 8.282 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_{Nf} = 6.1409 \text{ Kg/mm}^2$ $\sigma_{Na} = 1.259 \text{ Kg/mm}^2$	Diámetro = 1.181" Espesor = 1.96 mm Aleación 6063 T-6 $\sigma_N = 17 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$
PIVOTE DE UNION	P <sub>1a</sub> = 255.99 Kg V <sub>1</sub> = 147.8 Kg P <sub>2a</sub> = 61.5524 Kg V <sub>2</sub> = 164.4359 Kg	$\sigma_N = 11 \text{ Kg /mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg /mm}^2$	Platina de aleación 6063 T-5 Espesor t = 2.5 mm ancho b = 11 mm
TORNILLO PASADOR	V = 175.5787 Kg	$\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$	Aleación 6063 T-5 Diámetro = 5.5 mm
SOPORTE INFERIOR RUEDA DELANTERA	Mf =14448.3 Kg–mm V = 96.3224 Kg Pa = 62.4236 Kg	Radio = 15mm $\sigma_{Nf} = 12.7 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_{Nf} = 2.22 \text{ Kg/mm}^2$ $\sigma_{Na} = 0.361 \text{ Kg/mm}^2$	Diámetro = 1.181" Espesor = 1.96 mm Aleación 6063 T-6 $\sigma_N = 17 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$
SOPORTE SUPERIOR RUEDA DELANTERA	M = 13551 Kg–mm V = 69.2813 Kg Pa = 143.6924 Kg	Radio = 15mm $\sigma_{Nf} = 11.920 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_{Nf} = 1.5998 \text{ Kg/mm}^2$ $\sigma_{Na} = 0.832 \text{ Kg/mm}^2$	Diámetro = 1.181" Espesor = 1.96 mm Aleación 6063 T-6 $\sigma_N = 17 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$

- **SOPORTES DEL COMPARTIMIENTO DE LOS SISTEMAS MECANICO, ELECTRICO Y DE SUMINISTRO DE ENERGIA.**

Para el cálculo de estos soportes se asume que el peso total del compartimiento que contiene los sistemas mecánico, eléctrico y de suministro de energía tiene un peso de 40 Kg.

Tabla 55. Cálculo de los soportes del compartimiento de los sistemas mecánico y eléctrico.

ELEMENTO	CARGAS	ESFUERZOS	MATERIAL SELECCIONADO
SOPORTES	$M_f = 500 \text{ Kg-mm}$ $V = 10 \text{ Kg}$ $T = 500 \text{ Kg-mm}$	Radio = 6.35 mm $\sigma_{Nf} = 4.7632 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_{Nf} = 1.0174 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_{Nt} = 4.7632 \text{ Kg/mm}^2$	$D = \frac{1}{2}"$ , $e = 1.07 \text{ mm}$ Aleación 6063 T-4 $\sigma_N = 6 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg /mm}^2$ .

- **COMPARTIMIENTO DE LOS SISTEMAS MECANICO, ELECTRICO Y DE SUMINISTRO DE ENERGIA.**

Los sistemas mecánico, eléctrico y de suministro de energía se encuentran en un compartimiento con el fin de poderlos separar al mismo tiempo de la silla cuando se quiera hacerles algún tipo de reparación, mantenimiento, cargar la batería, cuando el discapacitado desee utilizar la silla de forma manual o cuando sea necesario desarmar la silla para transportarla más fácilmente en un automóvil a un lugar lejano, etc.

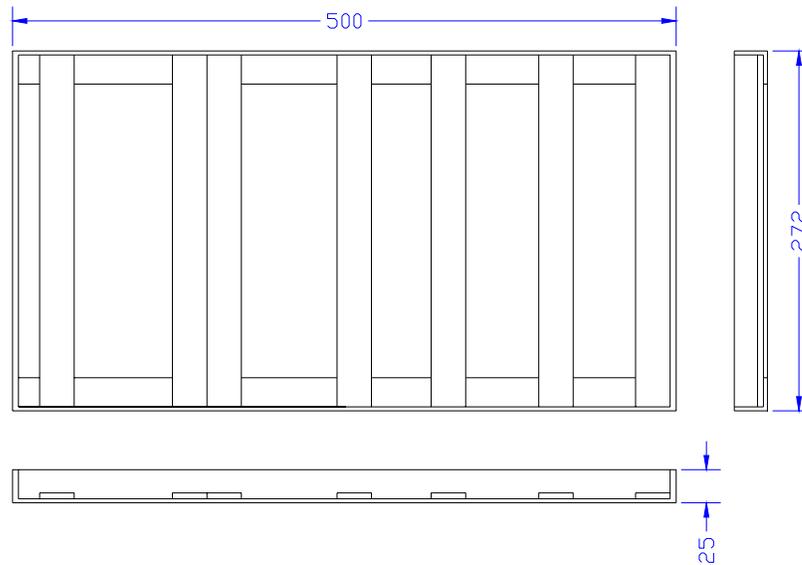


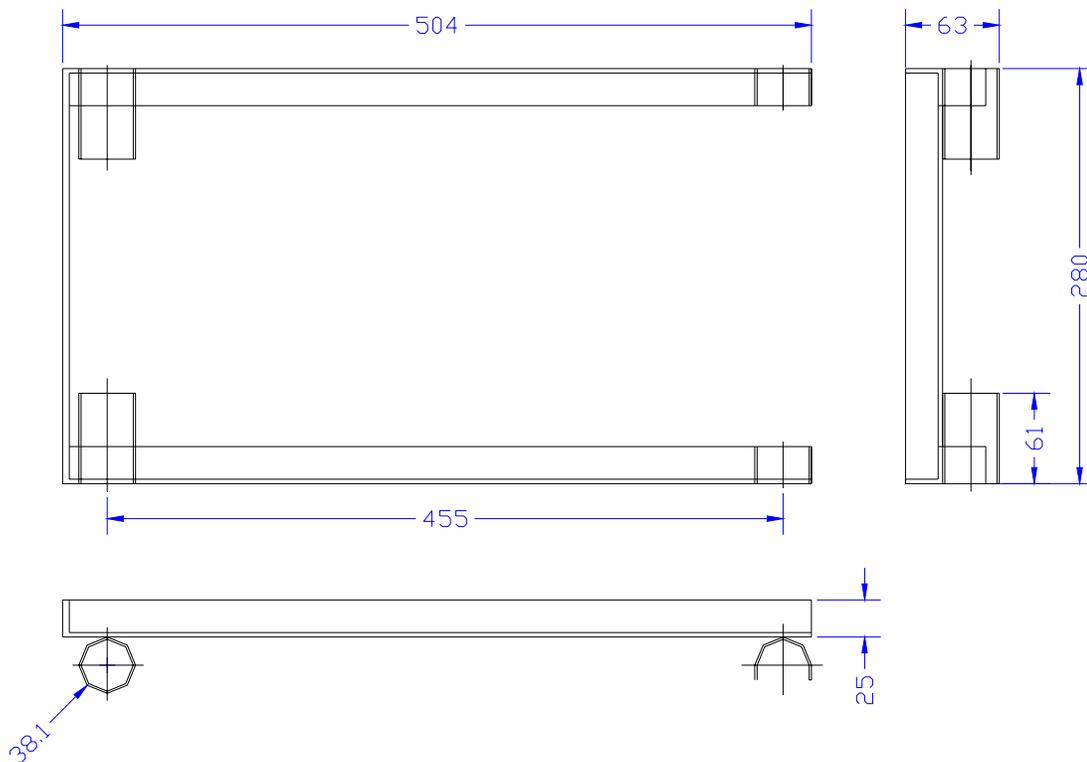
Figura 12. Estructura soporte del compartimiento.

El compartimiento está conformado por una estructura que soporta los elementos de los sistemas y una carcasa de polímero encargada de proteger los elementos de los sistemas, para evitar que se dañen y deterioren. La figura 12 muestra la estructura soporte.

- **ESTRUCTURA GUIA.**

Todo el compartimiento va montado sobre una estructura guía que como podemos ver en la figura 13 tiene forma de U, está conformada por perfiles en L, tiene en su parte delantera dos soportes tubulares que pivotan en la estructura delantera de la silla, y en la parte trasera un acople semicilíndrico que encaja en la estructura trasera.

Figura 13. Estructura guía.



## 5.2 SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGIA

Dentro de los sistemas de suministro de energía que puede utilizar la silla de ruedas se encuentran:

- Los motores térmicos que extraen la energía de combustibles fósiles como la gasolina, el gas-oil, ACPM y el gas natural.
- Los sistemas de energía solar, que por medio de la aplicación del efecto fotovoltaico transforman la radiación solar en energía eléctrica que se puede guardar en un acumulador eléctrico. Esta energía puede ser utilizada luego para poner en movimiento un motor eléctrico.
- Los sistemas de suministro de energía por medio de acumulador eléctrico que se cargan al conectarse a la red eléctrica domiciliaria y que luego transmiten la

energía necesaria para poner en movimiento un motor eléctrico de corriente continua.

### 5.2.1 MOTORES TERMICOS<sup>14</sup>

Los motores térmicos son máquinas que transforman la energía química del combustible en energía calorífica y esta en trabajo mecánico utilizable. Para transformar el calor en trabajo, se aprovecha la tendencia de los gases a expandirse bajo la acción del calor, ejerciendo sobre los cuerpos en contacto una presión capaz de desplazarlos y producir trabajo mecánico.

La energía calorífica empleada puede proceder de diversas fuentes: combustibles sólidos, líquidos o gaseosos; energía eléctrica; energía solar; energía atómica; etc. Para comprender mejor el estudio de los motores térmicos se dan a continuación unas definiciones básicas:

**Combustibles:** son los compuestos que al quemarse producen calor.

**Comburentes:** son los compuestos que no se queman pero son necesarios en la combustión.

**Ciclo de trabajo de un motor:** es la sucesión de operaciones que el fluido activo realiza dentro del motor y que se repiten periódicamente en el mismo orden.

**Fluidos activos o de trabajo:** son los gases que al realizar el ciclo de trabajo reciben el calor, sufren unas variaciones de temperatura, presión y volumen y actúan sobre los órganos móviles del motor. Los motores térmicos se pueden clasificar según varios aspectos, entre los están los siguientes:

- EL LUGAR DONDE SE REALIZA LA COMBUSTION.

Según el lugar donde se realiza la combustión los motores se clasifican en:

1. Motores de combustión externa: en estos motores la combustión se realiza fuera del motor. Por ejemplo: la máquina de vapor.
2. Motores de combustión interna: en estos el combustible, líquido o gaseoso, se quema dentro del fluido activo en el interior del motor, de forma que primero el combustible y el comburente y luego los productos de la combustión, forman parte del fluido activo.

---

• <sup>14</sup> MIRALLES, Juan, VILLALTA E, Juan. Funcionamiento y Estructura del Motor Diesel. Capítulo 1. Ediciones CEAC. Barcelona, España. 1984.

- EL MOVIMIENTO QUE LA EXPANSIÓN DE LOS GASES PROVOCA EN EL MOTOR.

Según este criterio los motores térmicos pueden ser de tres tipos:

1. Motores alternativos: en estos motores la fuerza expansiva de los gases actúa sobre un émbolo que se desplaza en el interior de un cilindro, el émbolo animado de un movimiento rectilíneo alternativo transmite y transforma este movimiento por medio de un mecanismo de biela y manivela en un movimiento de giro del eje del motor de la máquina. Por ejemplo: los motores Otto y Diesel.
2. Motores rotativos: en estos motores la fuerza expansiva de los gases actúa sobre las aletas de un rodete giratorio (rotor), obteniéndose directamente un movimiento circular continuo en su eje que es el mismo eje del motor. Ejemplo: Las turbinas de vapor y de gas.
3. Motores de reacción: en estos motores la fuerza expansiva de los gases actúa directamente sobre el elemento a propulsar recibiendo el motor un empuje o reacción.

- MOTORES ALTERNATIVOS DE COMBUSTION INTERNA.

De las anteriores clasificaciones se derivan los motores alternativos de combustión interna que son muy utilizados en tracción terrestre, marítima y en instalaciones fijas de tamaño pequeño y medio. Estos motores los podemos clasificar según la forma en que se realiza el encendido de la mezcla y el proceso de combustión así:

1. Motores con encendido por chispa: llamados motores Otto en honor a su creador, utilizan como combustible la gasolina.
2. Motores con encendido por compresión: pertenecen a este grupo los motores Diesel que emplean como combustible el gas-oil, aunque pueden emplear también otros aceites pesados como el fuel-oil, petróleo crudo, etc., o gases. El combustible se inyecta en el aire comprimido y la combustión se inicia por encendido espontáneo del gas-oil, autoencendido, calentado por la alta temperatura del aire comprimido contenido en la cámara de combustión.

A continuación se explican los motores térmicos Diesel, Otto y Otto con conversión a gas natural, evaluando sus ventajas y desventajas para tenerlas en cuenta en el momento de seleccionar el sistema de suministro de energía.

### **5.2.1.1 MOTOR DIESEL**

El motor Diesel es un motor alternativo de combustión interna y de encendido por compresión. En este motor se pueden emplear altos grados de compresión gracias a que el cilindro aspira solo aire, siendo por lo tanto solo aire lo que se comprime en el cilindro, no una mezcla de aire-combustible, lo que impide la posibilidad de una explosión prematura. Sus altas relaciones de compresión, hacen que el aire comprimido alcance temperaturas de más de 600 °C, antes de la combustión.

El combustible se inyecta dentro del aire comprimido a gran presión (de 100 a 200 bar) cuando está finalizando el tiempo de compresión; así el combustible entra en la cámara de combustión en forma de chorro líquido pulverizado que se evapora al tomar calor del aire, se mezcla homogéneamente con él y finalmente se produce el encendido espontáneo, o autoencendido gracias a la propiedad del gas-oil de encenderse espontáneamente cuando se calienta a unas temperaturas relativamente bajas (unos 280 °C) sin necesidad de chispa eléctrica ni llama. Las altas temperaturas del aire comprimido y la forma de producirse la mezcla, permiten el empleo de combustibles poco volátiles, y por tanto más baratos, como el gasoil.

Los elementos del motor Diesel varían su forma y tamaño según el tipo de aplicación, potencia y velocidad para la que se seleccione. Por ejemplo, los motores lentos (de menos de 1000 r.p.m.) tienen piezas de grandes tamaños que en ocasiones deben subdividirse y obliga a variar la constitución del motor Diesel.

El motor Diesel puede funcionar según los ciclos de cuatro o de dos tiempos. El de cuatro tiempos es el más empleado en motores pequeños y medios, mientras que el de dos tiempos se emplea en motores lentos y grandes como los utilizados en los grandes barcos.

- **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MOTOR DIESEL**

#### **VENTAJAS**

1. Es más económico que el motor Otto, ya que consume poco combustible y su combustible el gasoil es más económico que el del motor Otto (gasolina).
2. Mantiene muy bien su fuerza al aumentar la carga.
3. A igual potencia tiene más fuerza que un motor Otto.

4. Es más seguro durante su funcionamiento y su combustible el gas-oil no representa peligro de incendio.
5. No requiere de equipo eléctrico para el encendido del combustible.

#### **DESVENTAJAS**

1. Tiene menor rendimiento que el motor Otto.
2. Deja depósitos de negro de humo durante el escape y contamina el ambiente.
3. Es un motor más robusto y por lo tanto más pesado.
4. Tiene mayor precio que el motor Otto.
5. Sus repuestos, revisiones y reparaciones son más costosas.
6. Produce contaminación auditiva porque su marcha es ruidosa.
7. Al utilizar este tipo de motor para la silla sería necesario diseñar un mecanismo de transmisión complejo.
8. Produce vibraciones.

#### **5.2.1.2 MOTOR OTTO**

El motor Otto es un motor alternativo de combustión interna y de encendido por chispa. El motor Otto como el Diesel también puede funcionar según los ciclos de cuatro o de dos tiempos. Es el motor más utilizado por los automóviles y su combustible es la gasolina.

#### **• VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MOTORES OTTO.**

##### **VENTAJAS**

1. Su rendimiento es mayor que el de los motores Diesel.

##### **DESVENTAJAS**

1. Utiliza un combustible muy caro (gasolina)
2. Requiere de un complejo sistema eléctrico para producir la chispa de encendido.
3. No mantiene la fuerza al caer la velocidad.
4. Su combustible (gasolina) es muy volátil, tóxico y narcótico para la respiración.
5. Tiene una alta proporción de gases semiquemados y contaminantes en el escape (óxidos de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos).
6. Es pesado, aunque no tanto como el motor Diesel.

7. Es costoso.
8. Genera altos gastos en reparaciones, revisiones y repuestos.
9. Produce ruido.
10. Al utilizar este tipo de motor para la silla sería necesario diseñar un mecanismo de transmisión más complejo.
11. Produce vibraciones.

### **5.2.1.3 MOTOR DE GAS NATURAL<sup>15</sup>**

Los motivos que impulsan la sustitución de los motores de gasolina y gas-oil por motores de gas natural son:

1. La posibilidad de trabajar con combustibles alternativos de combustión más limpia como el gas natural, lo que asegura la reducción o eliminación de algunas emisiones que causan contaminación.
2. Nuestro país se preocupa más ahora por el cuidado del medio ambiente, por lo cual el gas natural ha adquirido más fuerza durante los últimos años.
3. Promover las formas de energía más segura.
4. La liberación del precio de la gasolina ha originado su aumento, incentivando la conversión de vehículos pequeños a gas natural que es más económico.
5. Hay disponibilidad en la actualidad de gas natural en las ciudades más grandes del país.
6. El número de estaciones de servicio que expenden gas natural ha crecido.
7. Se ha disminuido el período de pago del equipo de conversión del motor de gasolina a gas natural, por lo cual se ha incrementado el número de vehículos convertidos a este tipo de combustible.

- **COMPOSICION DEL GAS NATURAL VEHICULAR.**

El gas natural es una mezcla de diferentes gases. El principal componente es el metano (CH<sub>4</sub>), el cual se encuentra entre el 85% y el 99% del volumen total. Los otros componentes incluyen otros hidrocarburos, gases inertes como el nitrógeno, el helio, el dióxido de carbono, trazas de hidrógeno sulfídico y agua. Los hidrocarburos diferentes al metano presentes en el gas natural son principalmente etano, el cual se encuentra en un

---

• <sup>15</sup> VILLADIEGO T, Juan Carlos. Conversión de un motor estacionario de gasolina a gas natural – Prueba y evaluación. Capítulos 2 y 3. UIS. Bucaramanga. 2001.

promedio de 78% en base molar. El remanente son en su mayoría propanos y butanos, con algunas trazas de C<sub>5</sub> y especies con más carbonos. La mezcla de componentes varía considerablemente, dependiendo de la fuente y del proceso al que sea sometido el gas.

- **EQUIPO DE CONVERSIÓN DEL MOTOR DE GASOLINA A GAS NATURAL.**

El equipo de conversión del motor de gasolina a gas natural está formado por tres sistemas principales, cada uno de estos conformado por algunos elementos.

- a) Sistema de almacenamiento de gas: incluye tanques de almacenamiento, manómetro, válvula manual de cierre, válvula de llenado, tubería para alta presión y herrajes.
- b) Sistema de dosificación de la mezcla aire-gas: está constituido por reductor de presión, controlador de mezcla, válvula de control de flujo, sensor de oxígeno, mezclador, electroválvula para gasolina y electroválvula para gas.
- c) Accesorios adicionales: dispositivo electrónico de avance de chispa, conmutador gas-gasolina, indicador de nivel.

La presencia de estos elementos en la conversión a gas natural varía dependiendo del tipo de vehículo y motor. Es decir, pueden presentarse o ausentarse debido básicamente a los requerimientos del motor, autonomía deseada, sistema de encendido, uso del motor (uso vehicular o estacionario), sistema de mezcla de combustible (carburación o inyección).

- **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MOTORES DE GAS NATURAL.**

#### **VENTAJAS**

1. El motor de gas natural utiliza la energía de forma más segura que los motores a gasolina.
2. El equipo de conversión permite cambiar fácilmente de gasolina a gas natural observándose un correcto funcionamiento.
3. El uso del gas natural permite recuperar la inversión inicial en corto plazo para los vehículos de transporte público.
4. Actualmente existe disponibilidad de gas natural en las grandes ciudades del país.
5. El precio de venta a usuarios del gas natural es menor que el de la gasolina.

6. El gas natural tiene propiedades antidetonantes, por lo cual puede ser usado de forma segura en motores con relaciones de compresión tan altas como 15:1.
7. Los motores que trabajan con gas natural pueden alcanzar incluso eficiencias mayores que los de gasolina cuando usan relaciones de compresión altas.
8. Los motores con gas natural generalmente muestran emisiones muy bajas de hidrocarburos reactivos HC y estos son menos reactivos que los de los motores Otto y Diesel.
9. Las emisiones de metano no son reactivas.
10. Los motores de gas natural tienen emisiones muy bajas de CO, NOx y SOx reduciendo así los niveles de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> del ambiente y las partículas de nitrato y sulfato.
11. La reducción en emisiones CO reduce la tasa de conversión de SO<sub>2</sub> a ácido sulfúrico.
12. La reducción en emisiones Nox y SOx reduce la deposición de ácidos, reduciendo el suministro de ácidos precursores en la atmósfera.
13. Reduce el riesgo de cáncer asociado con la emisión de partículas Diesel.

#### **DESVENTAJAS**

1. El gas natural es difícil de encender por lo que requiere una gran cantidad de energía en la chispa.
2. Para transporte particular el uso del motor de gas natural es una inversión difícil de recuperar principalmente para recorridos cortos dentro de la ciudad.
3. El motor de gasolina convertido a gas natural produce 10% menos potencia que el motor a gasolina. Esta pérdida de potencia es mayor a medida que se reduce la velocidad de funcionamiento del motor y se puede reducir aumentando la relación de compresión del motor.
4. En el motor de gas natural es mayor la duración de la combustión, lo que produce una disminución de la eficiencia que se puede eliminar adelantando la aparición de la chispa.
5. Es más costoso que el motor a gasolina porque el precio se aumenta debido al equipo de conversión.
6. Genera mayores costos en reparaciones, revisiones y repuestos.
7. Produce ruido.
8. Al utilizar este tipo de motor para la silla sería necesario diseñar un mecanismo de transmisión más complejo.
9. Produce vibraciones.
10. Este motor requiere más elementos lo que hace que sea más pesado y ocupe más espacio que el motor Otto, lo que dificulta su utilización en la silla.

## **5.2.2 SISTEMA DE ENERGIA SOLAR<sup>16</sup>**

Por medio de procesos tecnológicos directos o indirectos se puede aprovechar al máximo los efectos físicos de la radiación solar. En los procesos directos se realiza la conversión de la energía en una sola etapa, pasando en un solo proceso de la energía de radiación electromagnética de la luz solar a la forma final de energía utilizable. Por conversión directa la energía solar se puede transformar en energía térmica o en energía eléctrica. Y en los procesos indirectos para obtener la energía final utilizable se deben realizar dos o más procesos intermedios, Ejemplo: la energía eólica y algunos procesos termoeléctricos y termodinámicos.

- **PROCESOS TERMICOS DIRECTOS DE CONVERSIÓN ELECTRICA.**

La energía solar, al incidir sobre cualquier objeto, se transforma en energía térmica, ya que la radiación solar calienta los cuerpos sobre los que incide. La cantidad de energía cedida por la radiación depende de la intensidad incidente y de la capacidad de absorción del cuerpo.

Esta energía solar en forma de luz está formada por una gran cantidad de fotones, los fotones interactúan con los electrones de los cuerpos sobre los que inciden. Dos de esos tipos de interacción son: el efecto fotoeléctrico externo y el efecto fotovoltaico. A continuación estudiaremos el efecto fotovoltaico en el cual se basan los sistemas de energía solar.

### **5.2.2.1 EFECTO FOTOVOLTAICO**

El efecto fotovoltaico consiste en la obtención de energía eléctrica directa a partir de la radiación solar. Para ello se utilizan los materiales semiconductores los cuales bajo ciertas circunstancias, son capaces de crear una fuerza electromotriz. Algunos

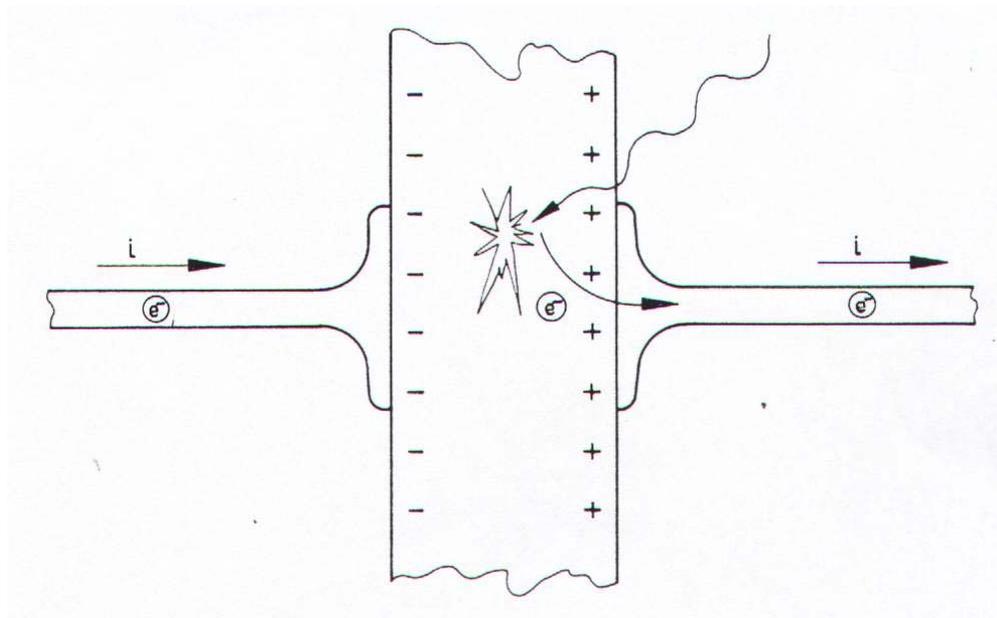
---

- <sup>16</sup> CENSOLAR (Centro de Estudios de la Energía Solar). Instalaciones de Energía Solar - Curso Programado. Tercera edición. Tomos I y V. PROGENSA. Sevilla - España. 1992.

semiconductores son elementos químicos puros, como el boro, el silicio y el selenio, y otros son compuestos químicos, como el arseniuro de galio.

Existen dos clases de semiconductores los tipo N y los tipo P que al ponerse en contacto crean una unión P-N, en la cual se puede establecer una diferencia de potencial de algunas décimas de voltio, dando lugar a un campo eléctrico. Si incide luz sobre la zona de unión, los fotones de la misma liberarán electrones adicionales. Algunos de los electrones libres pueden atravesar la barrera de potencial y ser expulsados fuera del semiconductor a través de un circuito exterior. Es así como estos pares electrón-hueco, por efecto del campo eléctrico, adquieren movimiento (energía) y pueden ser recogidos mediante un conductor o circuito externo, produciéndose así una corriente eléctrica. Los electrones luego de recorrer el circuito externo, vuelven a entrar en el semiconductor por la cara opuesta (ver figura 14). El material semiconductor transforma la energía radiante y como la energía eléctrica proviene de los fotones de la luz, al eliminarse esta cesa el flujo de corriente.

Figura 14. Generación de energía eléctrica. Los electrones son forzados hacia el circuito externo por los fotones incidentes.



Tomado de Instalaciones de Energía Solar. Curso Programado. CENSOLAR. Tomo V Sistemas de Conversión eléctrica. Pág. 5 (5.1.1) PROGENSA. Sevilla- España 1992.

### **5.2.2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Los componentes más importantes de un sistema fotovoltaico son: la célula fotovoltaica, el panel solar, los acumuladores, el regulador, el convertidor y algunos elementos accesorios.

- **LA CELULA FOTOVOLTAICA**

Una célula fotovoltaica es una unidad formada por materiales semiconductores capaces de producir, mediante una unión P-N, una barrera de potencial que hace posible el efecto fotovoltaico. Las células fotovoltaicas, suministran un voltaje que es proporcional a la intensidad de la radiación incidente, aunque no todas las longitudes de onda de la misma son aprovechables. El tamaño de cada célula varía desde unos pocos centímetros cuadrados hasta 100 cm<sup>2</sup> o más y su forma puede ser circular, cuadrada, o derivada de estas dos geometrías. Las células se interconectan en serie, para que los electrones expulsados de una sean recogidas por la siguiente, comunicándoles energía adicional, a fin de lograr una diferencia de potencial que sea adecuada para el circuito exterior (entre 6 y 24 voltios).

- **PANEL SOLAR**

Una célula solo proporciona una tensión de algunas décimas de voltio y una potencia máxima de uno o dos vatios. Por ello, es necesario conectar en serie un determinado número de células para producir tensiones de 6, 12 o 24 voltios, formando lo que se conoce como panel o módulo fotovoltaico. Para producir un panel de 12 voltios se deben unir entre 30 y 40 células.

Los paneles se pueden clasificar según el tipo de células como: monocristalinos, policristalinos y amorfos. Según la potencia nominal hay paneles de: 5, 10, 20, 35, 40 y 60 W. Y según el voltaje los paneles se clasifican de: 6, 12 y 24 voltios. Los paneles están diseñados para formar una estructura modular, siendo posible combinarlos entre sí en serie, en paralelo o de forma mixta, para obtener la tensión e intensidad deseadas.

- **ACUMULADORES**

El acumulador es necesario ya que los paneles solo generan energía eléctrica en los momentos en que incide sobre ellos la luz, entonces cuando no existe incidencia luminosa o esta es demasiado débil los acumuladores son los encargados de suministrar la energía requerida. El acumulador tiene además las siguientes funciones:

1. Suministra una potencia instantánea, o durante breves momentos, superior a la que el campo de paneles podría generar aun en los momentos más favorables.
2. Mantiene un nivel de tensión estable, constante e independiente de las condiciones de incidencia luminosa.

El voltaje de la batería (aproximadamente constante) es el que determina el voltaje de funcionamiento de los paneles, ya que la intensidad de la corriente suministrada por el panel se ajustará automáticamente al valor del voltaje de la batería. El acumulador fotovoltaico casi nunca va a estar sometido a intensidades de descarga grandes, por lo que su capacidad real superará incluso a la nominal especificada por el fabricante. Las dos grandes clases de baterías que se utilizan en aplicaciones fotovoltaicas son: las de níquel-cadmio y las de plomo-ácido. También existen los acumuladores alcalinos pero su alto precio hace que se prefieran los de plomo-ácido. El acumulador estacionario es el más adecuado para las instalaciones fotovoltaicas.

- **REGULADOR**

El regulador de carga tiene la misión de regular la corriente que absorbe la batería con el fin de evitar que esta se sobrecargue y además le permite a esta aprovechar la mayor cantidad de energía captada por los paneles. Para realizar su función el regulador utiliza dispositivos electrónicos para medir constantemente el voltaje de la batería, lo que le permite conocer su estado de carga para controlar el flujo de corriente hacia ella.

Existen dos tipos de reguladores, los de tipo paralelo (denominados shunt) y los de tipo serie. El primero es más utilizado en pequeñas instalaciones y el segundo en grandes instalaciones. Es recomendable utilizar el regulador como elemento de seguridad y protección de la batería, aunque en algunos casos no es necesario. Por ejemplo, en instalaciones donde la relación entre la potencia de los paneles y la capacidad de la batería es muy pequeña. También en instalaciones que utilizan paneles autorregulados.

- **CONVERTIDOR**

El convertidor es un dispositivo capaz de alterar la tensión y características de la corriente eléctrica que recibe transformándola para que sea más apta para lo que se va a usar. Existen dos tipos de convertidor el CC-CC que recibe corriente continua a un determinado voltaje y la transforma en corriente continua pero a un voltaje diferente y el CC-CA que transforma corriente continua en alterna.

- **ACCESORIOS**

Además de los elementos mencionados, en algunas instalaciones fotovoltaicas se utilizan varios accesorios para mejorar su seguridad, control y medida, entre los cuales están: alarmas y desconectores por bajo voltaje de la batería, programadores horarios, temporizadores, voltímetro, amperímetro, contadores de amperios-hora, fusibles, etc.

### **5.2.2.3 PROCESO DE CÁLCULO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL ACUMULADOR Y EL NÚMERO DE PANELES**

Un correcto dimensionado del sistema fotovoltaico es fundamental para que la instalación funcione bien y tenga una larga vida. Todos los elementos de la instalación deben ser cuidadosamente calculados y seleccionados para que guarden entre sí una proporción justa y equilibrada. A continuación se muestra el procedimiento para calcular la capacidad y el número de acumuladores y paneles que requiere una instalación solar que suministre la energía necesaria para poner en funcionamiento los motores eléctricos de la silla de ruedas.

- **CALCULO DEL NUMERO DE ACUMULADORES**

Para determinar la capacidad y el número de acumuladores que debe tener una instalación solar se deben seguir las siguientes etapas:

1. Averiguar la potencia real (en vatios) de consumo para cada aparato y estimar el número promedio de horas de funcionamiento de cada uno en el día medio del mes más desfavorable.
2. Calcular en W-h el consumo diario  $E_T$  en el mes más desfavorable (en algunos casos es necesario calcular también los consumos semanales, mensuales o anuales u otros).
3. Elegir el número  $N$  de días de autonomía previstos para la instalación, teniendo en cuenta las características climatológicas de la zona, el servicio que la instalación va a prestar y las circunstancias particulares de cada usuario.  $N$  representa el máximo número de días consecutivos que puede producirse energía en condiciones desfavorables (cielo cubierto).

También se debe averiguar la profundidad de descarga máxima  $p_d$  admitida para el acumulador (normalmente un 0.8 para los de Ni-Cd o los estacionarios de Pb-Sb y 0.4 para los de Pb-Ca).

4. Calcular la energía necesaria  $E$  la cual será exactamente la energía que se necesite diariamente, teniendo en cuenta las diferentes pérdidas que existen:

$$E = \frac{E_T}{R}$$

(1)

Donde  $R$  es un factor global de rendimiento de la instalación, y se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$R = 1 - [(1 - k_b - k_c - k_v)k_a N / p_d] - k_b - k_c - k_v$$

(2)

Donde:

$k_b$  es el coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador. Indica la fracción de energía que la batería no entrega a la instalación con respecto a la que entró a ella procedente de los paneles. Este coeficiente puede tomarse igual a 0.05 para servicios en condiciones que no demanden descargas intensas e igual a 0.1 en otros casos más desfavorables. (acumuladores viejos, descargas más fuertes, temperaturas bajas, etc.).

$k_a$  es el coeficiente de autodescarga y representa la fracción de energía de la batería que se pierde diariamente por autodescarga, el valor que se suele utilizar es 0.005. Para los diferentes tipos de baterías los valores de este coeficiente son los siguientes:

$k_a = 0.002$  para baterías de baja descarga, como las de Ni-Cd o las de Pb-Ca, sin mantenimiento.

$k_a = 0.005$  para las baterías estacionarias de Pb.

$k_a = 0.012$  para el resto de las baterías de alta autodescarga, incluidas las de arranque utilizadas en los automóviles.

$k_c$  es el coeficiente de pérdidas en el convertidor, y tiene los siguientes valores según el caso.

$k_c = 0$  Si no existe convertidor, si su rendimiento ya se ha tenido en cuenta al calcular la potencia real consumida por los aparatos que afecte, o si sólo se utiliza para algunos aparatos.

$k_c = 0.2$  Cuando existe un convertidor senoidal que afecta a todo el circuito de consumo.

$k_c = 0.1$  Cuando el convertidor es de onda cuadrada.

Para simplificar se supone que el consumo propio de los circuitos del convertidor se tiene en cuenta en el coeficiente  $k_c$ , aunque en el caso de grandes potencias es aconsejable determinar el valor del consumo del propio convertidor y las pérdidas que origina.

$k_v$  es el coeficiente que agrupa otras pérdidas (rendimiento global de toda la red de consumo, pérdidas por efecto Joule, etc.) como la energía que cada aparato eléctrico desprende en forma de calor, las pérdidas de energía a través de los cables de conducción y en las conexiones. Este coeficiente varía teniendo los siguientes valores:

$k_v = 0.15$  Si las potencias de consumo de los aparatos son las teóricas.

$k_v = 0.1$  Si no se dispone de información en detalle de los rendimientos.

$k_v = 0.05$  Si las potencias de consumo de los aparatos son las realmente consumidas.

5. Después de calcular  $R$  y  $E$  se procede a hallar la capacidad útil  $C_u$ . La capacidad útil que debe tener la batería es igual a la energía total  $E$  que es preciso producir diariamente multiplicada por el número  $N$  de días de autonomía, ya que la batería debe ser capaz de acumular toda la energía necesaria para dicho período.

$$C_u = EN$$

(3)

Donde  $E$  y  $C_u$  se pueden medir en julios, aunque se acostumbra medir  $E$  en  $W \cdot h$  y la capacidad en  $A \cdot h$  dividiendo  $C_u$  entre la tensión nominal de la batería (12 o 24 V).

6. A continuación se calcula la capacidad nominal de la batería que es igual al cociente entre  $C_u$  y la profundidad máxima de descarga admisible  $p_d$ .

$$C = C_u / p_d$$

(4)

Estas capacidades están referidas a condiciones estándares de temperatura de 20 ó 25 °C, por lo que se deben realizar correcciones cuando sea necesario. Para calcular la capacidad real se deben tener en cuenta las curvas características de cada tipo de acumulador teniendo en cuenta las variaciones de temperatura o aplicando algunas ecuaciones que estiman la capacidad real a una temperatura dada. Y para la profundidad de descarga se pueden asignar los valores recomendados por el fabricante.

Para pequeñas instalaciones no se suele efectuar corrección por temperatura ni por régimen de descarga, pues ambos efectos se compensan.

Por último se escoge del catálogo la batería que más se aproxime al valor de  $C$  calculado. En el caso en que el valor de  $C$  calculado está entre dos valores del catálogo, se recomienda elegir la opción por exceso, o sea la batería de mayor capacidad, para obtener un margen de seguridad. Si no existe un modelo con la capacidad requerida se debe recurrir a combinar en paralelo dos o más modelos de inferior capacidad hasta obtener aproximadamente la capacidad total deseada.

- **CALCULO DEL NUMERO DE PANELES**

7.  $E$  es la energía que debe entrar a través de los bornes del acumulador proveniente de los paneles, pero como entre los paneles y la batería está el regulador, la cantidad diaria de energía  $E_p$  que deben producir los paneles debe ser siempre superior a  $E$ .

Se estima que un 10% de la energía que producen los paneles se disipa en el regulador y no se convierte en energía útil, por lo tanto.

$$E_p = E / 0.9 \quad (5)$$

8. NUMERO DE HORAS DE SOL PICO (H.S.P.)

Este concepto resulta útil para evaluar la energía que un panel puede producir diariamente en una determinada localidad y es el valor de la energía  $H$  total incidente sobre una superficie horizontal de  $1\text{m}^2$ , puede expresarse en  $kW * h$

$$H.S.P. = 0.2778kH$$

(6)

$k$  es el coeficiente de corrección por inclinación de los paneles. El significado de las horas de sol pico u horas de sol a una intensidad de  $1000 \text{ W/m}^2$  es el siguiente:

Si en una localidad se reciben en un mes determinado una media diaria de  $3.53 \text{ kW} * h$ , el resultado es el mismo que si incidiese una intensidad de  $1 \text{ kW}$  (1 sol pico) durante 3.53 horas, por lo cual el número de H.S.P. en ese mes es igual a 3.53.

9. La energía diaria teórica que producirá un panel horizontal de potencia nominal  $P$  se haya multiplicando dicho valor  $P$  por el número de  $H.S.P.$ . Si el panel está inclinado dicha energía se ve afectada por un factor de corrección por inclinación. Si los paneles

son bifaciales y se montan con un fondo reflectante apropiado se debe multiplicar el número *H.S.P.* por el factor 1.2 .

10. El número de paneles necesarios de potencia nominal está dado por el cociente entre  $E_p$  y la energía que realmente es capaz de producir cada panel a lo largo del día (la cual se estima que es un 10% menor que la potencia máxima teórica, que suele ser la potencia nominal que especifican los fabricantes, así en número de paneles viene dado por:

$$N.^{\circ} \text{ de } \cdot \text{ paneles} = \frac{E_p}{0.9P(H.S.P.)} \quad (7)$$

El coeficiente 0.9 incluye también pequeñas pérdidas debidas a: la suciedad de los paneles, pérdidas por reflexión en los momentos de incidencia muy oblicua, etc. Cuando la potencia  $P$  dada por el fabricante sea la del panel en condiciones reales de trabajo no se debe utilizar este coeficiente.

Aplicando este procedimiento y teniendo en cuenta que la silla de ruedas funciona con dos motores de 0.16 H.P., se obtiene que para poner en funcionamiento los motores eléctricos durante 4 horas diarias con un sistema fotovoltaico se requieren 2 acumuladores de 120 A .h y 24 paneles de 20 W.

## • VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE ENERGIA SOLAR

### VENTAJAS

1. No genera gases contaminantes.
2. No produce contaminación auditiva.
3. Requiere poco mantenimiento.
4. Tiene una larga vida útil.
5. No genera vibraciones.

### DESVENTAJAS

1. Requiere una alta inversión inicial debido a que los paneles tienen un precio muy alto.
2. Produce muy poca potencia por panel instalado, lo que hace que se requieran muchos paneles para una pequeña instalación, ocupando un gran espacio.
3. En días nublados produce muy poca energía.

### **5.2.3 SISTEMA CON ACUMULADORES ELECTRICOS (BATERIAS)<sup>17</sup>**

Las baterías y las pilas eléctricas son fuentes de fuerza electromotriz (f.e.m.). Las f.e.m. son dispositivos capaces de mantener una diferencia de potencial entre los puntos de un circuito eléctrico mientras la corriente fluye por dicho circuito. La corriente debe atravesar también la f.e.m., por lo tanto hay que tener en cuenta su resistencia interna. Las pilas galvánicas se dividen en dos clases generales: las primarias comúnmente llamadas pilas y las secundarias o acumuladores eléctricos denominados baterías. El acumulador eléctrico se diferencia de la pila en que es susceptible de ser recargado muchas veces, por ello será nuestro objeto de estudio.

En el estado actual de desarrollo los acumuladores aún son demasiado voluminosos, pesados y más caros de lo deseado, teniendo en cuenta la limitada cantidad de energía eléctrica que pueden acumular, o sea el trabajo útil que se puede obtener de ellos. Constantemente se investiga en el desarrollo de nuevos tipos de acumuladores, más ligeros y de mejor rendimiento. El éxito de estas investigaciones conllevaría a su masiva utilización, debido a que disponer de electricidad almacenada y lista para múltiples usos sería un desarrollo muy atractivo.

#### **5.2.3.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LAS BATERIAS ELECTRICAS**

Si se sumergen en una solución de ácido sulfúrico diluido dos placas de cobre y se conectan a los bornes de un voltímetro, la aguja del voltímetro no se mueve, lo que indica que entre las placas de cobre no existe ninguna diferencia de potencial. Sin embargo, si se sustituye una de las placas de cobre por una placa de zinc, la aguja del voltímetro se desvía indicando aproximadamente 1 voltio, lo que indica que en este caso si existe diferencia de potencial. Para que la aguja del voltímetro se desvíe es necesario conectar el cobre al borne positivo de este y el zinc al borne negativo. De lo anterior concluimos que para obtener una diferencia de potencial entre dos placas de metal son esenciales dos condiciones:

1. Las placas o electrodos deben ser de metales distintos.
2. Deben sumergirse en alguna solución electrolítica, tal como un ácido, una base o una sal.

---

• <sup>17</sup> DAWES, Chester L. Electricidad Industrial. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España. 1982.

Si tomamos la corriente de una pila de cobre-zinc y conectamos una resistencia entre sus electrodos (figura 15), la corriente saldrá por el cobre, atravesará la resistencia AB y volverá a la pila a través del zinc. En el interior de la pila la corriente sale del zinc, atraviesa la solución y se dirige hacia el cobre. Por el hecho de que la corriente en el interior de la pila va del zinc al cobre, se dice que el zinc es electroquímicamente positivo con relación al cobre. Por tanto, en una célula electroquímica de este tipo, el cobre es positivo con relación al zinc en cuanto al circuito exterior, pero en cuanto a las placas y a la solución, el zinc es electropositivo con relación al cobre.

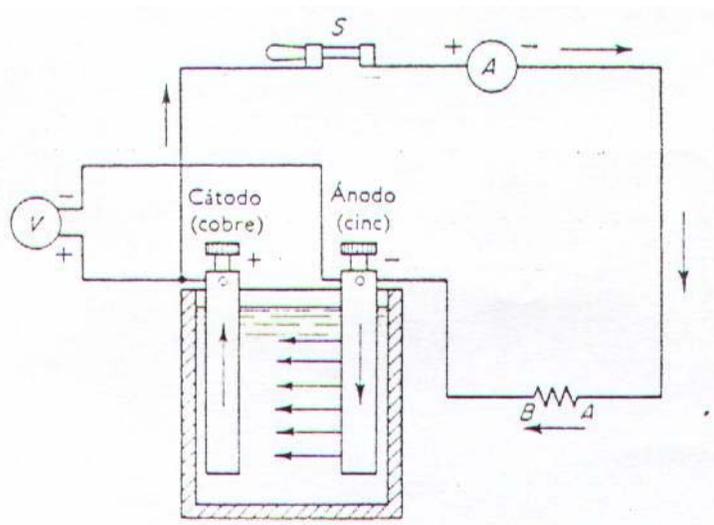
Para aclarar más este tema se dan a continuación algunas definiciones importantes:

**Pila electrolítica:** es el aparato donde se realiza una reacción electroquímica con el fin de producir energía eléctrica, y consta de un recipiente con dos o más electrodos y uno o más electrolitos.

**Electrodo:** es todo conductor (que puede ser de una sustancia no metálica tal como el carbón) por el que la corriente entra o sale del electrolito, se llama ánodo a aquel por donde entra y cátodo a aquel por donde sale (ver figura 15).

**Electrolito:** es todo medio conductor en que el flujo o corriente va acompañado de un desplazamiento de materia (iones), también se puede definir como cualquier sustancia que al ser disuelta en un disolvente (que suele ser el agua) da lugar a un medio conductor.

Figura 15. Elemento electrolítico suministrando corriente.



Tomado de Electricidad Industrial. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España. 1982.

En resumen dos electrodos inmersos en una disolución electrolítica (electrolito + agua) y compuestos por sustancias conductoras adquieren, como resultado de las reacciones un potencial diferente, es decir se establece entre ellos una diferencia de potencial capaz de generar una corriente eléctrica que puede fluir a través de un circuito externo que una ambos electrodos. A la unidad elemental formada por un par de electrodos inmersos en una disolución electrolítica se la denomina celda. Un acumulador está formado por varias celdas, unidas entre sí con objeto de conseguir una diferencia de potencial determinada. El electrodo del cual sale la corriente es el positivo y al que entra la corriente en el acumulador es el negativo. En el interior del acumulador el sentido es el inverso.

### **5.2.3.2 TIPOS DE ACUMULADORES**

Los acumuladores se pueden clasificar según su morfología, constitución interna y el uso al que están destinados.

Según su uso los acumuladores los podemos clasificar en tres grupos:

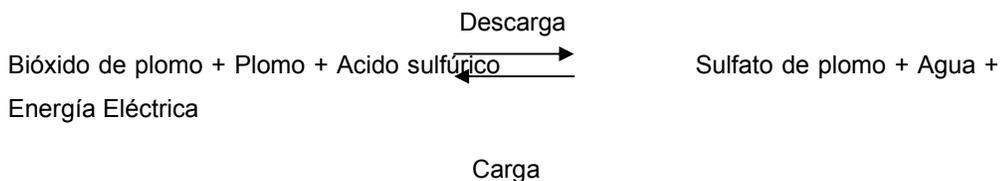
1. Acumuladores estacionarios: generalmente están destinados a permanecer fijos, ubicados en un determinado lugar y destinados a producir una corriente bien sea de forma permanente o esporádica para muchos fines, pero no están obligados a producir corrientes de alta intensidad en breves períodos de tiempo.
2. Acumuladores de arranque: además de suministrar energía eléctrica para los diversos servicios, están encargados de proporcionar una gran intensidad durante unos pocos segundos, por ejemplo: las baterías de automóvil cuando se quiere poner en marcha el motor. Este tipo de baterías se construyen para que soporten intensidades elevadas, con electrodos de placas más gruesas que las de los acumuladores estacionarios y su vida útil es menor, debido a las duras condiciones de uso.
3. Acumuladores de tracción: estas baterías se usan cuando se requiere una intensidad moderadamente alta durante algunas horas de forma casi ininterrumpida. Por ejemplo: las baterías encargadas de suministrar corriente a los motores de pequeños vehículos eléctricos para transportar equipaje y mercancía.

Según sus elementos constituyentes los acumuladores se pueden dividir en dos grandes grupos:

1. Acumuladores de electrolito ácido: los más utilizados son los que tienen el plomo como elemento base de sus electrodos y se denominan acumuladores de plomo-ácido.
2. Acumuladores de electrolito alcalino: se destacan los de níquel-cadmio y los de níquel-hierro.

### 5.2.3.3 REACCION QUIMICA DE CARGA Y DESCARGA

Los acumuladores son sistemas electroquímicos que se basan en reacciones químicas reversibles que ocurren en su interior. En un acumulador de plomo-ácido la reacción química principal es la siguiente:



**Descarga:** El acumulador, mientras suministra la corriente que utilizamos para diversos usos, se descarga, es decir, la diferencia de potencial entre sus bornes disminuye. En este proceso el bióxido de plomo de la placa positiva se transforma en sulfato de plomo y la placa negativa, que en estado de carga consiste en plomo esponjoso, se transforma también en sulfato de plomo. A medida que la batería se descarga, hay menos ácido y más agua en el electrolito y más sulfato de plomo en las placas.

**Carga:** Si forzamos el paso de una corriente a través de el acumulador en sentido contrario a la que se produciría de forma natural, la reacción química se efectuará también en sentido opuesto, formándose de nuevo los productos químicos iniciales, que volverán a estar listos para reaccionar, en este caso el acumulador se carga. Durante este proceso la corriente descompone el agua del electrolito en oxígeno e hidrógeno y este último se combina con el sulfato de ambas placas regenerándose de nuevo el ácido sulfúrico. El oxígeno se une al plomo de la placa positiva recuperándose el bióxido de plomo, mientras que la placa negativa queda reducida a plomo poroso. Si se continua excesivamente con el proceso de carga pueden producirse efectos no deseables como la producción excesiva de gases, ya que el agua se descompone liberando oxígeno e

hidrógeno. El exceso de oxígeno puede dañar las rejillas positivas oxidándolas. También se produce un aumento de la temperatura, consecuencia del calor generado en el interior de la batería, que produce a su vez una serie de efectos perjudiciales. La sobrecarga se evita regulando el proceso de carga mediante un regulador que se ocupa de mantener un nivel de carga óptimo.

Cuando el acumulador va envejeciendo los cristales de sulfato de plomo no eliminados aumentan de tamaño, dificultando el acceso del electrolito al interior de la materia activa que forman las placas e impidiendo que el acumulador pueda regenerarse.

#### **5.2.3.4 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL ACUMULADOR**

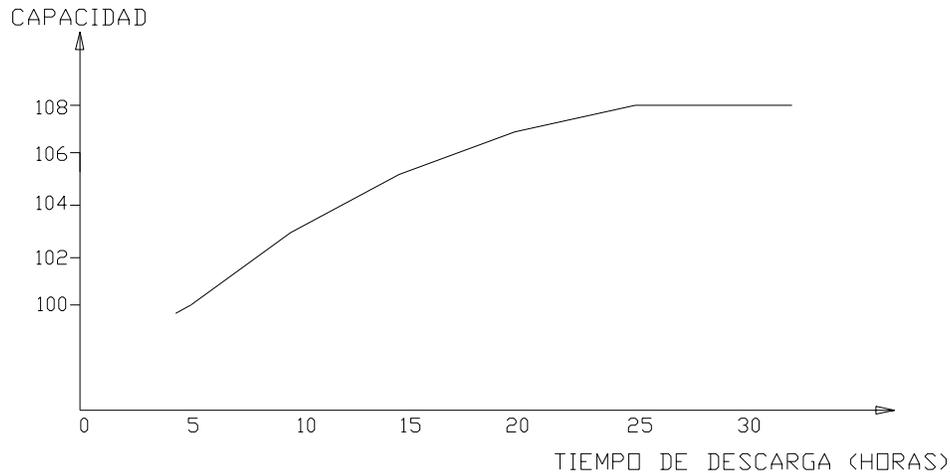
- **CAPACIDAD**

La capacidad de un acumulador ( $C$ ), es la máxima cantidad de electricidad que puede contener. Teóricamente, descargando por completo el acumulador en condiciones ideales podemos obtener una cantidad de electricidad igual a su capacidad a un voltaje determinado por las características del acumulador. Las capacidades se pueden expresar en unidades de amperios-hora ( $A \cdot h$ ) e indica el número de horas, que teóricamente se puede disponer de una corriente de una intensidad determinada.

- **CAPACIDAD UTIL**

En la práctica y para evitar daños irreversibles en el acumulador, únicamente es posible obtener una cantidad de electricidad sensiblemente inferior a la capacidad teórica o nominal, denominada capacidad útil. La capacidad útil, según el tipo de acumulador y las condiciones de trabajo a que se somete, representa una fracción de la capacidad nominal que puede oscilar entre un 30% para acumuladores de bajo precio, y más del 90% para los acumuladores alcalinos de alta calidad. En la gráfica 2 podemos observar como varía la capacidad de una batería en función del tiempo de descarga.

Gráfica 2. Capacidad relativa de una batería en función del tiempo de descarga. La capacidad nominal del 100% se ha definido en la gráfica para un tiempo de descarga de 5 horas.



- **TRABAJO UTIL**

- 

Además de la cantidad de electricidad, medida en culombios, es interesante conocer la cantidad de trabajo útil que puede obtenerse de un acumulador, la cual se da en julios y se obtiene multiplicando la cantidad de electricidad por el voltaje a que trabaja el acumulador, así:

$$V_{AB} = T / q \rightarrow T = qV_{AB} \quad (8)$$

Donde  $q$  se expresa en  $A \cdot h$ ,  $T$  en  $W \cdot h$  (un  $W \cdot h = 3600$  julios).

$V_{AB}$  no es constante por que va disminuyendo a medida que el acumulador se descarga. Sin embargo, se puede utilizar un voltaje medio, que se puede considerar igual al voltaje nominal del acumulador. En términos absolutos la cantidad de trabajo útil extraíble de un acumulador es muy pequeña. Por ejemplo una batería de  $65 A \cdot h$  y  $12 V$ , como las utilizadas en un automóvil de tamaño medio, no suministra ni  $1 KW \cdot h$  aunque se descargará totalmente.

- **TIEMPO DE DESCARGA**

La cantidad de electricidad que podemos obtener de un acumulador depende también del tiempo en que efectuemos el proceso de extracción, siendo mayor cuando se realiza este proceso más lentamente. Esto quiere decir que si se descarga el acumulador en un tiempo corto, obligándole a producir una intensidad de corriente alta, se producen pérdidas de rendimiento en los procesos electroquímicos de descarga que hacen que la cantidad neta de electricidad que nos pueda suministrar sea bastante menor que si el proceso de extracción se realiza más lentamente. Por ello es importante tener en cuenta el tiempo de descarga que se expresa en horas y a veces se escribe como subíndice del

símbolo C de la capacidad. Ejemplo:  $C_5$  representa la capacidad con tiempo de descarga de 5 horas.

- **PROFUNDIDAD DE DESCARGA**

Es el porcentaje de la capacidad máxima del acumulador que se logra extraer del mismo en las aplicaciones habituales. La profundidad de descarga es un término variable que depende del tipo de acumulador e influye decisivamente en su tiempo de vida útil. Si sometemos la batería a descargas más profundas y con más frecuencia disminuye la vida de esta y viceversa.

- **VIDA UTIL**

La vida útil de un acumulador se mide en ciclos y un ciclo es un proceso completo de carga y descarga hasta que el acumulador alcance la profundidad de descarga recomendada.

- **AUTODESCARGA**

Es el fenómeno por el cual el acumulador debido a diversas causas, experimenta una lenta pero continua descarga, aunque no esté conectado a ningún circuito externo. El valor de la autodescarga lo suministra el fabricante y es función de las características intrínsecas del acumulador y de los factores ambientales, sobre todo de la temperatura. Si no se conoce el valor de la autodescarga este se puede estimar de 0.5% a 1% diario de la capacidad del acumulador, según que la temperatura del lugar sea media o alta. La autodescarga aumentando al aumentar la temperatura.

- **TEMPERATURA DE TRABAJO**

La temperatura de trabajo afecta la vida útil de la batería y su rendimiento. Si la temperatura es demasiado alta la reacción química se acelera y se acorta la vida de la batería y si es baja la vida se prolonga pero se corre el riesgo de que el electrolito se congele, lo que se evita manteniendo la batería con un nivel de carga alto.

El voltaje en los bornes de una batería, depende de los siguientes factores:

1. Nivel o estado de carga: el voltaje disminuye a medida que la batería se descarga, y aumenta, hasta llegar a un máximo cuando la batería se carga.
2. Velocidad de carga o descarga: La variación de la tensión es mayor si la velocidad de carga o descarga es muy grande y viceversa.

3. Temperatura de la batería: el voltaje final recomendado para conseguir que la batería alcance el estado de plena carga debe ser mayor cuanto más baja sea la temperatura, ya que la reacción química se efectúa con mayor dificultad, necesiándose mayor energía para realizar el proceso.

Las variables más importantes que influyen en la selección de una batería son: La autodescarga, la vida útil, la profundidad de descarga media que se produce en cada ciclo, la temperatura de trabajo, la velocidad de carga y descarga y la sulfatación que afecta negativamente el comportamiento de las baterías.

#### **5.2.3.5 ASOCIACIÓN DE ACUMULADORES**

Los acumuladores se pueden combinar con el fin de obtener un mayor voltaje si se combinan en serie, o una mayor capacidad de suministro de corriente si se combinan en paralelo, también se pueden combinar en forma mixta, a fin de producir el voltaje e intensidad totales convenientes para una determinada instalación. En estas asociaciones todos los acumuladores deben ser idénticos entre sí y encontrarse en el mismo estado de uso o carga, para evitar desequilibrios que harían que unos acumuladores se cargasen a expensas de otros.

Si las baterías se conectan en serie el voltaje total es igual a la suma de los voltajes de las baterías y la capacidad y corriente son iguales a las que se obtendrían con un solo acumulador. Cuando se conectan en paralelo la capacidad y la corriente totales son iguales a las sumas de las capacidades y corrientes individuales y el voltaje total es igual al voltaje de una batería.

#### **5.2.3.6 RENDIMIENTO DE LA BATERIA**

El rendimiento de una batería se define como la relación entre su corriente útil en amperios – hora y la absorbida para restaurar su estado inicial de carga bajo condiciones específicas de temperatura, régimen de corriente y tensión final. El rendimiento en amperios – hora es grande, casi del 100%, debido a que el efecto de la pérdida por la gasificación puede reducirse.

El rendimiento energético de la batería también se puede dar por la relación entre el número de vatios-hora útiles y el empleado para recargar la batería. En el rendimiento en vatios-hora, la pérdida principal es debida a la diferencia de tensiones entre terminales en carga y en descarga.

- **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE ACUMULADORES ELECTRICOS.**

#### **VENTAJAS**

1. No genera gases contaminantes.
2. No produce contaminación auditiva.
3. Requiere poco mantenimiento.
4. Tiene una larga vida útil.
5. No genera vibraciones.
6. Es el sistema más económico.
7. Ocupan pequeño espacio.
8. Es el sistema más liviano.
9. Es un sistema muy seguro.
10. Es fácil de recargar.

#### **DESVENTAJAS**

1. La cantidad de energía que puede acumular es pequeña.

### **5.2.4 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGIA**

Cada sistema de energía visto hasta ahora tiene unas características determinadas que lo hacen diferente de los demás. Por ello para seleccionar el sistema más adecuado para la silla de ruedas, se evalúan las ventajas y desventajas que presenta cada uno de ellos y se decide que la silla utilizará el sistema de acumulador eléctrico para suministrar la energía a los motores eléctricos de corriente continua.

### **5.3 MECANISMOS Y ELEMENTOS DE LOCOMOCIÓN**

Parte esencial del funcionamiento de la silla de ruedas lo constituyen los mecanismos y elementos de locomoción, ya que estos son los encargados de transmitir la energía necesaria para lograr el desplazamiento de toda la silla. A continuación se dan a conocer todos los aspectos importantes, las etapas de diseño y las características y funciones de cada uno de estos mecanismos.

### **5.3.1 CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA EL DISEÑO DE LA SILLA DE RUEDAS**

Los siguientes son algunos de los aspectos más importantes que se tienen en cuenta en el diseño de los mecanismos y elementos de locomoción de la silla de ruedas.

1. El diseño de la silla debe permitir que los sistemas de suministro de energía, eléctrico y los mecanismos de locomoción, se puedan separar fácilmente de la estructura de la silla cuando se requiera hacer algún cambio, reparación o mantenimiento en estos sistemas o para cuando se quiera desarmar la silla para transportarla de manera más cómoda en un automóvil. Los sistemas mencionados deben ir en un compartimiento que tendrá una base con ruedas lo que facilitará su traslado, además este compartimiento debe ser fácil de abrir para realizar cambios, reparaciones o el mantenimiento que requieran estos sistemas. El compartimiento debe ubicarse debajo del asiento de la silla.
2. La silla de ruedas va a ser impulsada por dos motores eléctricos (cada uno se encargará de mover una de las ruedas traseras) que como se vio en el numeral 5.2.4 recibirán la energía de un acumulador eléctrico (batería) y la transmitirán a las ruedas traseras por medio de los mecanismos de transmisión diseñados o seleccionados para cumplir esta función.
3. Los motores eléctricos como van a ser movidos por una batería de 12 voltios, deben ser seleccionados para trabajar a este voltaje y con un amperaje suficiente para transmitir la potencia requerida para impulsar la silla.
4. La dirección de la silla se debe realizar controlando el movimiento rotación de las ruedas traseras y las ruedas delanteras serán de rotación libre lo que les permitirá orientarse según la dirección fijada por las ruedas traseras.
5. Para evitar que el discapacitado tenga que soportar los choques a los que está sometida la silla durante su desplazamiento sobre cualquier tipo de superficie, se deben diseñar mecanismos de amortiguación para las cuatro ruedas (dos delanteras y dos traseras).
6. La silla además de contar con el bloqueo mecánico de los motores, deberá tener dispositivos de bloqueo de las ruedas traseras para asegurar que esta se mantenga quieta en una posición fija.

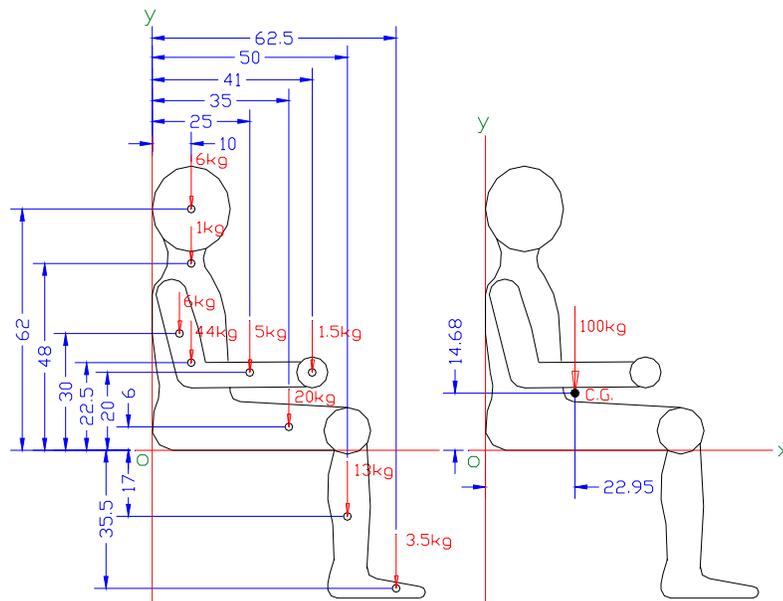
### 5.3.2 CENTRO DE GRAVEDAD

El centro de gravedad total de la silla con su pasajero se determina primero para luego poder realizar su análisis dinámico. Para obtener el centro de gravedad total de la silla de ruedas inicialmente se calculan los centros de gravedad del pasajero, de la estructura, de la cojinería, de las ruedas y por último el centro de gravedad de los mecanismos y elementos de locomoción y de los sistemas eléctrico y de suministro de energía.

#### 5.3.2.1 CENTRO DE GRAVEDAD DEL PASAJERO

Para obtener este centro de gravedad se supone que el pasajero está sentado de manera correcta en la silla y se calcula solo para las dimensiones  $x$  y  $y$ , pues se asume que en la dirección del eje  $z$  el peso del cuerpo se distribuye simétricamente. En la figura 16, se muestran las dimensiones del cuerpo, las cargas que se concentran en cada una de sus partes, y las distancias en  $x$  y  $y$  de los centros de gravedad al origen (punto O), dadas en centímetros. Los pesos de las diferentes partes del cuerpo son los determinados en la tabla 48 del numeral 5.1.2.4.1 y utilizados para calcular los elementos de la estructura.

Figura 16. Cargas y dimensiones para el cálculo del centro de gravedad del pasajero.



Para obtener las coordenadas en  $x$  y  $y$  del centro de gravedad se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\bar{X}_1 = \frac{X_i W_i}{W_r} \quad (9)$$

$$\bar{Y}_1 = \frac{Y_i W_i}{W_r} \quad (10)$$

Obteniéndose los siguientes resultados:

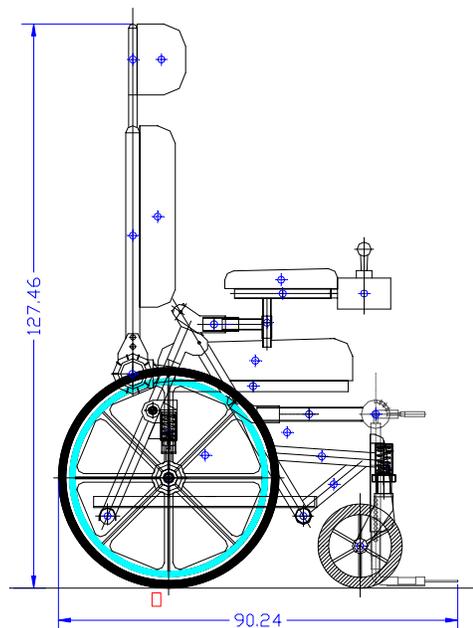
$$\bar{X}_1 = 22.955 \text{ cm}$$

$$\bar{Y}_1 = 14.6875 \text{ cm}$$

### 5.3.2.2 CENTRO DE GRAVEDAD DE LA ESTRUCTURA, LA COJINERÍA, EL JOYSTICK Y LAS RUEDAS DE LA SILLA

Para el cálculo de este centro de gravedad se aplican las cargas en los centros de gravedad de los elementos mencionados y se determinan las distancias (en  $x$  y  $y$ ) al origen de coordenadas (punto 0) como se observa en la figura 17.

Figura 17. Cargas y dimensiones para el cálculo del centro de gravedad de la estructura, la cojinería, el joystick y las ruedas de la silla.



Luego se aplican las ecuaciones 9 y 10 para hallar  $\bar{X}_2$  y  $\bar{Y}_2$  obteniéndose los siguientes valores.

$$\bar{X}_2 = 11.9460cm$$

$$\bar{Y}_2 = -8.7915cm$$

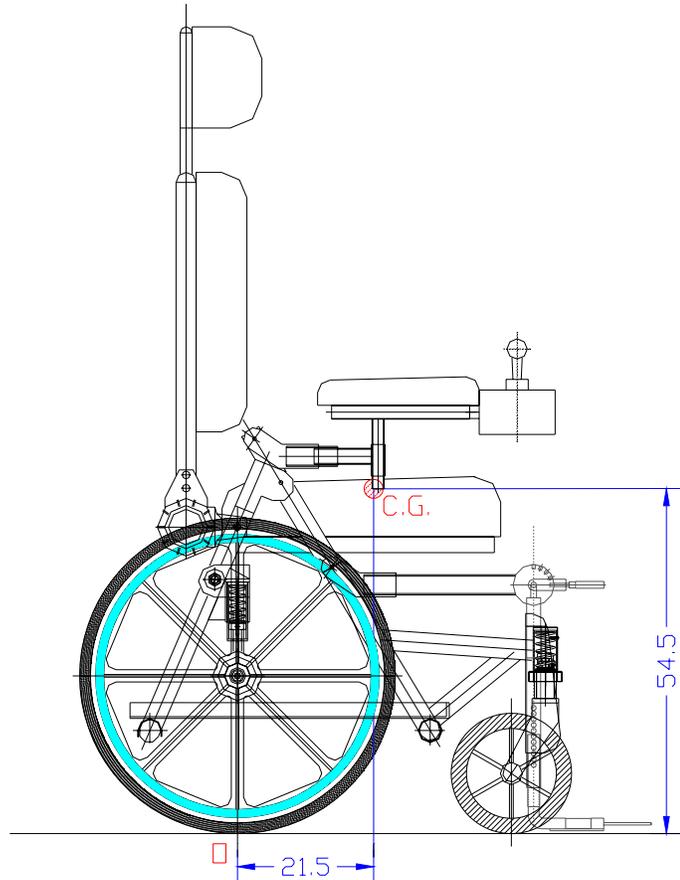
### **5.3.2.3 CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS MECANISMOS Y ELEMENTOS DE LOCOMOCIÓN Y DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS Y DE SUMINISTRO DE ENERGIA**

Para el cálculo de este centro de gravedad, como todavía no se han diseñado los elementos de los sistemas mencionados, no se conocen sus pesos, ni su distribución, por lo que se asume un peso total de 30kg ubicado en el centro del espacio determinado para estos sistemas.

Como la silla tendrá para su impulsión dos motores eléctricos, uno para cada rueda trasera, a cada motor le corresponde aportar la mitad de la energía total requerida para desplazar la silla, por ello se toma la mitad del peso total de los sistemas (15kg) aplicados en el punto de coordenadas  $\bar{X}_3 = 10.5cm$  y  $\bar{Y}_3 = -21cm$  con respecto al origen de coordenadas (punto 0) (como se observa en la figura 17).

Por último con las 3 cargas aplicadas en los 3 centros de gravedad obtenidos, se calcula el centro de gravedad total, así la carga total media  $W_{TM} = 84.62Kg$ , se aplica en el centro de gravedad  $\bar{C}\bar{G}_T$  de coordenadas  $\bar{X}_T = 21.5cm$  y  $\bar{Y}_T = 54.5cm$ , con respecto al origen de coordenadas O. (como se observa en la figura 18).

Figura 18. Centro de gravedad total  $\overline{CG}_T$ .

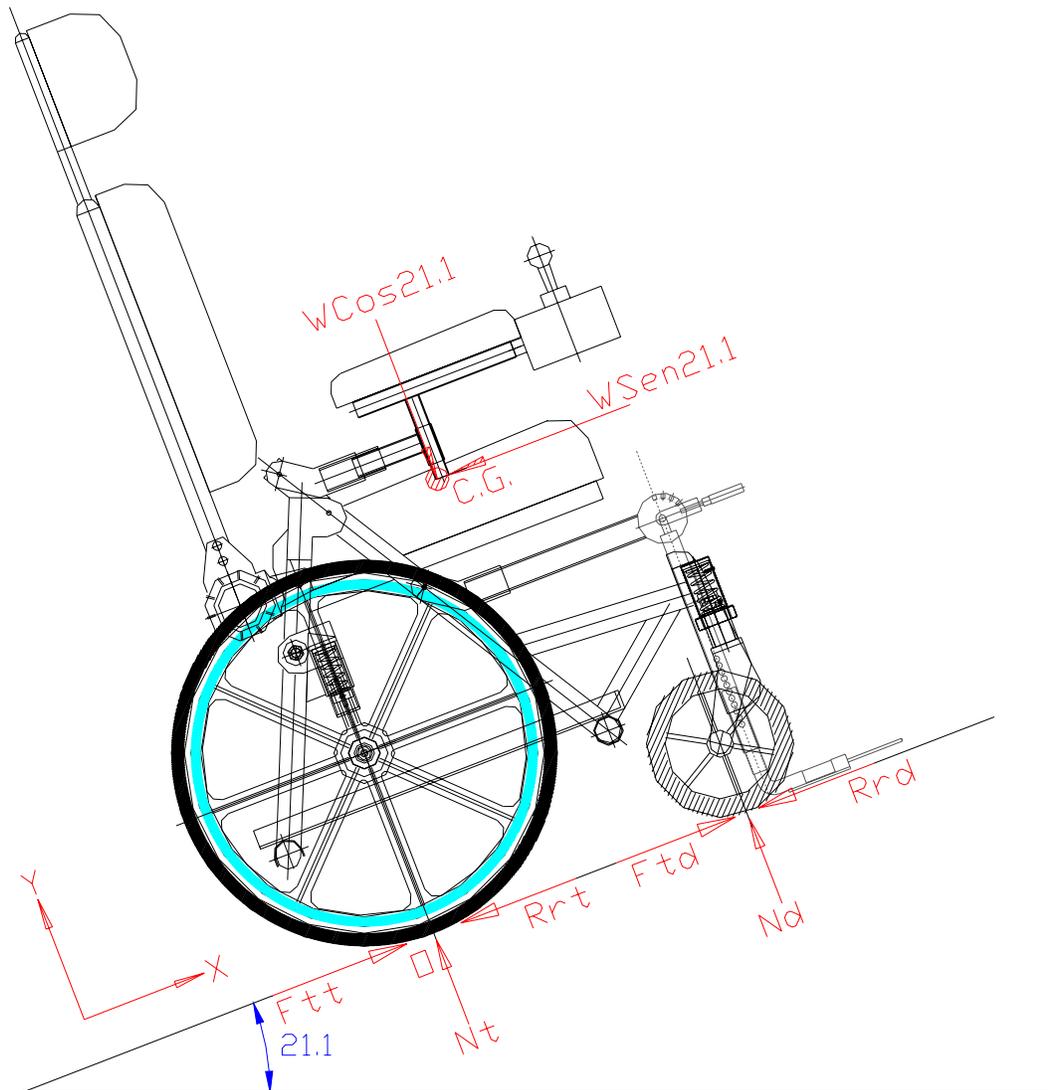


Para diseñar los mecanismos y elementos de locomoción, se deben analizar primero las fuerzas y demás efectos físicos que debe vencer la silla con el fin de poder trasladarse de un lugar a otro. A continuación se muestra el análisis dinámico de la silla que incluye su funcionamiento cinemático y cinético.

### 5.3.3 ANALISIS DINAMICO

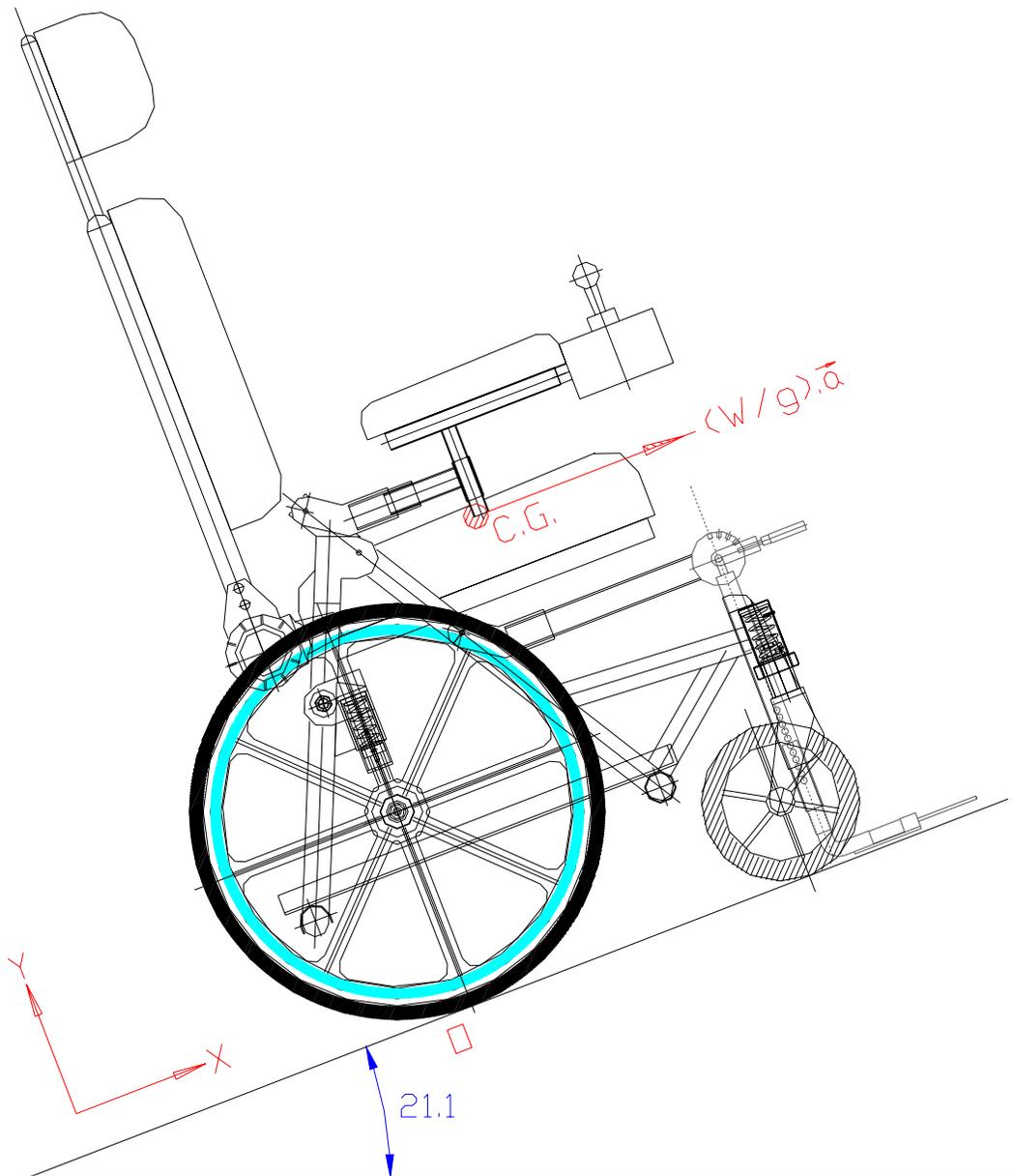
El análisis dinámico es fundamental para determinar la potencia que se requiere para impulsar la silla de ruedas y desplazarla a través de una superficie inclinada un ángulo  $\theta$ . Para llevar a cabo este análisis se realiza el diagrama de cuerpo libre de la silla con todas las fuerzas que actúan sobre ella y el diagrama cinético donde se muestra la fuerza de Inercia requerida para desplazar la silla (ver figuras 19 y 20).

Figura 19. Diagrama de cuerpo libre de la silla.



En el diagrama de cuerpo libre se observan las fuerzas que actúan sobre la silla durante su desplazamiento. Estas fuerzas son las componentes en  $x$  y  $y$  de la mitad del peso total de la silla con su pasajero, aplicadas en el centro de gravedad  $C\bar{G}_T$  ( $21.5cm, 54.5cm$ ). Además existen tres fuerzas aplicadas a cada rueda, una es la fuerza de rodadura, otra es la fuerza de tracción y la otra es la fuerza normal que ejerce la superficie del suelo sobre las ruedas.

Figura 20. Diagrama cinético de la silla.



En el diagrama cinético se observa la fuerza debida a la masa y aceleración del cuerpo que se requiere para impulsar la silla de ruedas. Hasta el momento se conocen las componentes de la mitad del peso de la silla y la masa de la silla y se desconocen las tres fuerzas que actúan sobre cada una de las ruedas y la aceleración de la silla.

Para conocer el valor de la aceleración de la silla se realiza el análisis cinemático.

### 5.3.3.1 ANALISIS CINEMATICO

Para realizar el análisis cinemático se determina que la silla debe lograr una velocidad final  $\bar{V}_F = 7\text{km/h} = 1.94\text{m/s}$  después de recorrer un espacio  $S = 30\text{metros}$ .

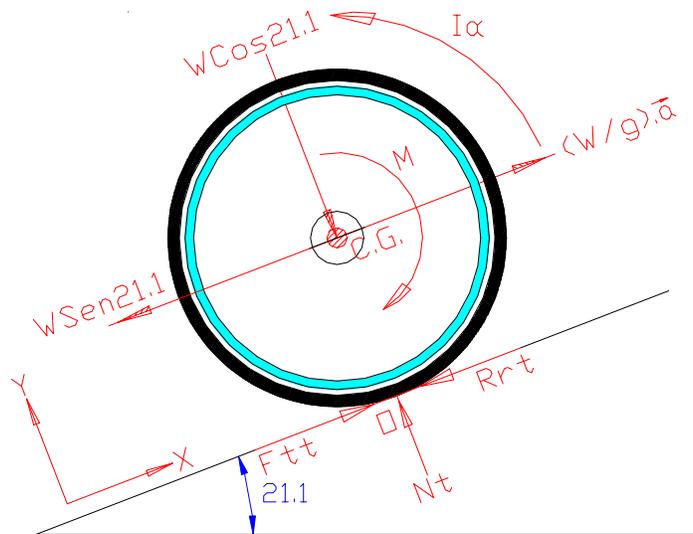
Aplicando la ecuación cinemática

$$\bar{V}_F^2 = \bar{V}_O^2 + 2a(S - S_O) \quad (11)$$

Se obtiene una aceleración  $a = 0.063\text{m/s}^2$ .

Luego para determinar la potencia requerida para desplazar la silla se realiza el análisis cinético sobre la rueda trasera de la silla y se asume que en el punto de máxima potencia las fuerzas sobre la rueda delantera son despreciables. El diagrama de cuerpo libre para la rueda trasera se muestra a continuación.

Figura 21. Diagrama cinemático de la rueda trasera.



Según el análisis cinético por medio de la segunda ley de Newton

$$\sum \bar{F}_x = m\bar{a}_G$$

(12)

Se obtiene una fuerza  $F_T = 342.5 \text{ Newton}$ .

Y por medio de la ecuación de movimiento rotacional.

$$\sum M_G = I_G \alpha$$

(13)

Se obtiene un momento  $M = 91.96 \text{ N.m}$ , asumiendo un ángulo máximo de elevación de la superficie de  $\theta = 21.1^\circ$ .

#### 5.3.4 POTENCIA REQUERIDA PARA CADA MOTOR

Con el momento  $M = 91.96 \text{ N.m}$ , se procede a calcular la velocidad angular aplicando el concepto de centro instantáneo de rotación para rodadura pura, por medio de la siguiente ecuación.

$$V = W.r$$

(14)

Obteniéndose una velocidad angular.

$$W = n = \frac{V}{r} = \frac{1.94}{0.3} = 6.48 \text{ rad / seg} = 61.89 \text{ r.p.m.}$$

(15)

Con la velocidad angular, el torque y aplicando la fórmula de potencia, se obtiene la potencia requerida por cada motor para impulsar cada una de las ruedas traseras de la silla. Para el Torque  $T = 91.96 \text{ N.m} = 937.73 \text{ kg-cm}$

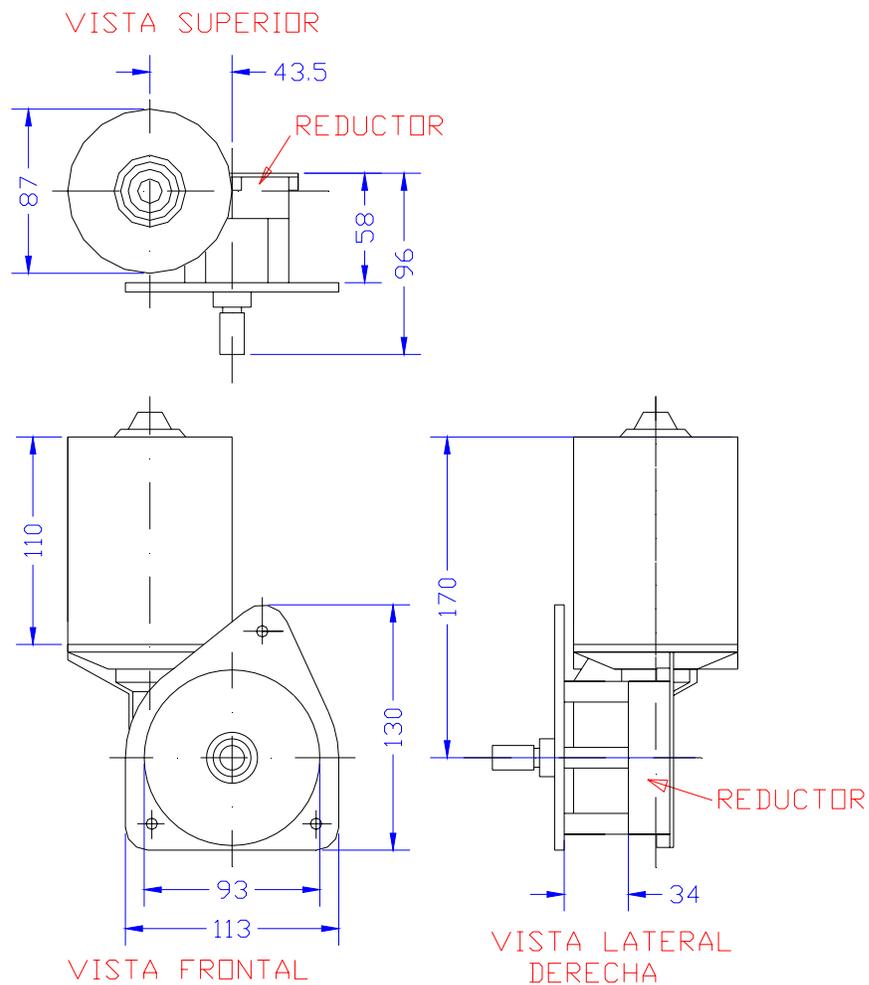
$$\text{Pot}(CV) = \frac{T.n}{71620} = 0.81 \text{ CV} = 0.8 \text{ HP}$$

(16)

### 5.3.5 MOTOR ELECTRICO

El motor eléctrico se selecciona teniendo en cuenta la potencia calculada anteriormente y el sistema de suministro de energía seleccionado (acumuladores de energía de 12 voltios y corriente continua), por ello se escoge un motor de 12 voltios, de corriente continua, que tiene una velocidad y cuyas dimensiones permiten adaptarlo fácilmente a la silla (ver figura 22).

Figura 22. Motor eléctrico de 12 voltios y corriente continua (vista frontal, superior y lateral derecha).

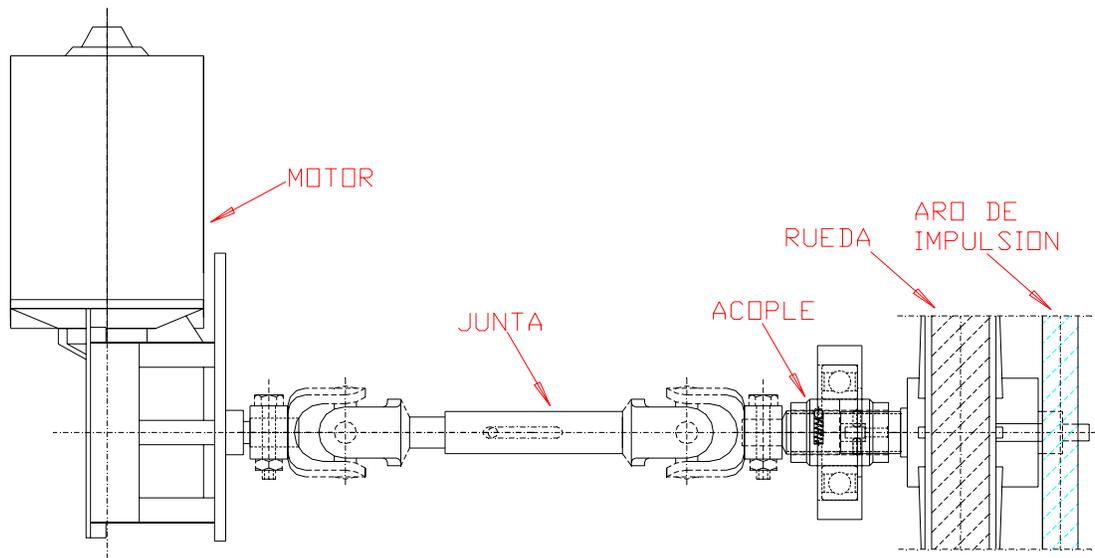


El motor eléctrico tiene un mecanismo reductor de velocidad del tipo sinfín – corona, por medio del cual además de reducir la velocidad, aumenta el torque con el fin suministrar la fuerza necesaria al mecanismo de transmisión de potencia (juntas universales), para que este sea capaz de mover las ruedas traseras, venciendo así las fuerzas que se oponen al movimiento de la silla (fuerza de rodadura, fuerza de tracción y la fuerza normal que ejerce la superficie del suelo sobre las ruedas).

### 5.3.6 MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

A continuación se observa en la figura 23 todo el mecanismo de transmisión de potencia desde el motor hasta la rueda.

Figura 23. Mecanismo de transmisión de potencia.



#### 5.3.6.1 JUNTAS UNIVERSALES DOBLES

Debido a que la silla de ruedas tiene sistema de amortiguación para absorber las cargas de choque que se produzcan durante su desplazamiento, el dispositivo de transmisión de potencia del motor a la rueda debe ser escualizable para permitir la amortiguación de la rueda, por ello para transmitir la potencia del motor al eje de la rueda se utiliza una junta universal doble. Esta junta permite que el eje de la rueda (eje de salida) gire a la misma

velocidad angular del eje del motor (eje de entrada), además posee un dispositivo telescópico que le permite adaptarse al desplazamiento vertical del eje de la rueda trasera, como se ve en la figura 24.

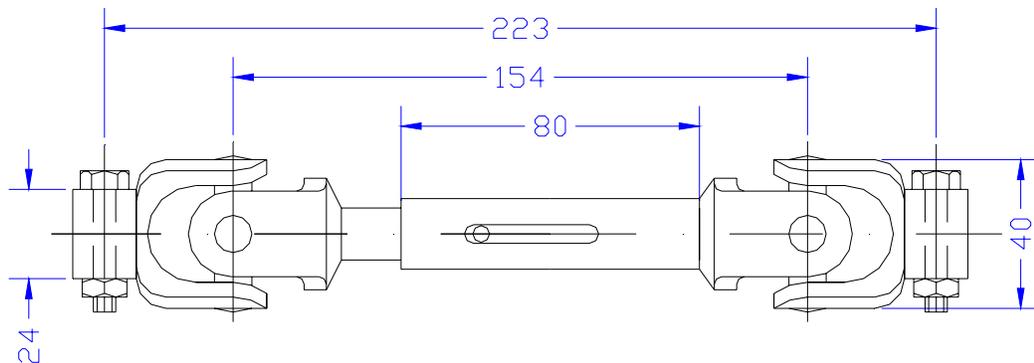


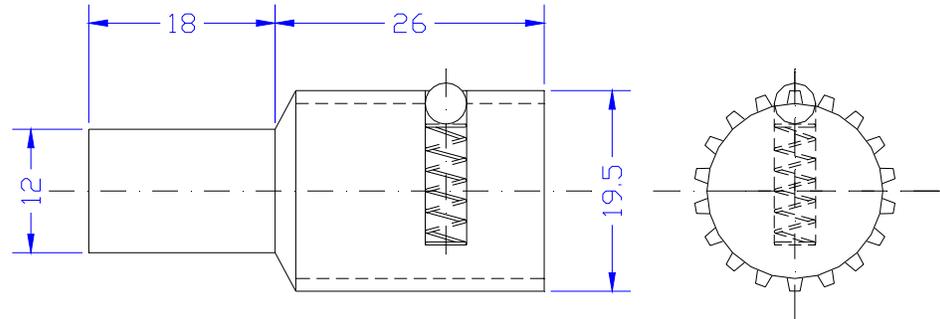
Figura 24. Juntas universales dobles.

Como se observa, un extremo de la junta universal se une al eje de salida del motor por medio de ajuste con tornillo y el otro extremo a un pequeño eje estriado utilizando el mismo sistema de unión. La junta universal doble es un elemento difícil de fabricar y con los recursos con que se cuenta en el medio resulta muy costoso elaborarla, por ello se consiguen estos elementos ya usados y se adaptan al mecanismo de transmisión de potencia de la silla.

### 5.3.6.2 EJE ESTRIADO

El eje estriado es el encargado de transmitir la potencia de la junta al acople de unión del sistema de transmisión con el sistema de amortiguación de las ruedas traseras, para realizar su función este eje tiene un estriado superficial que encaja perfectamente en el estriado interno del acople (ver figura 25). Para asegurar estos dos elementos se usa un dispositivo de sujeción que evita que el eje se salga del acople durante la rotación y además permite separar de manera fácil el eje del acople para dejar de transmitir la potencia del motor a las ruedas (por ejemplo: cuando sea necesario aislar los mecanismos y elementos de locomoción y los sistemas eléctrico y de suministro de energía del resto de la silla).

Figura 25. Eje estriado de la junta.



### 5.3.6.3 ACOPLE ESTRIADO

El acople es un cilindro hueco con estriado interior (ver figura 26), dentro del cual se introducen por un lado el eje estriado que está unido a la junta y por el otro el eje estriado de la rueda trasera, para transmitir así la potencia de la junta a la rueda. Para que el acople pueda rotar con los ejes, está montado dentro de un rodamiento radial de bolas, el cual está alojado dentro de un cilindro hueco encargado de transmitir al mecanismo de amortiguación las cargas de choque aplicadas sobre la rueda trasera.

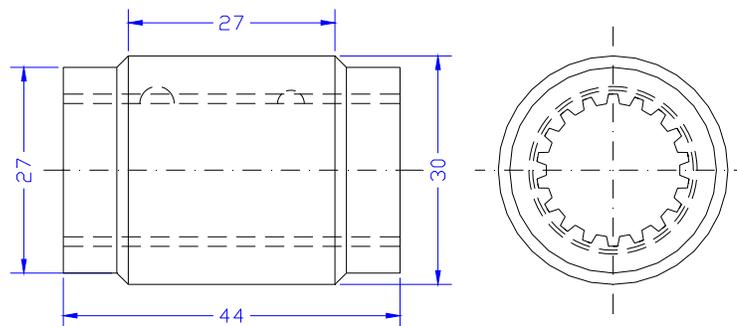


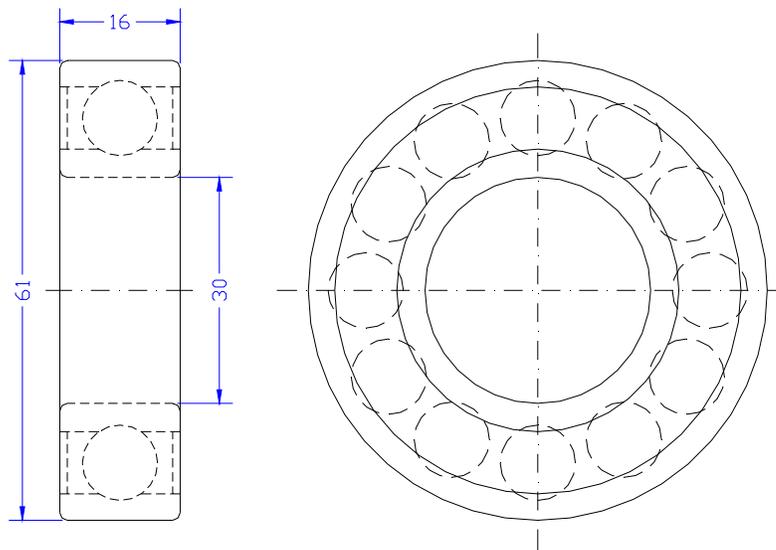
Figura 26. Acople estriado.

### 5.3.6.4 RODAMIENTO

El rodamiento contiene en su interior el acople estriado, con el fin de permitirle a este realizar su movimiento de rotación. El acople estriado transmite al rodamiento parte de

las cargas radiales de choque que afectan la rueda trasera y que se generan durante el desplazamiento de la silla por terrenos difíciles (escarpados o con huecos), además transmite pequeñas cargas axiales, que se generan cuando los ejes estriados de la junta universal y de la rueda trasera son separados del acople. Por ello para la selección de este rodamiento se asume que soporta una carga radial grande y una pequeña carga axial. Además su diámetro interior debe ajustarse al diámetro exterior del acople estriado y su diámetro exterior debe ser el menor posible para que se acomode al espacio disponible.

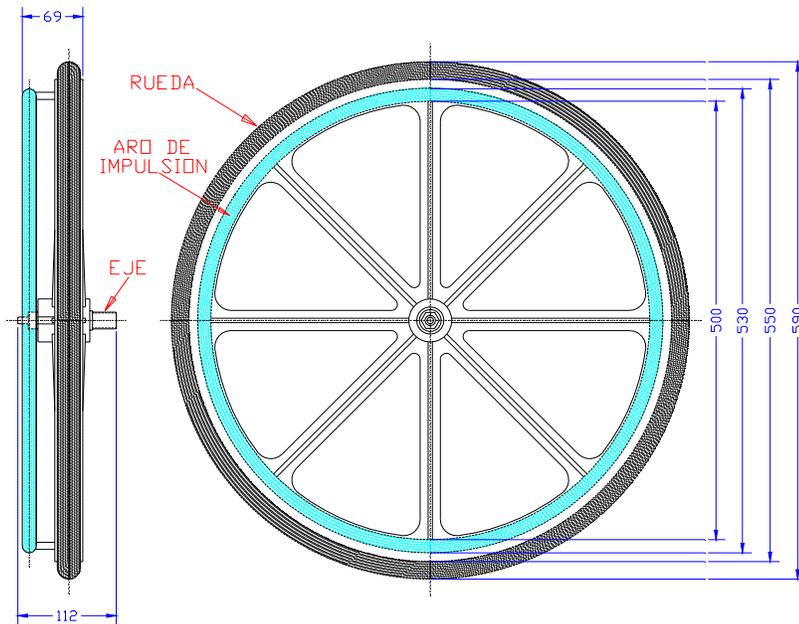
Figura 27. Rodamiento radial de bolas.



#### 5.3.6.5 RUEDA TRASERA

La rueda trasera de la silla se consigue en el mercado, es producida por la empresa Los Pinos, su rín es de polímero, su coraza de caucho macizo, no neumática, luego no permiten amortiguar los choques a los que está sometida la rueda durante el desplazamiento de la silla por carreteras de superficie no uniforme. La rueda tiene un aro de impulsión que permite el desplazamiento manual de la silla, pues por medio de este el discapacitado impulsa la rueda según sus necesidades de desplazamiento (hacia delante, hacia atrás o para dar giros a la silla). El eje de esta rueda está asegurado fuertemente a la manzana del rín y por ser estriado encaja y se ajusta perfectamente en el interior del acople estriado para transmitir la potencia a la rueda.

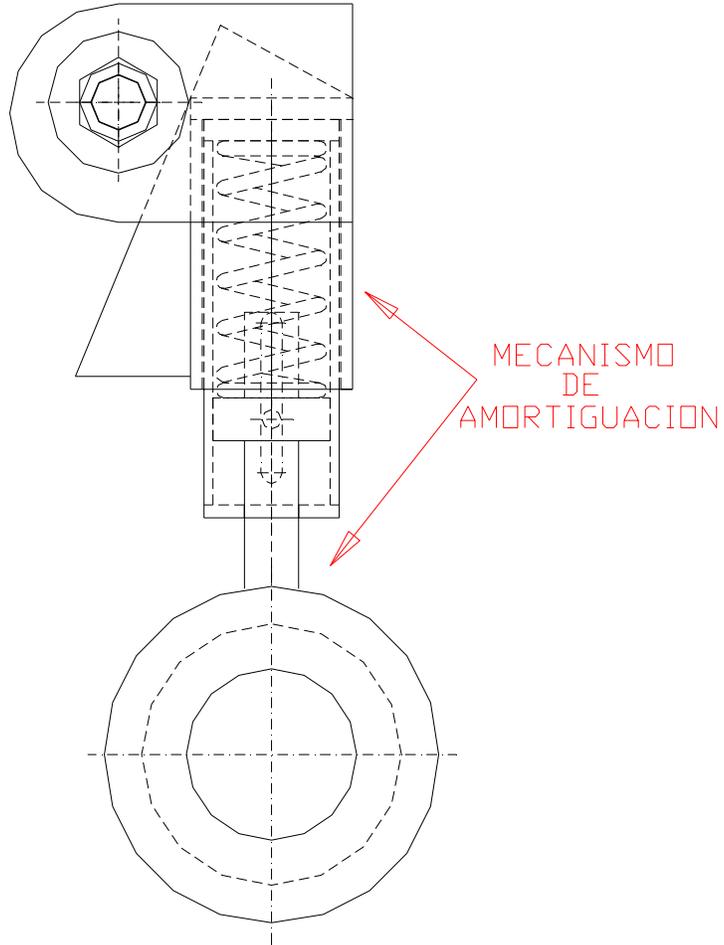
Figura 28. Rueda trasera.



### 5.3.7 MECANISMO DE AMORTIGUACIÓN DE LA RUEDA TRASERA

El mecanismo de amortiguación que se observa en la figura 29, amortigua las vibraciones producidas por los choques a los que están sometidas las ruedas traseras en su movimiento plano general (combinación de rotación y traslación) durante el desplazamiento de la silla.

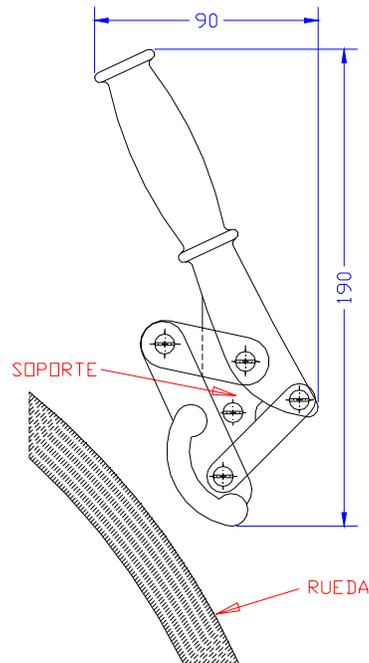
Figura 29. Mecanismo de amortiguación de las ruedas traseras.



### 5.3.8 DISPOSITIVO DE BLOQUEO DE LA RUEDA TRASERA

El dispositivo de bloqueo de la rueda trasera consta de cuatro barras pivotadas y unidas por tornillos, que le permiten ubicarse en dos posiciones extremas. En la posición No. 1 la rueda trasera está libre para rotar (ver figura 30) y en la posición No 2 al accionar manualmente la barra superior hacia adelante, la barra inferior bloquea la rueda impidiendo su rotación. Este dispositivo se monta sobre el tubo soporte de la rueda delantera.

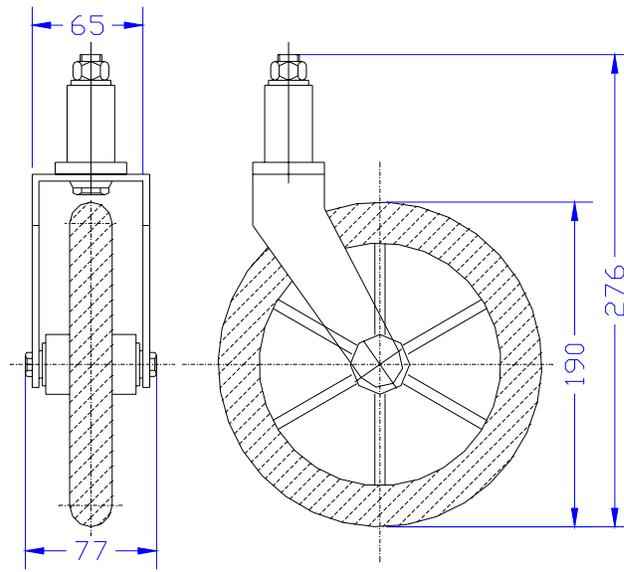
Figura 30. Dispositivo de bloqueo de la rueda trasera.



### 5.3.9 RUEDA DELANTERA

Las ruedas delanteras de la silla tienen rín de plástico y coraza de caucho macizo lo que impide que absorban parte de los choques que se presentan durante el desplazamiento de la silla, como si lo harían si fueran ruedas neumáticas, por ello estas ruedas tienen un pequeño mecanismo de amortiguación. Además, debido a que el diseño procura incurrir en mínimos costos, en el mínimo mantenimiento y que sus partes sean fáciles de cambiar; la silla no tiene un mecanismo de dirección para variar la posición de las ruedas delanteras, por ello estas ruedas rotan libremente y se acomodan a la dirección fijada por la rotación de las ruedas traseras. Como se ve en la figura 31 las ruedas tienen su eje que es un tornillo, dos rodamientos uno a cada lado de la rueda para permitir la fácil rotación del eje, un soporte que tiene en la parte superior un tornillo que sirve para sujetar por medio de una tuerca el vástago de plástico.

Figura 31. Rueda delantera.



### 5.3.10 MECANISMO DE AMORTIGUACION DE LA RUEDA DELANTERA

Este mecanismo está compuesto por un vástago-émbolo, un resorte, el cilindro de unión, el tornillo de sujeción y el tubo de amortiguación. (Ver figuras 32 y 33).

Figura 32. Mecanismo de amortiguación de la rueda delantera.

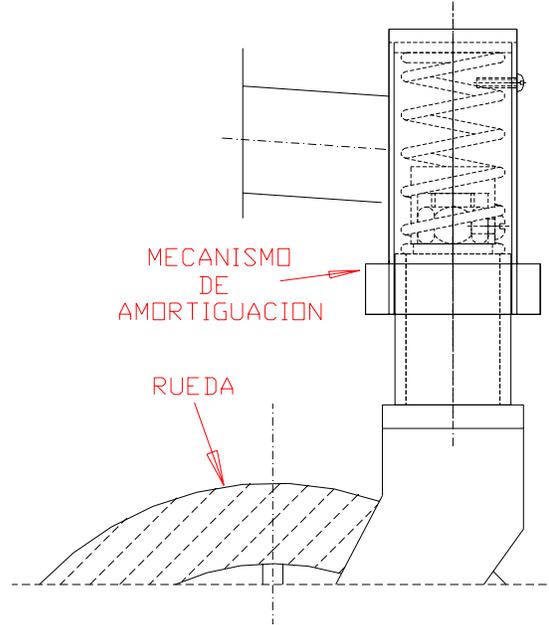
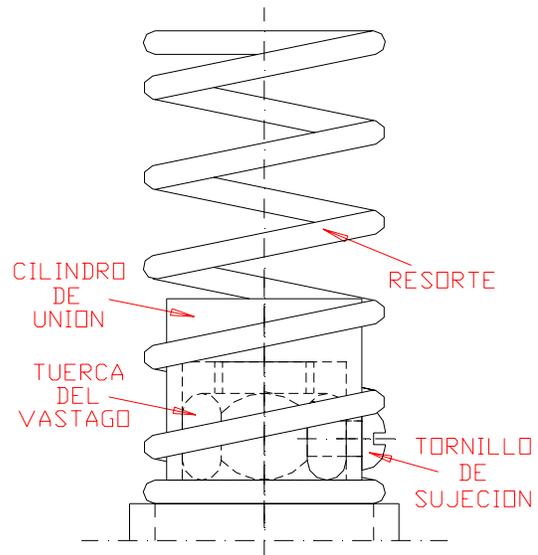


Figura 33. Tuerca del vástago, cilindro de unión, tornillo de sujeción y resorte.



## 6. ANALISIS ELECTRICO

El sistema eléctrico se constituye en parte fundamental de la silla de ruedas, ya que es el encargado de permitir o no el desplazamiento de la silla, controlando el flujo de energía de los acumuladores a los motores eléctricos y demás circuitos y accesorios eléctricos que esta posee. A continuación se explican cada una de las funciones que realiza este sistema y los elementos que lo conforman. Dentro de estos elementos uno de los más importantes es el motor eléctrico.

### 6.1 MOTOR ELECTRICO DE CORRIENTE CONTINUA<sup>18</sup>

El motor es la máquina que convierte energía eléctrica en mecánica. El motor de corriente continua es muy flexible y consume la energía en forma eficiente. El funcionamiento del motor eléctrico está basado en el principio de que un conductor recorrido por una corriente en un campo magnético tiende a moverse perpendicularmente a la dirección del campo, debido a que se induce sobre él una fuerza que es directamente proporcional a la intensidad del campo, a la intensidad de la corriente y a la longitud del conductor. La fuerza en unidades del sistema mks es:

$$F = B \times l \times I(\text{newtons})$$

(17)

Donde  $B$  es la densidad de flujo en webers por metro cuadrado,  $l$  es la longitud activa del conductor en metros e  $I$  es la corriente en amperios. Las direcciones del campo, del conductor y de la fuerza son perpendiculares entre sí.

#### 6.1.1 PAR DESARROLLADO POR UN MOTOR

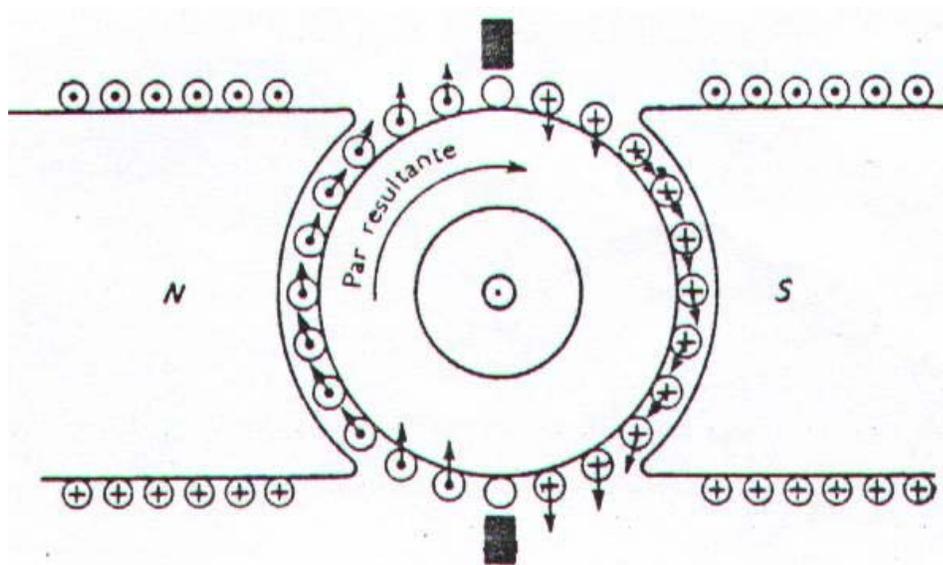
Cuando un motor está funcionando, su armadura gira a consecuencia del par que se produce por la acción de motor generada por un campo magnético que viene desde los polos de campo y que induce un voltaje en cualquier conductor de la armadura que pase por ahí. En la figura 34 se ilustran el inducido y el campo de un motor bipolar indicando

---

• <sup>18</sup> DAWES, Chester L. Electricidad Industrial. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España. 1982.

con una flecha la fuerza que actúa sobre cada conductor. En cada instante sólo un pequeño número de las espiras del inducido se encuentran en conmutación. Por ello la variación en el número de conductores activos es tan pequeña que el par desarrollado es prácticamente constante cuando la corriente en el inducido y su flujo son constantes.

Figura 34. Par motor desarrollado por los conductores del inducido de un motor.



El par desarrollado por el inducido es:

$$T = K_t \times I \times \phi$$

(18)

En donde  $K_t$  es una constante de proporcionalidad que depende de las dimensiones del inducido, del número de espiras, del sistema de unidades, etc.,  $I$  es la corriente en el inducido expresada en amperios, y  $\phi$  es el flujo que penetra en el inducido desde un polo norte. Según la ecuación el par es proporcional a la corriente del inducido y a la intensidad del campo magnético. Teniendo en cuenta esta relación se puede determinar la variación del par con la carga en los diversos tipos de motores.

#### • FUERZA CONTRAELECTROMOTRIZ

Los conductores del inducido, además de llevar corriente y desarrollar así un par motor, al moverse hacia abajo cortan el flujo, y en cada conductor se genera un voltaje o fuerza electromotriz que actúa en oposición con la tensión y la corriente producida por el voltaje

de línea aplicado que causa la acción de motor, por ello esta fuerza se conoce como fuerza contraelectromotriz y se simboliza como  $E_c$ . La fuerza contraelectromotriz es:

$$E_c = K \times \phi \times S - (\text{voltios}) \quad (19)$$

Donde  $K$  es una constante,  $\phi$  el flujo total que penetra en el inducido desde un polo norte y  $S$  la velocidad del inducido en r.p.m. Luego la magnitud de la fuerza contraelectromotriz es función lineal de la velocidad de rotación si el flujo se mantiene constante. A medida que el motor aumenta su velocidad, su fuerza contraelectromotriz aumenta hasta llegar a ser una parte sustancial del voltaje de línea aplicado. La fuerza contraelectromotriz sirve para regular la corriente de la armadura absorbida de las líneas y es un factor que determina el desempeño del motor.

### 6.1.2 VELOCIDAD DEL MOTOR

La velocidad de rotación es el resultado en equilibrio de la fuerza contraelectromotriz debida a la velocidad que permite apenas la corriente precisa para satisfacer los requerimientos del par bruto y viene dada por la siguiente ecuación:

$$rpm = S = \frac{V_a - I_a R_a}{K \phi} \quad (20)$$

Donde se muestra que la velocidad es directamente proporcional a la fuerza contraelectromotriz ( $V_a - I_a R_a$ ) e inversamente proporcional a  $K$  y al flujo de campo  $\phi$ . La carga de un motor hace que  $I_a$  y  $\phi$  cambien dependiendo de cómo se conectan los circuitos del campo.

### 6.1.3 POTENCIA INTERNA DESARROLLADA POR LA ARMADURA

La potencia total o potencia mecánica interna de la armadura desarrollada por el motor se denota por  $P_d$  y es igual al producto de la fuerza contraelectromotriz inducida y la corriente del inducido  $P_d = E_c I_a$ . Esto es así porque  $V_a I_a$  es la potencia total dada por la armadura, e  $I_a^2 R_a$  son las pérdidas en el cobre del circuito de la armadura y se manifiesta en forma de calor en los elementos de esta. Luego la potencia desarrollada es

el resultado en equilibrio de la potencia bruta del circuito de la armadura proveniente de la línea menos las pérdidas  $I^2R$  en el cobre del circuito de la armadura.

La resistencia efectiva  $R_a$  incluye todo en el circuito de la armadura: armadura, escobillas, campos de conmutación, campos en serie y devanado de compensación, si lo hay, así como cualquier resistencia de arranque o de control. Cuanto menor sea  $R_a$  menores serán las pérdidas de potencia.

#### **6.1.4 TIPOS DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA**

Los distintos tipos de motores dependen de cómo se dispongan los circuitos de sus devanados de campo. Los tres tipos de motores de corriente continua más conocidos son: El motor en derivación, el motor en serie y el motor compuesto, los cuales se diferencian en sus velocidades y características de carga. La capacidad de un motor para adaptarse a una necesidad determinada depende de la variación del par y la velocidad con respecto a la carga.

##### **6.1.4.1 MOTOR EN DERIVACIÓN**

El motor en derivación se caracteriza porque el par, la velocidad, la corriente y el rendimiento son una función de la potencia. En un motor en derivación el voltaje de línea es constante, o casi constante, por lo cual su flujo de campo  $\phi$  es también constante.

##### **• PAR MOTOR**

En este motor el par varía de forma casi directamente proporcional a la potencia y a la corriente en el inducido. Además puede desarrollar en vacío un par igual al de plena carga e incluso superior, siempre que el reóstato de arranque sea capaz de llevar la corriente necesaria.

##### **• VELOCIDAD**

El motor en derivación se considera de velocidad constante, aunque dicha velocidad disminuye ligeramente con el aumento de la carga. En algunos de estos motores la reacción de inducido puede ser lo suficientemente grande para dar una característica de velocidad que aumente con el aumento de carga. Para estabilizar el motor, se añaden al arrollamiento inductor unas pocas espiras en serie que aumentan el flujo cuando la carga aumenta.

Cuando se utiliza en el campo un reóstato para cambiar la corriente, cambia el valor del flujo lo que hace que varíe la velocidad de rotación del motor en derivación. Y si se aumenta el campo se reduce la velocidad de rotación requerida para producir la fuerza contraelectromotriz necesaria, lo que reduce la velocidad efectiva del motor. Con un campo muy débil el motor tiende a ser inestable si se le aplican cargas muy grandes. Cualquier motor puede tener un intervalo efectivo de velocidad por control del campo. Para rangos de velocidad más amplios se necesitan devanados de compensación y controles sofisticados.

Los motores en derivación estándar se usan en forma amplia en la industria de las máquinas herramientas por su habilidad característica de poder ajustarse a un espectro de velocidades diferentes, y luego conservar una velocidad determinada sobre un amplio rango de cargas.

Un motor en derivación se puede excitar en forma externa, lo que tiene la ventaja de un rango de velocidades un poco más amplio y una regulación ligeramente mejor.

- **RENDIMIENTO**

Con cargas pequeñas el rendimiento de este motor es bajo y a medida que se aumenta la potencia útil aumenta el rendimiento, por ello los motores más grandes son más eficientes que los motores pequeños. El motor en derivación si se usa con una transmisión manual o automática puede dar mejores resultados que un motor en serie.

- **MOTOR CON CAMPO DE IMAN PERMANENTE**

Este es un tipo de motor en derivación que con un voltaje de línea fijo se comporta en gran medida como un motor en derivación, pero es ligeramente menor y de costo más bajo. Su velocidad se controla variando el voltaje de línea. Este tipo de motor se usa en modelos a escala, juguetes y accesorios automotrices, sobre todo cuando el tamaño y el costo son primordiales.

#### **6.1.4.2 MOTOR EN SERIE**

En el motor en serie el flujo  $\phi$  del campo depende exclusivamente de la corriente del inducido. Este motor se conecta internamente con las bobinas del campo principal en serie con el circuito de la armadura, lo que hace que toda la corriente del circuito de la armadura pase a través de los campos. Las bobinas de campo se diseñan y se construyen con pocas vueltas de alambre grueso para que proporcionen los amperios-vueltas necesarios con la elevada corriente del circuito de la armadura. La sección

transversal grande da por resultado una resistencia pequeña y por tanto pérdidas pequeñas de potencia en el campo, aun con corrientes grandes.

#### • PAR MOTOR

El par es casi proporcional al cuadrado de la corriente del inducido, lo que hace a este motor muy apropiado para cuando se desea un aumento grande del par con un aumento moderado de la corriente. Los motores serie se emplean para dispositivos que requieren un gran par de arranque.

El par de estos motores viene dado por la ecuación siguiente:

$$T = CI_a^2 \quad (21)$$

Donde  $C$  es una constante que contiene los términos del campo e  $I_a$  es la corriente del circuito de la armadura. El par aumenta según el cuadrado de la corriente de la armadura hasta la aparición de la saturación, donde el flujo del campo ya no aumenta tan rápido y el par se hace poco a poco lineal con respecto a  $I_a$ .

#### • VELOCIDAD

Cuando la carga aumenta, la caída de tensión debida a la resistencia del inductor e inducido aumenta, por ser proporcional a la corriente. Por ello la fuerza contraelectromotriz se reduce y la velocidad del motor disminuye, lo cual indica que la velocidad del motor es directamente proporcional a la fuerza contraelectromotriz e inversamente proporcional a la corriente y al flujo  $\phi$ , por eso un aumento en  $I_a$  hace que se reduzca la velocidad  $S$ , como se observa en la siguiente ecuación.

$$rpm = S = \frac{V_a - I_a(R_a + R_{se})}{KI_a} \quad (22)$$

Donde  $K$  varia según la curva de saturación sobre el rango completo de operación del motor e  $I_a$  es la corriente de excitación del campo.

Si la carga se anula, el flujo se hace extremadamente pequeño, lo que se traduce en una velocidad muy grande. Es peligroso quitar la carga a un motor serie, pues es casi seguro que el inducido alcanzaría una velocidad a la cual la fuerza centrífuga lo estropearía. Por ello para potencias muy pequeñas no es posible determinar las características con seguridad, ya que la velocidad podría ser destructivamente elevada. En consecuencia, nunca se desconecta de su carga ningún motor en serie, a menos que sea de los más pequeños. No es seguro utilizar bandas o engranes que puedan desconectarse por error; siempre deben emplearse acoplamientos directos o proporciones fijas en los engranajes.

- **UTILIDAD**

El motor en serie casi siempre se utiliza en ferrocarriles, carros de transporte rápido o en los carros tradicionales como los montacargas, ya que su par es bueno para estos requerimientos, pues es muy grande en el arranque y en los niveles bajos de aceleración. Los motores en serie de los carros eléctricos tienen un desempeño muy insatisfactorio en los rebases en carretera pero tiene una aceleración buena debajo de los 48.2 Km./h debido al gran par que pueden ejercer a bajas velocidades.

### **6.1.4.3 MOTOR COMPUESTO**

Este motor tiene campos tanto en derivación como en serie, por lo cual actúa con una combinación de las características de los motores en serie y en derivación. Si es mayor el efecto del campo en serie, el motor compuesto tendrá características más parecidas a las de un motor en serie y viceversa.

#### **6.1.4.3.1 MOTOR COMPUESTO ACUMULATIVO**

Cuando el motor se conecta de modo que el campo en serie apoye al campo en derivación, se le conoce como motor compuesto acumulativo.

- **PAR MOTOR**

Cuando se aplica una carga, el arrollamiento serie refuerza el flujo, haciendo que el par, para una corriente dada, sea mayor de lo que sería para un motor en derivación. O sea que este motor desarrolla un par muy grande para ajustarse a un incremento brusco de la carga como sucede en los motores en serie.

- **VELOCIDAD**

El aumento del flujo hace disminuir la velocidad más rápidamente que en un motor en derivación. En vacío su velocidad no es muy grande y no se embala cuando se le quita la carga. Este motor tiene una velocidad en vacío definida y controlable por ello es adecuado cuando se requieren aplicaciones bruscas de cargas grandes (como en las máquinas laminadoras, troqueladoras o cortadoras). Tiene la ventaja de entregar parte de su energía cinética almacenada para mover la carga cuando disminuye su velocidad de rotación al recibir la carga.

- **APLICACIÓN**

Su aplicación principal está en máquinas sujetas a sobrecargas bruscas, como en los trenes de laminación, cizallas y taladros. También se usa cuando se desea un par de arranque grande y velocidad constante, como en los ascensores. Al aplicarse súbitamente la carga, aumentan las corrientes del inducido y del arrollamiento serie del inductor, incrementándose el par motor, casi proporcionalmente al cuadrado de la corriente y reduciéndose la velocidad del inducido rápidamente, cediendo así a la carga gran parte de su energía cinética acumulada, lo que alivia el sistema eléctrico de gran parte de la carga nueva que tendría que soportar solo.

Las grúas, malacates y elevadores utilizan estos motores para poner en marcha con suavidad una carga pesada sin tener un aumento excesivo de su velocidad al operar en vacío. Cuando el malacate está en su velocidad de operación el campo en serie se desconecta en forma automática del circuito, o sea que en estado estable opera sólo el campo en derivación. Otra ventaja de este motor es que se puede emplear como un freno ajustable, usándolo como generador con una carga decreciente, ya que dispone del campo en derivación.

#### **6.1.4.3.2 MOTOR COMPUESTO DIFERENCIAL**

Este motor se obtiene cuando el campo en serie se conecta para oponerse a los efectos del campo en derivación, de manera que el flujo disminuye cuando se aplica la carga.

##### **• VELOCIDAD**

La velocidad permanece casi constante, o incluso aumenta al aumentar la carga. La disminución relativa de la velocidad corresponde al aumento relativo del par con la carga. Este motor se usa poco por su inestabilidad en la velocidad, pero tiene algunas características especiales que lo hacen útil para algunas aplicaciones. Por ejemplo, puede tener una velocidad muy constante debido a que la pérdida de velocidad de un motor en derivación con carga se cancela por la pérdida de flujo ocasionada por el efecto de oposición del campo en serie.

Este motor tiene los siguientes dos problemas de operación que limitan su uso:

1. cuando se ajusta para una velocidad constante o incluso creciente con características de carga, el motor tiende a aumentar en forma drástica su velocidad con una carga elevada.
2. El efecto del campo en serie puede hacer que el motor arranque en dirección opuesta a la deseada, a menos que la corriente de arranque se mantenga

pequeña. Por ello el campo en serie se desconecta mediante una conmutación especial durante el arranque.

### **6.1.5 CONTROLES DE LOS MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA**

En ocasiones es necesario controlar el funcionamiento de los motores de corriente continua. Entre los aspectos que son necesarios controlar están: el arranque y paro del motor, la limitación de la corriente de arranque, la regulación de la velocidad, la inversión del sentido de rotación, la protección contra baja tensión y sobrecarga y el frenado eléctrico. Para ello se utilizan elementos como: reóstatos, fusibles, conmutadores, cortacircuitos magnéticos o térmicos, reles, contactores, etc.

El motor de la silla por ser un motor en serie pequeño (de menos de medio caballo) absorbe poca corriente durante el arranque y puede ser conectado directamente a la red sin ningún aparato (como reóstato) de control de arranque. Además como la silla se debe desplazar preferiblemente a velocidad constante, este motor que es de velocidad constante no requiere control para la variación de su velocidad. Debido a que la energía que se le suministra al motor proviene de un acumulador eléctrico (batería de 12 voltios) tampoco requiere de protección contra baja tensión y sobrecarga. El frenado del motor se realiza de forma mecánica por ello no necesita de frenado eléctrico.

Los controles que se requieren para este tipo de motor son: control de puesta en marcha y parada y control de inversión del sentido de rotación del motor.

#### **6.1.5.1 INVERSIÓN DEL SENTIDO DE ROTACIÓN DEL MOTOR**

La dirección de rotación de cualquier motor de corriente continua depende de la polaridad magnética de sus campos principales y de la dirección de la corriente convencional que circula en el devanado de la armadura inmerso en los campos. La dirección de rotación se determina por los siguientes cuatro factores:

1. La dirección del devanado de la bobina de campo, que viene de fábrica y no se puede cambiar.
2. La dirección del devanado de la armadura, que también viene de fábrica y tampoco se puede cambiar.
3. La polaridad de conexión de todo el campo, que se puede cambiar.

4. La polaridad de conexión del grupo de escobillas, que es el punto fijo de acceso al devanado de la armadura y que también puede ser cambiado.

Como hemos visto para invertir el sentido de rotación de cualquier motor se debe cambiar la polaridad de la armadura o del campo, lo cual se logra al invertir las conexiones de uno de estos (o sea las del inducido o las del campo), pero no ambas. Si el motor lleva polos de conmutación, arrollamiento serie o ambas cosas a la vez, debe invertirse también la corriente en ellos al hacerlo en el inducido.

En motores en derivación no es bueno invertir el campo ya que este es un circuito altamente inductivo que al ser invertido en su polaridad pueden aparecer problemas, por ello es mejor invertir el circuito de la armadura.

En un motor en serie no hay mucha diferencia en invertir el circuito de armadura o el campo ya que la bobina de este es mucho menos inductiva por su menor número de vueltas. El campo tiene además la misma corriente que la armadura.

En motores compuestos se deben cambiar ambos campos si se emplea inversión del campo, de modo que el cambio en la armadura es menos complejo. Si sólo se invierte un campo, un motor compuesto cambia de acumulativo a diferencial, lo cual cambia por completo el carácter del motor.

## **6.2 FUNCIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA ELECTRICO**

Las funciones que realiza este sistema son:

1. Control de la puesta en marcha y parada de los motores eléctricos.
2. Control del cambio en el sentido de rotación de los motores eléctricos.
3. Aviso del nivel de baja energía en el acumulador.
4. Cargador del acumulador eléctrico.
5. Controles de los elementos accesorios que posee la silla.

A continuación se explican cada una de estas funciones.

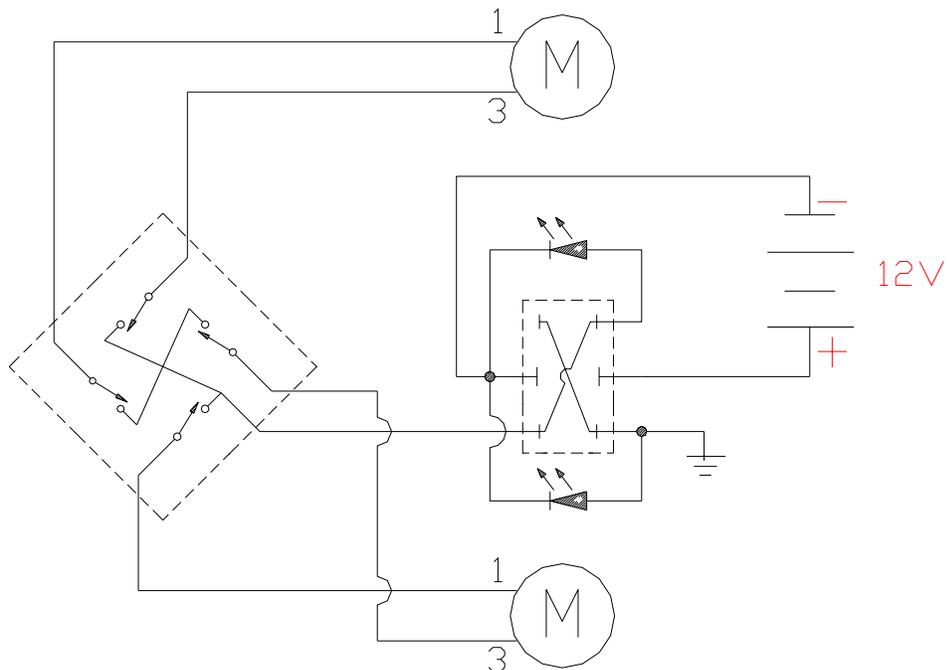
### **6.2.1 CONTROL DE LA PUESTA EN MARCHA Y CAMBIO EN EL SENTIDO DE ROTACIÓN DE LOS MOTORES ELECTRICOS**

Para entender la forma como se ponen en funcionamiento los motores eléctricos se debe observar el circuito de la figura 35. En este circuito se ve como la corriente que sale del acumulador puede fluir a través del interruptor de paso de corriente y llegar al joystick, donde se distribuye la energía hacia los motores.

Cuando la energía que viene de las baterías llega al interruptor de paso (que es un interruptor de tres posiciones que funciona como inversor de marcha), pueden obtenerse tres resultados diferentes según la posición en la que se encuentre este interruptor:

- Si se encuentra su palanca en la posición central no permite el paso de corriente de los acumuladores hacia el joystick por lo cual los motores no funcionan.
- Al accionar el interruptor hacia adelante se permite el paso de corriente desde este hacia el joystick, lo que se verifica cuando el led verde se ilumina, en este momento la palanca del joystick debe ser movida hacia adelante con lo cual se accionan los interruptores del joystick que alimentan las líneas No. 1 de los motores, lo que hace que los motores roten de tal forma que la silla se desplaza hacia adelante. Si la palanca del joystick se mueve hacia atrás estando el interruptor accionado hacia adelante, los motores no funcionan debido a que la corriente no fluye dentro de ellos de la forma que se requiere.

Figura 35. Circuito de control de los motores eléctricos.



- Cuando se acciona el interruptor hacia atrás se permite el flujo contrario de corriente a través del circuito, lo que se verifica al iluminarse el led amarillo, por lo que al mover la palanca del joystick hacia atrás se accionan los interruptores del joystick que alimentan las líneas No. 3 de los motores, lo que hace que estos funcionen rotando en sentido contrario al anterior permitiendo que la silla se desplaza hacia atrás. Si la

palanca del joystick se mueve hacia adelante estando el interruptor accionado hacia atrás, los motores no funcionan debido a que la corriente no fluye dentro de ellos de forma adecuada.

En la figura 36 se muestra el interruptor de tres posiciones que permite o no el paso de energía de los acumuladores al joystick y sirve como inversor para cambiar el sentido de giro de los motores. Y en la figura 37 se observa el joystick que se encarga de distribuir el flujo de corriente hacia los motores con el fin de controlar su movimiento de rotación y la dirección de desplazamiento de la silla.

Figura 36. Interruptor inversor.

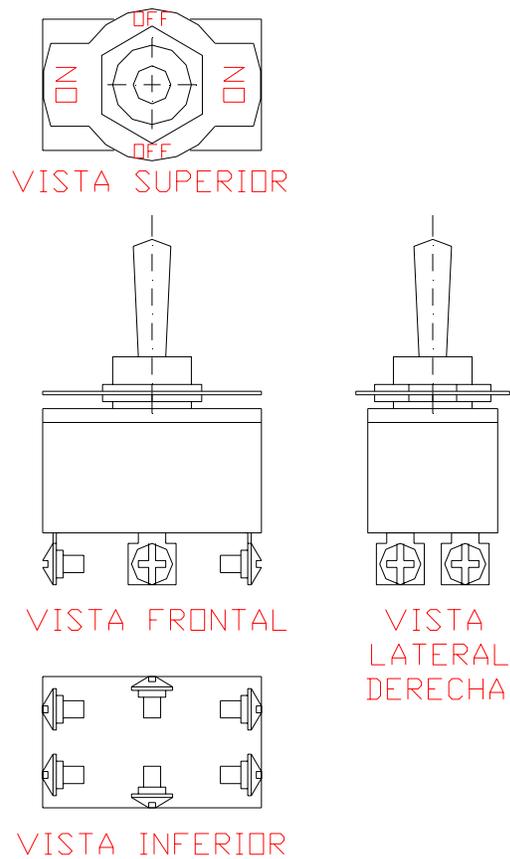
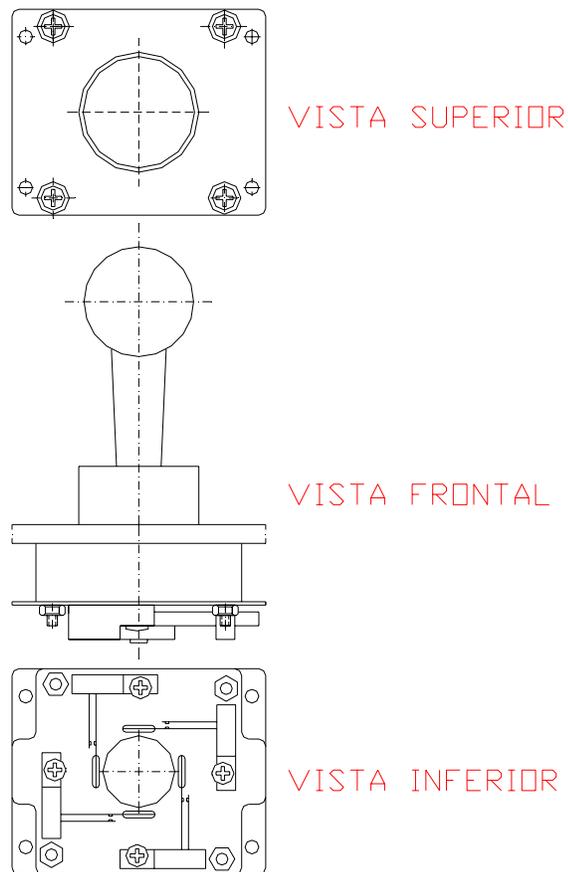


Figura 37. Joystick.

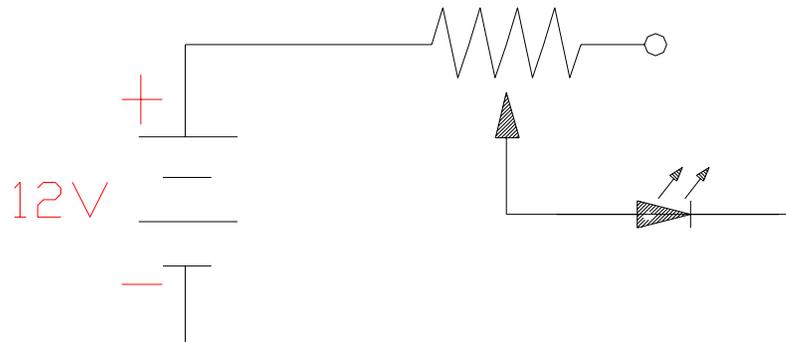


### 6.2.2 AVISO DE BAJA ENERGIA DEL ACUMULADOR ELECTRICO

Para que haya flujo de energía del acumulador eléctrico hacia los motores, se debe asegurar que el voltaje del acumulador no llegue a valores inferiores a los 12 voltios, ya que en estos rangos de voltaje la corriente que llega a los motores no es suficiente para ponerlos en funcionamiento, además el mantener los acumuladores en estos rangos de voltaje es perjudicial para su vida útil.

Para avisar que la batería está cerca del límite de voltaje inferior (12 voltios) se utiliza el circuito que se observa en la figura 38, el cual está conformado por un led de color rojo, encargado de iluminarse para avisar que el voltaje de la batería ha llegado a los 12 voltios y por un potenciómetro que permite ajustar el punto de accionamiento del led.

Figura 38. Circuito de aviso de baja energía en la batería.



En los controles eléctricos de la silla se utilizan tres leds, los cuales tienen como función emitir una luz que actúa como señal de aviso de una situación determinada. Los leds y su función se presentan a continuación:

- Led rojo: indica que la batería está en un nivel bajo de energía.
- Led verde: indica que los motores girarán en el sentido que permita que la silla se desplace hacia adelante.
- Led amarillo: indica que los motores girarán en el sentido que permite que la silla se desplace hacia atrás.

La figura 39 muestra los tres leds y la figura 40 el potenciómetro utilizado en el circuito de la figura 38, el cual es una resistencia variable que permite ajustar el voltaje del led rojo para que se ilumine cuando la batería llegue a su límite inferior de voltaje (12 voltios).

Figura 39. Leds de señal de aviso.

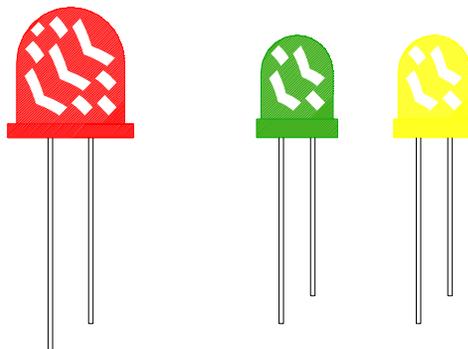
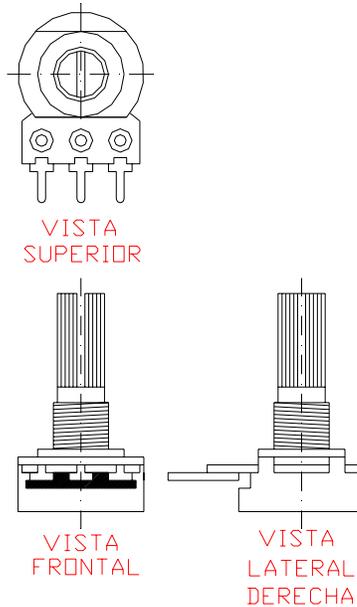


Figura 40. Potenciómetro.



### 6.2.3 CARGADOR DEL ACUMULADOR ELECTRICO

Cuando los motores han agotado la capacidad de la batería y el led de aviso de carga baja se ilumina es necesario volver a cargar la batería; para realizar esta función se utiliza el circuito de carga. Este circuito puede conectarse a un toma corriente de 110 voltios, ya que posee un diodo rectificador que se encarga de reducir el voltaje a un valor un poco superior a los 12 voltios con que funciona la batería. Este dispositivo además contiene una bombilla que permite verificar que el proceso de carga se está realizando satisfactoriamente. Cuando el dispositivo de carga es conectado la bombilla empieza a iluminarse y a medida que la batería se va cargando la intensidad lumínica de la bombilla aumenta hasta lograr iluminarse por completo cuando la batería se ha cargado completamente, lo cual también se verifica con un multímetro encargado de medir el voltaje de la batería cuando esta se encuentra descargada (o sea cuando su voltaje es inferior a 12 voltios) y a medida que se lleva a cabo el proceso de carga hasta que el voltaje llega al límite superior aceptable para la batería. En la figura 41 se observa el circuito del cargador de la batería, en la figura 42 el diodo utilizado en este circuito y en la figura 43 el multímetro.

Figura 41. Circuito de carga de la batería.

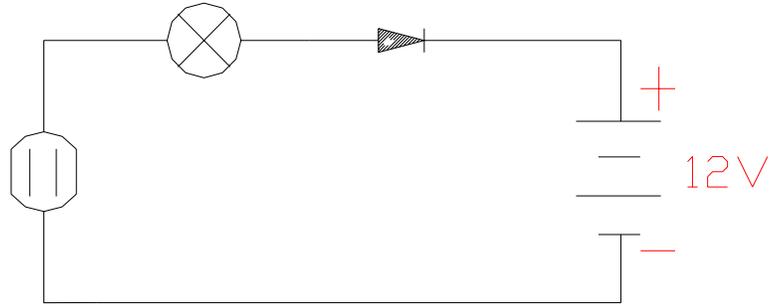


Figura 42. Diodo rectificador.

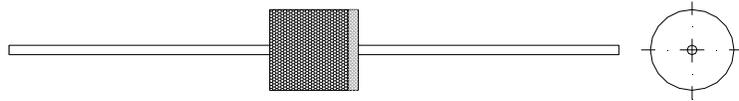
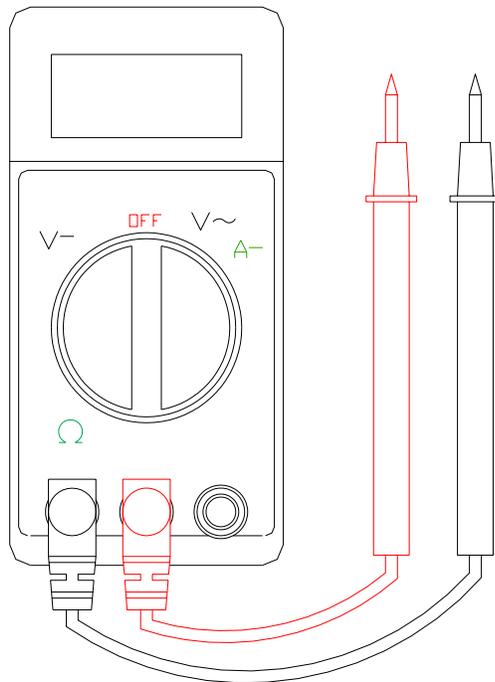


Figura 43. Multímetro.



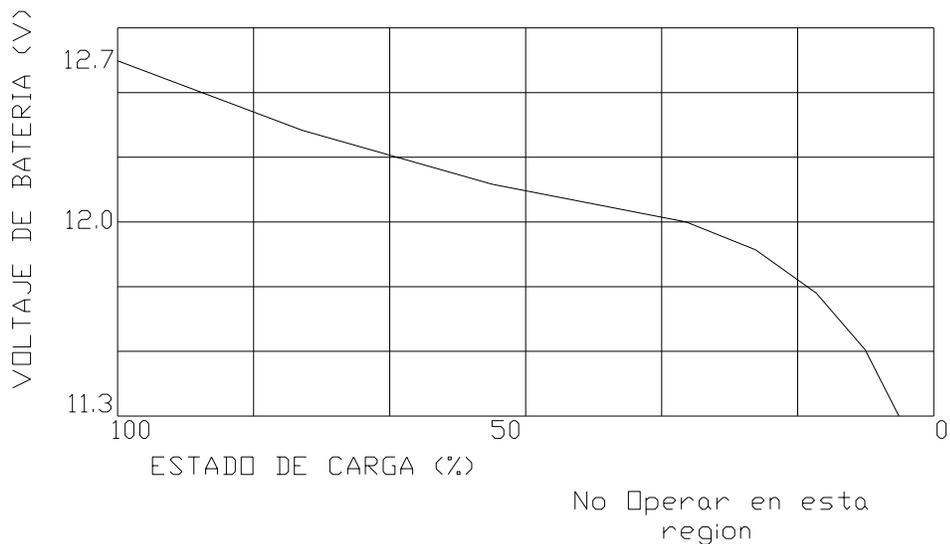
### 6.2.3.1 PROCESO DE CARGA DEL ACUMULADOR ELECTRICO

Una batería de plomo – ácido completamente cargada que permanece en reposo de 24 a 48 horas muestra un voltaje de alrededor de 12.6 a 12.7 voltios. Cuando el voltaje cae alrededor de 11.6 voltios la batería está completamente descargada (si se prolonga la pérdida de voltaje, la batería puede dañarse). De este modo, el voltaje de una batería en reposo es un indicador confiable del estado de carga de la batería aunque su relación no es lineal como se observa en la gráfica 3 y se recomienda nunca descargar la batería más del 50% de su carga y mantenerla sobre un voltaje mínimo de 12 voltios.

Otro método para determinar el estado de carga de una batería de electrolito líquido es revisar la gravedad específica del electrolito, lo cual se puede hacer por medio de un hidrómetro pero con mucho cuidado ya que el ácido sulfúrico es cáustico y tóxico.

En una batería de electrolito líquido, el electrolito encierra las placas de plomo descargadas. El plomo puede temporalmente bajar y subir el voltaje durante la carga, por ello en estas baterías deben realizarse períodos de descanso entre descarga y carga para determinar su verdadero estado de carga. Las baterías de electrolito fijo no tienen este problema. Las baterías mantienen un 50% de su carga entre 12 y 12.7 voltios.

Gráfica 3. Voltaje de la batería contra el estado de carga de la batería. Una batería de plomo – ácido completamente cargada tiene un potencial que está sobre 12.7 voltios. Este voltaje cae cuando la batería es descargada. Es una buena práctica mantener una batería de descarga profunda por encima del 50% del estado de carga ya que esto mantiene la batería en un voltaje superior a los 12 voltios. Esta curva varía de una batería a otra batería y de acuerdo a la temperatura y la velocidad de descarga.



Las baterías de plomo-ácido tienen regularmente un complejo ciclo de carga, ver gráfica

4. El ciclo puede ser dividido en tres fases:

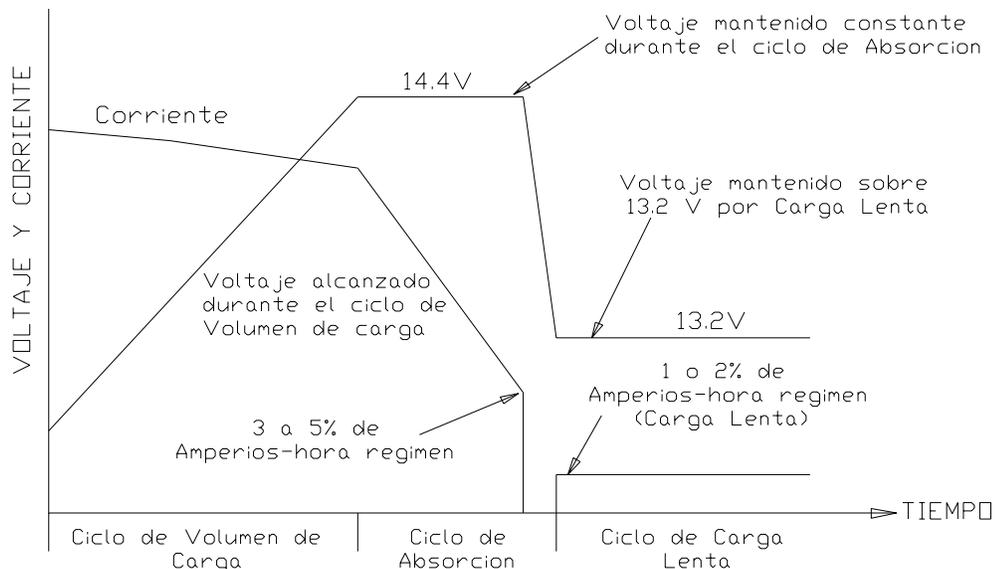
1. La primera es la fase de mayor volumen de carga. En esta fase, toda la corriente que el cargador tenga es absorbida por la batería. Este flujo de corriente no debe estar por encima del 20% de los amperios – hora régimen de la batería (por ejemplo, 40 Amperios para una batería de 200 amperios – hora). Pero puede ser superior para una batería de electrolito estable, aunque no es recomendable. El voltaje a través de la batería aumenta a medida que esta absorbe carga. Por encima del 80% de carga total el voltaje alcanza 14.4 voltios para una batería de electrolito líquido y 14.2 voltios para una batería de electrolito fijo (estos valores pueden variar según el fabricante y las características de cada batería). La batería se puede cargar en poco tiempo si está expuesta a un voltaje superior a 14.4 voltios.

2. Luego de esto se prosigue con la fase de absorción en la cual la batería es mantenida a 14.4 voltios (14.2 voltios para las baterías de gel) y la corriente es suministrada a la batería. El valor de corriente cae gradualmente hasta alcanzar de 3 a 5% del rango de amperios – hora. Esto hace que la batería este arriba del 90% de la carga total. El cargador ideal tiene interruptores para cargar lentamente la batería. En este caso la batería se deja en reposo lo que permite que el voltaje caiga.

3. Luego en la tercera fase o fase de carga lenta, el cargador suministra una cantidad de corriente para mantener el voltaje en 13.2 voltios. Esta corriente está usualmente por encima de 2 o 3% de los amperios-hora de régimen, pero puede ser menor. El voltaje se mantiene en este rango indefinidamente. Luego de un período de algunas horas la batería alcanza el 100% de carga. Manteniendo la batería en carga lenta durante algún largo tiempo las pérdidas son ficticias.

De otra forma manteniendo la batería a 13.8 voltios la potencia suministrada nunca carga completamente la batería. De este modo el voltaje es muy alto para una carga lenta. Además los cargadores de baterías que realizan todas las tres fases de carga son raros, costosos y un poco difíciles de conseguir. Para las primeras dos fases (de volumen de carga y absorción) existe más disponibilidad de cargadores, pero ellos solo cargan la batería hasta un 90% de la carga total. Así, si se quiere mantener una batería por encima del 50% de la carga, solo se puede disponer del 40% de los amperios-hora de régimen para utilizar.

Gráfica 4. Ciclo de carga de una batería de plomo – ácido. Idealmente, una batería de plomo – ácido es cargada aproximadamente a un nivel de corriente constante hasta que esta alcanza 14.4 voltios. Luego el voltaje es mantenido constante a 14.4 voltios hasta que la corriente cae de 3% a 5% de los amperios – hora régimen. Después la carga se para hasta que el voltaje de la batería cae a 13.2 voltios. En ese momento se aplica suficiente corriente para cargar lentamente la batería a un valor constante de 13.2 voltios. La primera fase, es la fase de volumen de carga, en la cual la batería alcanza un 80% de la carga total. En la segunda fase, o ciclo de absorción, se carga la batería hasta el 90% de la carga total. Y por último la fase de carga lenta completa el ciclo de carga.



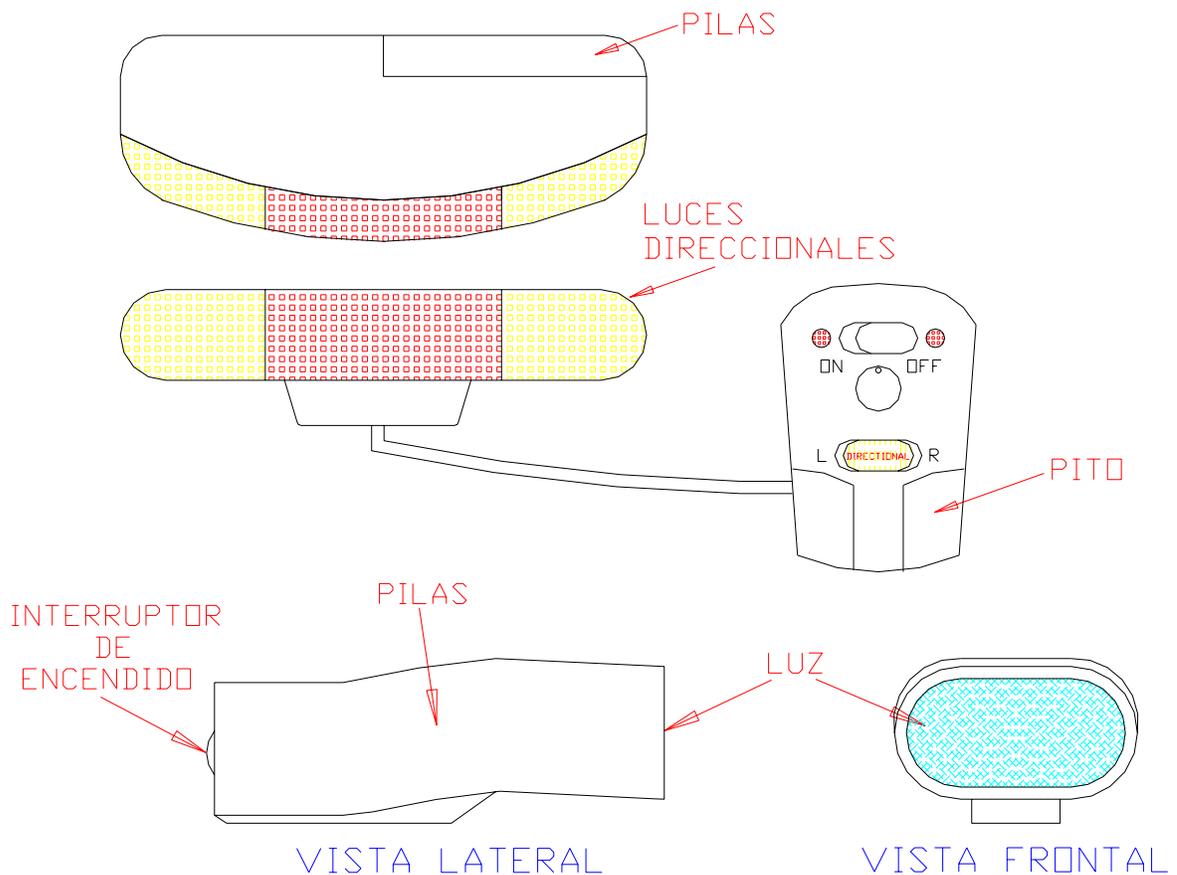
#### 6.2.4 CONTROLES DE LOS ACCESORIOS DE ILUMINACIÓN (LUCES TRASERA Y DELANTERA) Y DE SONIDO (PITO)

Los accesorios de la silla son de dos tipos: luminosos y sonoros. Los accesorios luminosos permiten que la silla pueda ser utilizada para transitar en lugares o carreteras oscuras. Estos accesorios son: la bombilla delantera encargada de iluminar el camino y las luces traseras que sirven para indicarle a los vehículos o personas que vienen detrás de la silla su presencia, con lo que se le da más seguridad a la persona que conduce la silla. Las luces traseras consisten en una luz intermedia fija de color rojo y dos luces direccionales amarillas utilizadas en el momento en que la persona desee girar con la silla a la derecha o a la izquierda.

La silla posee un accesorio de sonido que consiste en un pito, el cual le sirve al discapacitado para dar aviso a los conductores de otros vehículos sobre su presencia en un sitio determinado o para indicar que requiere el acceso por una vía, entre muchas otras aplicaciones.

Tanto las luces como el pito son accesorios muy importantes, ya que se constituyen en elementos de seguridad para evitar que el pasajero de la silla sufra accidentes que debido a su condición pueden llegar a producirle graves lesiones. En la figura 44 se muestran estos accesorios y sus controles.

Figura 44. Accesorios de la silla (luces direccionales traseras con pito y luz delantera).



## 7. CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

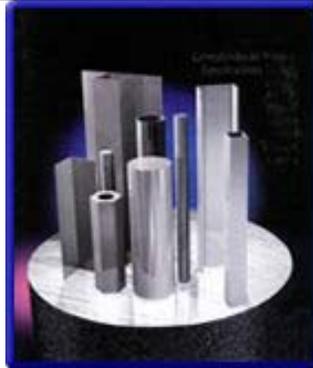
Teniendo en cuenta cálculos realizados en los capítulos anteriores basados en catálogos y especificaciones de materiales se procede a realizar la compra de estos para la elaboración de cada parte de la silla de ruedas. Debido a que algunos de los materiales y dimensiones especificados en el diseño no se encuentran en el mercado fue necesario realizar cambios durante el proceso de fabricación y montaje.

A continuación se explica el proceso de fabricación de cada uno de los sistemas que conforman la silla y los cambios realizados.

### 7.1 ELABORACIÓN DE LA ESTRUCTURA BÁSICA DE LA SILLA DE RUEDAS

Basados en un modelo previo construido a escala 1:2 de la alternativa estructural seleccionada, se procedió a la construcción de la estructura, realizando el proceso descrito en la tabla 56.

Tabla 56. Secuencia de elaboración de la estructura básica

		
<p>1. Se elaboró un modelo a escala 1.2 del diseño de la estructura básica y se llevo a los profesores asesores para su aprobación.</p>	<p>2. Compra de materiales. Algunas de las especificaciones del diseño sufrieron cambios debido a la disponibilidad del mercado.</p>	<p>3. Corte de materiales. Se uso para este proceso una tarraja y ceguera.</p>

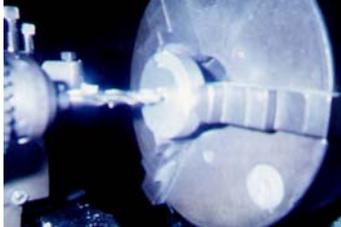
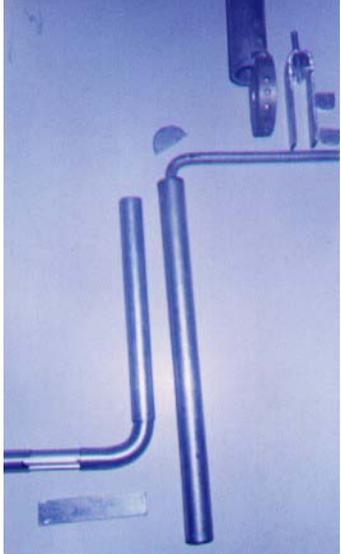
		
<p>4. Pulido y ajuste de piezas. Por medio de limas, esmeriles especiales para aluminio se realizaron ajustes de las piezas para facilitar las uniones posteriores.</p>	<p>5. Mecanizado de barras. Perforación y torneado de barras</p>	<p>6. Doblado por Deformación plástica de la tubería para la conformación de módulos para la estructura básica de soporte de la silla de ruedas. Se utilizo una maquina dobladura con dados de acuerdo a cada curva.</p>
		
<p>7. Ajuste de curvas. Se realizo medición a escuadra de los ángulos y de las longitudes.</p>	<p>8. Mecanizado de tubería. Preformado para ensamble posterior de la estructura.</p>	<p>9. Fabricación de acoples. Dimensionado de la forma de los acoples y conformado por deformación plástica.</p>
		
<p>10. Soldadura. unión de piezas utilizando soldadura oxiacetilénica con material</p>	<p>11. Ensamble de la estructura de soporte. Unión por medio de</p>	<p>12. El ensamble se realizo mediante tornillo, la unión fue elaborada mediante</p>

de aporte aluminio de aleación especial.	acoples, montaje de la base del asiento.	deformación plástica de lamina de aluminio
		
13. Adaptación del sistema de reclinado del espaldar	14. Unión del espaldar a la estructura básica.	15. Elaboración y montaje de la estructura base del cabecero
		
16. Montaje de todas la piezas de la estructura base de la silla	17. Este montaje se realizo por módulos.	18. Estos módulos permiten la plegabilidad
		
19. Unión del espaldar al asiento de la silla de ruedas	20. Estructura básica completa	21. Adaptación y montaje de sistema de bloqueo manual a la estructura de la silla.

## 7.2 ELABORACIÓN DE LOS APOYAPIES

El proceso para la elaboración del apoyapiés se describe en la tabla 57.

Tabla 57. Secuencia de elaboración de los apoyapies

		
<p>1. Corte y refrendado de tubos</p>	<p>2. Doblado de los elementos de unión de los apoyapies</p>	<p>3. Fabricación de soporte para los pies.</p>
		
<p>4. Elaboración del mecanismo de graduación del apoyapies (similar al del apoyabrazos).</p>	<p>5. Construcción del mecanismo de reclinado</p>	<p>6. Agujerado de tubos para hacer los acopes y graduaciones.</p>
		
<p>7. Construcción del</p>	<p>8. Unión de todas las piezas</p>	<p>9. Montaje de apoyapies</p>

sopORTE de apoyapies.	de los apoyapies.	con soporte a la estructura base
-----------------------	-------------------	----------------------------------

### 7.3 ELABORACIÓN DE LOS APOYABRAZOS

El proceso se describe en la siguiente tabla

Tabla 58. Secuencia de elaboración de los apoyabrazos

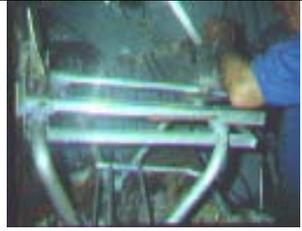
		
1. Corte y refrendado de tubos	2. Unión con soldadura de las	3. Elaboración de los agujeros para el mecanismo de graduación de los apoyabrazos.
4. Construcción del soporte de los apoyabrazos.	5. Ensamblado del apoyabrazos con su soporte a la estructura base.	

### 7.4 ELABORACIÓN DE LA ESTRUCTURA SOPORTE DEL MOTOR

En la siguiente tabla se muestra como se fabrica la estructura soporte del motor.

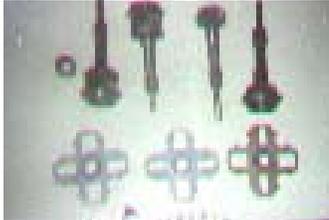
Tabla 59. Secuencia de elaboración de la estructura soporte del motor

		
---	--	---

1. Corte de las plantillas y ángulos.	2. Maquinado de los soportes del motor.	3. Unión con soldadura de todas las partes de la estructura soporte
		
4. Montaje de las estructuras soporte del sistema mecánico.	5. Elaboración de la base para el transporte del sistema mecánico (estructura con ruedas).	6. Unión de la base a la estructura de la silla

## 7.5 ELABORACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

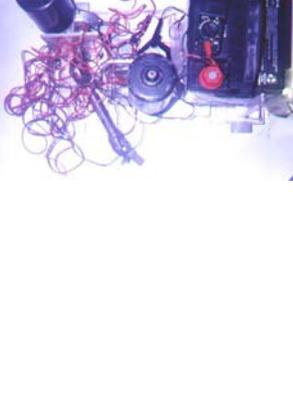
Tabla 60. Secuencia de armado del sistema mecánico

		
1. Montaje de motores atornillados a las platinas de soporte.	2. Adaptación de las juntas universales	3. Montaje de las juntas.
		
4. Elaboración del eje de transmisión de la junta al acople de la rueda.	5. Montaje del eje de transmisión.	6. Elaboración de acople de transmisión de la rueda trasera

		
<p>7. Elaboración del eje de la rueda.</p>	<p>8. Adaptación de la rueda para el sistema de transmisión diseñado.</p>	<p>9. Fabricación del sistema de amortiguación de la rueda trasera.</p>
 	 	
<p>10. Montaje de la rueda trasera.</p>	<p>11. Elaboración del sistema de amortiguación de la rueda delantera.</p> <p>12. Montaje de la rueda delantera.</p>	<p>13. Montaje del sistema mecánico a la estructura base.</p>

## 7.6 MONTAJE DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICO Y DE SUMINISTRO DE ENERGÍA

Tabla 61. Secuencia de montaje de los sistemas eléctrico y de suministro de energía.

		
<p>1. Elaboración de base aislante para el montaje de acumulador eléctrico.</p> <p>2. Montaje de la base aislante y los acumulador eléctrico.</p> <p>3. Cableado del sistema eléctrico y adaptación del joystick.</p>	<p>4. Montaje del circuito de carga de la batería.</p> <p>5. Montaje del control de nivel de energía de la batería.</p> <p>6. Montaje de las luces traseras.</p> <p>7. Montaje de la carcasa de recubrimiento del sistema de propulsión automática de la silla de ruedas.</p>	<p>8. Montaje de la luz delantera del joystick y del pito a la caja de control.</p> <p>9. Montaje del joystick a la estructura base</p>

## 7.7 ELABORACIÓN DE LAS CARCASAS DEL COMPARTIMIENTO Y DEL JOYSTICK

Tabla 62. Secuencia de elaboración de las carcasas del compartimiento y del joystick.

		
<p>1. Modelado de un modelo en barro sobre el sistema mecánico.</p>	<p>2. Pulido del modelo en barro y aplicación de desmoldante.</p>	<p>3. Aplicación de la resina poliéster y la fibra de vidrio sobre el modelo de barro.</p>

		
<p>4. Secado a temperatura ambiente.</p>	<p>5. Aplicación de gelco, para posterior proceso de pulido.</p>	<p>6. Desmoldado y limpieza de la pieza de resina obtenida.</p>
		
<p>7. Pulido de la carcasa utilizando escofinas y pulidora manual.</p>	<p>8. Aplicación de pulimento industrial sobre la pieza obtenida para darle brillo.</p>	<p>9. Elaboración de modelo en barro de la carcasa del joystick y aplicación de desmoldante</p>
		
<p>10. Aplicación de la resina sobre el modelo.</p>	<p>11. Pulido de la pieza obtenida.</p>	<p>12. Fabricación de la pieza inferior para recubrimiento del joystick siguiendo la misma secuencia anterior.</p>

## 7.8 ELABORACIÓN DE ALMOHADONES PARA LA SILLA DE RUEDAS

Después del montaje de la estructura se elaboran los siguientes accesorios para la silla de ruedas: cojines para el asiento, espaldar, cabecero, apoyabrazos y apoyapies, también se construyeron los acoples para los apoyabrazos, apoyapiés y apoyacabezas. En las tablas 63 y 64 se describe el proceso de armado y forrado de dichos almohadones.

Tabla 63. Armado de los almohadones de espuma

		
<p>1. Compra de todos los materiales para la elaboración del sistema de almohadones, se realizó teniendo en cuenta las especificaciones y requerimientos de diseño.</p>	<p>2. Corte de las espumas: se realizó con cuchillo de corte. Se cortaron todas las piezas para cada almohadón.</p>	<p>3. Unión de las espumas utilizando pegante sintético y espátula para esparcir el pegante.</p>
		
<p>4. Armado del asiento: este proceso se realiza colocando cada capa de espuma de acuerdo a al diseño previo mostrado en el capítulo 4</p>	<p>5. Sobre la superficie del almohadón se colocó la espuma con volutas</p>	<p>6. Armado del espaldar se realizó de la misma manera que el asiento.</p>

		
7. Armado del cabecero en la superficie de este irá la espuma con volutas.	8. Armado de los apoyabrazos sobre las tablillas de MDF.	9. Armado de los apoyagemelos sobre las tablillas de MDF.

Tabla 64. Secuencia de tapizado de los cojines

		
1. Compra de la lona y las telas según especificación del diseño.	2. Corte de las piezas de lona, hule, tela, liencillo y espuma intermedia.	3. Cuadrado de las piezas sobre los almohadones y verificación de medidas
		
4. Unión de las piezas con costura a maquina, formando del cojín	5. Colocación de cierres y broches de presión	6. Introducción del cojín de espuma dentro del forro.
		
7. Cerrado del cojín: realización de costuras a mano en los apoyabrazos	8. Forma final del cojín después de la colocación del forro	9. Resultado final, este es todo el sistema de cojinería para la silla de

y apoyagemelos y cerrado de los cierres.		ruedas
		
10. Montaje de los almohadones sobre la estructura base.	11. Detalle de la forma como se hace el montaje de los almohadones.	12. Resultado final

## 7.9 DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINARIA USADA PARA LA ELABORACIÓN DE LA SILLA

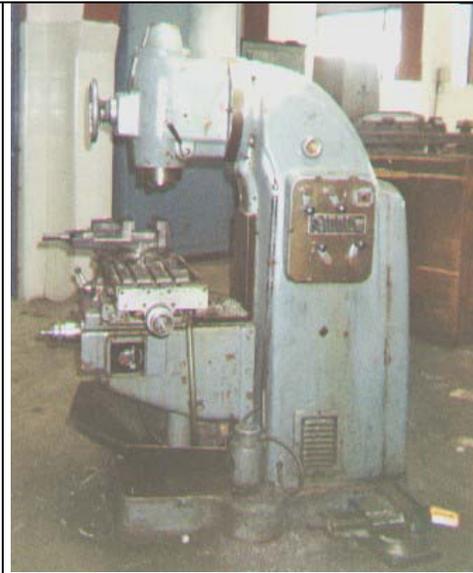
A continuación se describe toda la maquinaria utilizada para la fabricación de la silla.

Tabla 65. Maquinaria usada en la elaboración de la silla.

	
1. Maquina de coser Se utiliza en la fabricación de los cojines	2. Pulidora Sirve para pulir los elementos de la estructura y del sistema mecánico.



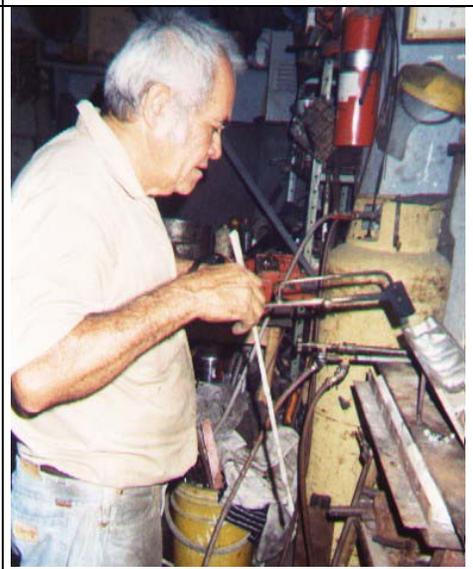
3. Prensa hidráulica  
Se utiliza en la fabricación de los elementos estructurales y del sistema mecánico.



4. Fresadora  
Se utiliza en la fabricación de los elementos del sistema mecánico de la silla.



5. Soldadura eléctrica  
Se usa en la unión de los elementos de la estructura y del sistema mecánico.



6. Soldadura oxiacetilénica  
Para el ensamble de los elementos de la estructura y del sistema mecánico



7. Taladro  
Para la fabricación de los elementos estructurales y del sistema mecánico.



8. Dobladora de tubos  
Para doblar los tubos que forman parte de la estructura y los elementos del sistema mecánico.



9. Torno  
Utilizado en la fabricación de algunos elementos de la estructura y del sistema mecánico.



10. Cortadora de tubos  
Para cortar los tubos que forman parte de la estructura de la silla.

## CONCLUSIONES

- La silla de ruedas realizada es innovadora porque puede desplazarse tanto de forma automática como manual, a diferencia de las existentes que solo poseen una de estas opciones.
- La silla de ruedas puede ser usada por diferentes tipos de discapacitados, debido a que sus apoyapiés, su espaldar, cabecero y apoyabrazos son desmontables y permiten graduarse de acuerdo a las dimensiones del paciente.
- Se utilizó el sistema de energía más económico del mercado y de fácil uso, que ocupa un mínimo espacio y no contamina el ambiente.
- La silla de ruedas es liviana, desarmable para facilitar su transporte y de fácil mantenimiento.
- Se comprobó que en este país se pueden realizar productos de excelente calidad con los materiales locales y la maquinaria disponible.
- Se hizo énfasis en la comodidad del paciente pues su posición sédente permanente produce excesos de presión en algunas zonas del cuerpo. Por eso el diseño de la silla permite variar la posición del cuerpo para aliviar dichas presiones.
- La cojinería permite una acomodación ergonómica y reduce la probabilidad de aparición de úlceras isquémicas en el discapacitado, ya que está diseñada con espumas de poliuretano especiales que disminuyen la temperatura y presión sobre el cuerpo.

## RECOMENDACIONES

- La silla puede ser usada para ambientes tantos internos (dentro de la casa, la oficina, etc.), como externos (en la calle), realizándole adaptaciones como: Implementación de cinturones de seguridad y aumento de potencia.
- Para el funcionamiento normal de la silla no se debe permitir que las baterías se descarguen por debajo del voltaje mínimo de descarga (12 voltios), ya que esto hace que se reduzca la vida útil de la batería.
- El mantenimiento de las baterías se debe realizar cada 2 meses.
- El mantenimiento del sistema de transmisión mecánico se debe cada 2 meses y consiste en la limpieza y lubricación de las partes móviles (ejes, engranajes, rodamientos, juntas universales, ruedas, etc.).
- El uso y mantenimiento de la silla debe ser realizado por personas adultas capacitadas para estas labores, nunca permita que los niños jueguen con los sistemas mecánico y eléctrico de la silla.
- Para desarmar la silla y transportarla en un carro el discapacitado debe buscar la ayuda de otra persona sin discapacidad, nunca debe intentar hacerlo solo, pues esta labor exige algunos esfuerzos que él no está en capacidad de realizar.
- Mientras no se utilice la silla debe ser guardada en un lugar donde no esté expuesta al sol y al agua, para evitar su deterioro.
- Revise con frecuencia (como mínimo una vez por semana) el funcionamiento de las luces traseras y el pito, si este no es satisfactorio cambie la pila de energía.
- Se recomienda cambiar las espumas de la cojinería después de dos años de uso, pues transcurrido este período de tiempo pierden sus propiedades físicas, desmejorando la comodidad del discapacitado. El diseño de la cojinería permite realizar fácilmente este cambio.

- El discapacitado debe evitar permanecer en la misma posición durante períodos de tiempo prolongados para reducir el efecto de la presión y temperatura sobre su cuerpo. Esto lo puede lograr reclinando el espaldar y el apoyapies.
- Se recomienda revisar cada mes el funcionamiento de los resortes de los amortiguadores con el fin de cambiarlos si se ven reducidas sus propiedades mecánicas.

## BIBLIOGRAFIA

- ESTEVE, Rafael & OTAL, Alejandro. Rehabilitación en ortopedia y traumatología. Editorial Jims. Barcelona. 1963.
- SINE, Robert D. & LISS, Shelly E. Técnicas básicas de rehabilitación. Editorial científica médica. 1979.
- TOHEN AMUDIO, Alfonso. Manual de ortopedia mecánica. Editorial Interamericana. México. 1970.
- KOTTKE, Frederic J. KRUSEN: Medicina Física y Rehabilitación. Cuarta edición. Editorial Medica Panamericana. Madrid. 1997.
- MALTAIS, DANSEREAU, AISSAOUI, LACOSTE. Assessment of the Geometric and Mechanical Parameters in Wheelchair seating. IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering. 1999.
- SHAW, Gregory, Retention of supportive properties by egg crate and foam wheelchair cushions. Journal of Rehabilitation Research and Development Vol. 35. No. 4 ,1998.
- H,W, Wu. L.J. Berglund, F.C.Su, B, Yu. A. Westreich. K.J. Kim and K,N. An. An instrumented Wheel for kinetic Analysis of Wheelchair Propulsion.
- V. L. Gloosey and H.G. Campbell. Symmetry of the elbow kinematics during racing wheelchair propulsion. Ergonomics, 1998
- HOCKENBERRY, Jhon. Deconstructing Motor, ID Magazine, 1999.
- KRUMSEN, Frank H. Medicina Física y Rehabilitación, Cuarta edición , 1973
- ASME, Journal of biomechanical Engineering, Copyriht, Agosto vol. 120 Sección, Technical Briefs. 1988.
- CASILLAS, A.L. Cálculos de Taller. 222 Edición. Madrid, España. 1996.

- CRONEY John, Antropometría para diseñadores, 1982
- PARADA, Alfredo, Mecánica de Sólidos: Estática. Alpacor Publishing Co. Bucaramanga, Colombia. 1989.
- BEER, Ferdinand, RUSSELL J, E Jr. Mecánica de Materiales. Segunda Edición. Mc Graw Hill. Bogotá, Colombia. 1993.
- JOVAJ, M.S. Motores de Automóvil. Editorial Mir. URSS. 1982.
- MIRALLES, Juan, VILLALTA E, Juan. Funcionamiento y Estructura del Motor Diesel. Ediciones CEAC. Barcelona, España. 1984.
- VILLADIEGO T, Juan Carlos. Conversión de un motor estacionario de gasolina a gas natural – Prueba y evaluación. UIS. Bucaramanga. 2001.
- DAWES, Chester L. Electricidad Industrial. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España. 1982.
- CENSOLAR (Centro de Estudios de la Energía Solar). Instalaciones de Energía Solar - Curso Programado. Tercera edición. Tomos I y V. PROGENSA. Sevilla - España. 1992.
- HIBBELER, R.C. Dinámica. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Nueva York. 1999.
- FAIRES, Virgil M. Diseño de Elementos de Máquinas. Editorial Limusa. México. 1997.
- SHIGLEY, Joseph Edward, & MISCHKE, Charles R. Diseño en Ingeniería Mecánica. Quinta Edición. Mc Graw Hill. 1990.
- ROJAS G. Hernán, Diseño de maquinas II, Universidad Industrial de Santander, 1992.
- ROJAS G, Hernán. Rodamientos. Universidad Industrial de Santander, 1984.

- ROSENBERG, Robert. Reparación de Motores Eléctricos. Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona España. 1989.
- Catalogo Alumina
- MICROSOFT, Enciclopedia Encarta 2000.
- Internet. [www.medicinayrehabilitacion.com](http://www.medicinayrehabilitacion.com)
- Internet. [www.wheelchairs.com](http://www.wheelchairs.com)

ANEXOS

## **Anexo A. ASPECTOS MEDICOS PARA DISCAPACITADOS**

En este anexo se incluyen los aspectos de medicina para discapacitados que se deben conocer para diseñar la silla de ruedas.

### **NEUROFISIOLOGIA DEL SER HUMANO.**

La Neurofisiología del ser humano incluye el estudio de todos los sistemas encargados de realizar las operaciones que el cuerpo requiere para su desarrollo y buen funcionamiento.

Dentro de este campo se dan a conocer las características generales del funcionamiento normal del cuerpo humano, que se utilizan en la realización de los movimientos y desplazamientos de este y que se ven afectadas (disminuidas o eliminadas) cuando se produce una lesión o enfermedad dando origen a una discapacidad.

Entre estas características las más importantes son: Los reflejos, la función motora, la sensibilidad y la coordinación de los movimientos, las cuales se tratarán a continuación.

### **LOS REFLEJOS**

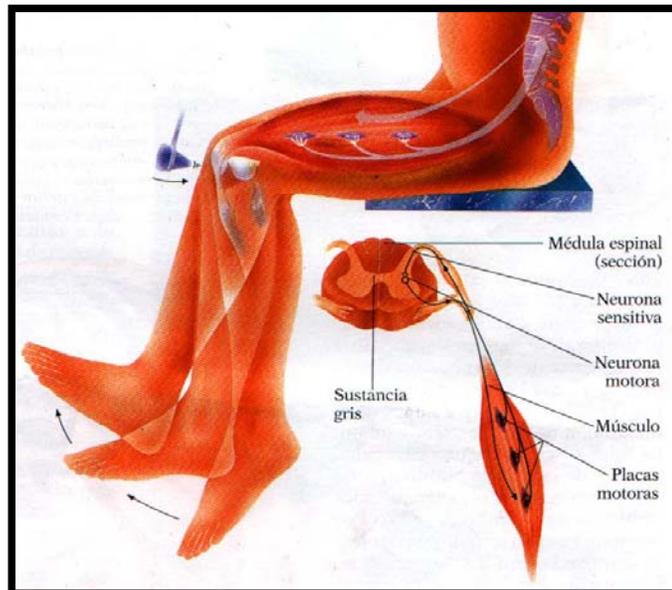
El reflejo es la activación del sistema Nervioso en respuesta a los múltiples estímulos que este recibe de los medios interno y externo. La irritación o recepción de un estímulo origina el reflejo que es transmitido a un órgano efector. Los elementos del sistema nervioso que transforman la excitación en respuesta efectora se denominan arco reflejo. Los reflejos se dividen en incondicionados y condicionados.

Los reflejos incondicionados son transmitidos por herencia, se forman en el nacimiento y duran toda la vida, sino se presentan lesiones que los afecten.

Los reflejos condicionados se basan en los incondicionados y aparecen en el proceso de desarrollo individual y en la acumulación de nuevos hábitos.

El reflejo se produce de la siguiente manera: El receptor transmite la irritación por medio de las fibras sensitivas a la neurona receptora y de esta a la neurona motora, la cual transmite el mensaje de excitación al nervio motor donde se origina el impulso nervioso que termina en el músculo. (ver figura A).

Figura A. Elaboración del reflejo.



Tomado enciclopedia de la salud Vanguardia Liberal

Según el lugar donde se aplica el estímulo, los reflejos se dividen en profundos y superficiales.

Los reflejos profundos son provocados por el estímulo del propio músculo. Y los reflejos superficiales son los cutáneos. La desaparición de uno u otro reflejo puede orientar en la determinación de la localización del foco de la lesión.

Cuando la distensión del músculo se desarrolla lentamente, el reflejo de respuesta adquiere un carácter lento o tónico. La forma tónica del reflejo profundo o tono muscular es un grado de contracción ligera durante el reposo, cuando no hay movimiento activo. El movimiento se inicia y termina en una posición determinada de uno u otro segmento del cuerpo, en una u otra postura, pues la postura es el tono. Con el examen del tono muscular se valora el grado de manifestación de los reflejos tónicos en uno u otro grupo muscular.

Los reflejos profundos mantienen el tono muscular, garantizan la postura y preparan los músculos para recibir los impulsos del movimiento voluntario,

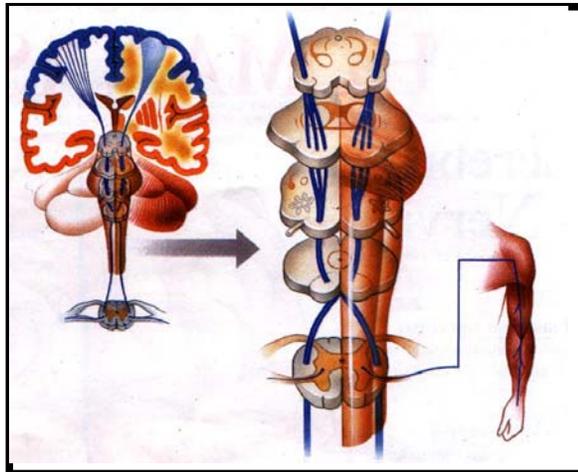
El tono muscular, facilita la realización del movimiento activo al pasar del estado de reposo relativo al de actividad.

ANALIZADOR MOTOR

El analizador motor es un conjunto de sistemas aferentes que envían señales que llegan al encéfalo e informan en un momento dado sobre el estado funcional de los diferentes grupos musculares y está compuesto por el aparato aferente receptor de la musculatura esquelética (ver figura B). A la musculatura esquelética se dirigen varios torrentes de impulsos eferentes, entre los cuales tenemos:

1. Los impulsos que llegan a las neuronas motoras de la medula espinal, los cuales garantizan el control coordinado del tono muscular espontáneo para mantener el cuerpo en una posición determinada.
2. Los impulsos que llegan de las neuronas motoras a las fibras musculares, que garantizan el tono muscular permanente y la contracción fásica de los músculos cuando los reflejos profundos son provocados por medios artificiales.
3. Los impulsos que llegan a las fibras musculares que garantiza el estado de excitabilidad del músculo.

Figura B. Analizador motor.



Tomado enciclopedia de la salud Vanguardia Liberal

En condiciones fisiológicas, los sistemas que controlan los impulsos nerviosos funcionan coordinadamente para garantizar la realización de los movimientos.

Las neuronas de la corteza cerebral transmiten por una vía los impulsos del movimiento voluntario y por otra la inhibición de los reflejos, a las neuronas de la médula espinal. Por ello en las lesiones de la medula espinal se puede presentar parálisis sin afectar los reflejos.

Cuando se lesionan las neuronas receptoras desaparecen los reflejos y pueden manifestarse alteraciones en el movimiento voluntario (se altera la suavidad y precisión

del acto motor al desaparecer los impulsos aferentes del analizador motor). Además las afecciones de las neuronas eferentes de la médula espinal provocan la desaparición del tono muscular y de la posibilidad para la contracción refleja y voluntaria del músculo, se pierde además el movimiento, lo que se denomina parálisis. Si el foco patológico compromete los sistemas aferentes y eferentes, aparece todo un síndrome peculiar de alteraciones del tono muscular y los movimientos voluntarios.

Los reflejos profundos de los miembros y el tronco son:

1. Reflejo del tendón del músculo bíceps braquial (o flexor del codo): su arco reflejo corresponde a los segmentos  $C_5 - C_6$  de la médula espinal.
2. Reflejo del tendón del músculo tríceps braquial (o extensor del codo): su arco reflejo lo componen las fibras sensitivas y motoras del nervio radial y el mismo se cierra en los segmentos  $C_7 - C_8$ .
3. Reflejo estilorradiar: es un reflejo profundo del miembro superior y su arco reflejo se cierra en los segmentos  $C_5 - C_8$ .
4. Reflejos Abdominales profundos: su arco reflejo se cierra en los segmentos  $D_7 - D_{12}$ .
5. Reflejo Patelar: constituido por las fibras sensitivas y motoras del nervio femoral y los segmentos  $L_2 - L_4$  de la médula espinal.
6. Reflejo Aquileo: su arco reflejo lo forman las fibras sensitivas y motoras del nervio tibial y los segmentos  $S_1 - S_2$  de la médula espinal.

Los reflejos superficiales cutáneos son:

1. Reflejos cutáneos abdominales: son tres reflejos superior, mediano e inferior.
  - Superior: su arco reflejo pasa por los segmentos  $D_6 - D_8$  de la médula espinal.
  - Mediano: su arco reflejo pasa por los segmentos  $D_9 - D_{10}$  de la médula espinal.
  - Inferior: su arco reflejo pasa por los segmentos  $D_{11} - D_{12}$  de la médula espinal.
2. Reflejo Cremastérico: su arco reflejo se cierra en los segmentos  $L_1 - L_2$ .
3. Reflejo cutáneo plantar: su arco reflejo se cierra en los segmentos  $L_5 - S_2$ .
4. Reflejo anal: su arco lo constituyen los segmentos  $S_4 - S_5$ .

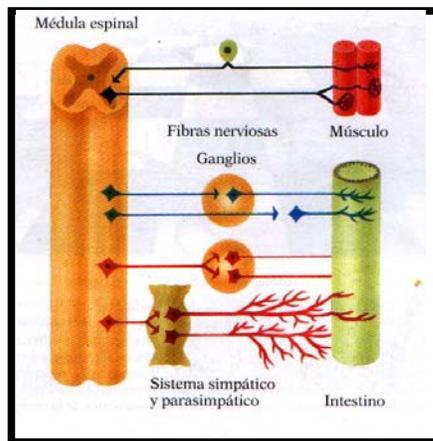
En ocasiones se pueden presentar las siguientes alteraciones en los reflejos:

- Disminución o abolición: en las lesiones del arco reflejo.
- Aumento o inversión: en las afecciones del sistema piramidal y en la desinhibición del aparato segmentario de la médula espinal.

## **LA FUNCION MOTORA.**

El hombre realiza constantemente los llamados movimientos voluntarios con los miembros, la cabeza, el tronco y otras partes del cuerpo. Estos movimientos se efectúan con la contracción de los músculos agonistas y sinérgicos asociada al relajamiento de los músculos antagonistas (Ley de la inervación recíproca de los músculos). Así se realizan no sólo los simples desplazamientos de las manos y los pies, sino también actos del movimiento más complejo como son: la marcha, las acciones laborales, los ejercicios deportivos, el manejo de instrumentos musicales, el lenguaje oral y escrito, etc. Pero los músculos son solamente el instrumento del acto motor. La acción del músculo es dirigida por el sistema nervioso (Ver figura C).

Figura C. Control de los músculos y órganos.



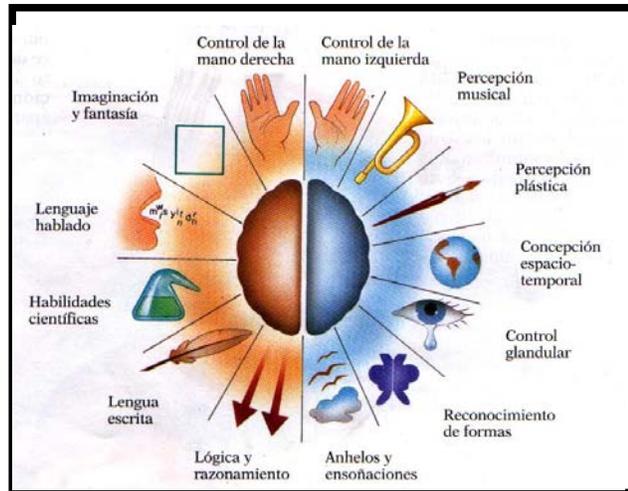
Tomado enciclopedia de la salud Vanguardia Liberal

Como lo indica su nombre, los movimientos voluntarios son creados por el hombre, y producidos en función directa del medio ambiente biológico y social. “Todos los movimientos conscientes llamados, por lo general, voluntarios son en el sentido estricto reflejados”.

Los movimientos voluntarios se realizan según los planes y programas originados en los sistemas motores funcionales y tienen el propósito de satisfacer unas u otras necesidades del organismo.

Puede decirse que la compleja actividad de las diferentes porciones de la corteza de los hemisferios cerebrales elabora el programa para uno u otro movimiento voluntario (cada hemisferio cerebral controla la mitad opuesta del sistema muscular, ver figura D).

Figura D. Control de los hemisferios cerebrales.



Tomado enciclopedia de la salud Vanguardia Liberal

La pérdida completa de los movimientos voluntarios se llama parálisis y la limitación, parestesia. Las parálisis o parestesias aparecen tanto en las lesiones de las neuronas motoras centrales como de las periféricas.

Los fenómenos más relevantes que se presentan cuando hay parálisis y parestesias son:

#### ALTERACION DEL TONO MUSCULAR

El tono muscular disminuye cuando se interrumpe tanto de la porción aferente como eferente del arco reflejo. En las lesiones de la neurona central, o sea del sistema piramidal, se aumenta el tono muscular, lo que hace que los movimientos pasivos encuentren una resistencia en ocasiones difícil de superar. Esta resistencia sólo se manifiesta al inicio de la flexión y extensión pasivas, después el miembro se moviliza libremente.

#### ADELGAZAMIENTO MUSCULAR (ATROFIA).

La función de la neurona motora periférica está muy relacionada con la regulación de la alimentación del músculo, por ello si se presentan alteraciones en esta neurona el músculo comienza a adelgazarse (atrofiarse). Si la que se afecta es la neurona motora central el trofismo muscular puede no aparecer o presentarse moderadamente. También puede presentarse atrofia debida a una alteración primitiva del músculo.

## **LA SENSIBILIDAD**

El organismo humano es sensible y se encuentra en permanente contacto con el medio ambiente externo exponiéndose al influjo de los diferentes agentes irritativos: mecánicos, químicos, térmicos, etc.; Los cuales actúan sobre los tegumentos del cuerpo.

Las sensaciones percibidas por el paciente después de habersele aplicado un estímulo constituyen la sensibilidad general, la cual está conformada por las siguientes clases de sensibilidad.

### **SENSIBILIDAD SUPERFICIAL O EXTEROCEPTIVA**

Esta constituida por aquellas sensaciones que aparecen como resultado de la irritación de la piel y las mucosas externas (exteroceptores, receptores localizados en la piel). La sensibilidad superficial comprende: la dolorosa, la térmica (calor y frío) y el sentido del tacto.

### **SENSIBILIDAD PROFUNDA O PROPIOCEPTIVA**

Es el conjunto de sensaciones que aparecen como resultado de la excitación o irritación de los propioceptores situados en los tejidos profundos del aparato locomotor (músculos, tendones, articulaciones, periostio, etc.).

La sensibilidad profunda incluye:

- el sentido musculoesquelético
- El sentido de movimientos pasivos.
- El sentido de posición.
- El sentido de la cinestesia cutánea.
- El sentido de presión y peso.
- La sensibilidad vibratoria

### **SENSIBILIDAD INTEROCEPTIVA**

Es la expresión de las sensaciones provocadas por los estímulos de los órganos internos y las paredes vasculares relacionados con la inervación vegetativa. Los impulsos de las vísceras casi no se perciben en condiciones normales. La irritación de los interoceptores origina una serie de sensaciones peculiares (incomodidad, sensación de pesadez, a veces dolores de la más variada intensidad). Estas sensaciones tienen un carácter difuso, pero pueden ser en cierto grado, localizadas y relacionadas con algún órgano interno.

## SENSIBILIDAD ESPECIAL

Se origina como respuesta a la irritación de los órganos de los sentidos (la vista, el oído, el olfato y el gusto): los tres primeros se llaman distantes, porque reciben los estímulos a distancia. Los de contacto perciben la irritación mediante la acción directa del agente sobre la piel o la mucosa y a estos pertenecen los corpúsculos nerviosos terminales del sentido del tacto (sensación de contacto) y en parte los receptores del dolor y la temperatura.

## PATOLOGIAS DE LA SENSIBILIDAD

La patología más frecuente consiste en el dolor provocado por la irritación de los receptores y conductores de la sensibilidad dolorosa, pero además de este también pueden aparecer sensaciones espontáneas anormales. las cuales son:

- Parestesias:** sensación de pinchazos, hormigueo, escozor, etc.
- Deficitarios:** pérdida o disminución de la sensibilidad, se manifiestan en las interrupciones (lesiones) de los conductores sensitivos.
  - Anestesia: es la ausencia completa de sensibilidad en cualquiera de sus formas, profunda o superficial.
  - Hipestesia: disminución de la sensibilidad.
  - Analgesia: es la pérdida de la sensibilidad dolorosa.
  - Hipalgesia: es la disminución de la sensibilidad dolorosa.
- Otras sensaciones anormales.**
  - Hiperestesia: es el aumento en la percepción de los estímulos sensitivos.
  - Hiperalgesia: es el aumento en la percepción de los estímulos dolorosos.
  - Anestesia dolorosa: se presenta cuando en las zonas cutáneas correspondientes a los nervios periféricos desaparece la sensibilidad a los estímulos dolorosos, pero en la zona anestesiada se manifiesta dolor.
  - Hiperpatía: es el aumento del umbral de percepción.
  - Secuela: es cuando la sensación se mantiene incluso después de suprimir el estímulo.
  - Disestesias térmicas: cuando el pinchazo se percibe como sensación de calor o frío.
  - Causalgia o dolor urente: es una alteración de la sensibilidad dolorosa que se observa en las lesiones traumáticas incompletas de algunos troncos nerviosos.

La alteración de la sensibilidad dolorosa se asocia con trastornos de la sensibilidad térmica, entre los cuales tenemos:

- Termoanestesia: es la pérdida completa de la sensibilidad térmica.

- Termohipestesia: es la disminución de la sensibilidad térmica.
- Termodisestesia: es la percepción invertida del calor y el frío.

Dentro de las alteraciones del sentido del tacto se puede presentar: anestesia, hipestesia o hiperestesia y disestesias e inversiones. Puede afectarse la sensibilidad profunda (el sentido musculoesquelético, el sentido de posición, la sensación de peso y presión, la cinestesia cutánea, la sensibilidad vibratoria). Pueden aparecer manifestaciones deficitarias parciales. También se puede presentar astereognosis que es la incapacidad para reconocer mediante la palpación los objetos conocidos.

No siempre se afectan todas las formas de sensibilidad, unas desaparecen y otras se conservan. En el miembro superior los nervios que con mayor frecuencia se lesionan son: el radial, el ulnar y el mediano y en el miembro inferior: el isquiático y el femoral.

**TRASTORNOS SENSITIVOS EN LAS LESIONES DE LA MEDULA ESPINAL:** son de dos clases.

- a) Segmentario: presenta alteraciones disociadas (ausencia de la sensibilidad dolorosa y térmica en presencia del sentido del tacto y de la sensibilidad profunda) en las mismas zonas que en las lesiones radiculares.
- b) Alteraciones de la conducción: se manifiestan trastornos de toda forma de sensibilidad por debajo del nivel de la lesión (paraanestias).

**TRASTORNOS SENSITIVOS EN LAS LESIONES CEREBRALES:** incluye los siguientes tipos.

- a) De conducción: presenta alteración de todas las formas de sensibilidad en el lado opuesto del cuerpo (hemianestesia, a veces alterna).
- b) Cortical: la zona de anestesia cambia en dependencia del lugar del foco de la lesión en el giro postcentral (lo más frecuente es la monoanestesia).

## **LA COORDINACION DE LOS MOVIMIENTOS**

Los actos motores realizados por el ser humano se caracterizan por su sorprendente exactitud, lo cual está garantizado por la función proporcional de múltiples grupos musculares dirigidos no sólo voluntariamente sino también de forma automática. Estos grupos musculares son:

- a) Agonistas: los cuales ejecutan el acto motor.
- b) Antagonistas: son los que en cierto periodo se oponen a la acción de los agonistas.
- c) Sinergistas: son los que facilitan la acción de los agonistas o antagonistas.

## EL CEREBELO.

El cerebelo desempeña las funciones de coordinación automática de los movimientos, participa en el control del tono muscular y del equilibrio del cuerpo. En la ejecución del movimiento voluntario, el papel rector del cerebelo se manifiesta en la coordinación de los componentes rápidos (fásicos) y lentos (tónicos) del acto motor. Esto es posible por la relación bilateral del cerebelo con los músculos y la corteza cerebral

## ATAXIA

Existen ciertos trastornos que ocasionan que los movimientos pierdan su carácter armónico, su exactitud, moderación y proporción, lo cual les impide alcanzar su propósito. Estos trastornos alteran la acción coordinada de los diferentes grupos musculares, dando origen a la realización de movimientos desordenados, lo que se denomina ataxia o incoordinación.

Cuando se afectan los sistemas cerebelares, además de alteraciones en la calidad de los movimientos voluntarios, puede alterarse el tono muscular (disonía muscular). Con mayor frecuencia se manifiesta hipotonía, los músculos en estos casos están blandos, hay hiperflexibilidad en las articulaciones, pueden disminuir los reflejos profundos.

## LESIONES DISCAPACITANTES

Las lesiones discapacitantes se pueden dividir en dos grandes grupos, así:

- Lesiones que no afectan neurológicamente al ser humano.
- Lesiones que afectan neurológicamente al ser humano.

## LESIONES QUE NO AFECTAN NEUROLOGICAMENTE AL SER HUMANO

Existen lesiones que se presentan en el cuerpo humano que pueden ocasionar discapacidad pero que no afectan neurológicamente al paciente, como son: las fracturas de los miembros, los esguinces, las luxaciones, las heridas graves, las lesiones que sufren las mujeres durante el parto, en general todos los tipos de lesiones que producen convalecencia en los pacientes con un alto grado de debilidad, lo cual limita sus capacidades para moverse y desplazarse de manera temporal.

## LESIONES QUE AFECTAN NEUROLOGICAMENTE AL SER HUMANO

A diferencia de las anteriores, existen otras lesiones que afectan neurológicamente al paciente y que según las posibilidades de rehabilitación que este tenga, pueden tener

mayor o menor tiempo de duración llegando en ocasiones a convertirse en lesiones de tipo permanente.

Dentro de estas lesiones se encuentra: las lesiones tumorales del sistema nervioso central, las lesiones traumáticas que pueden ser ocasionadas por arma de fuego, por heridas contundentes o por accidente automovilístico. Además de estas existen otras lesiones que debido a su importancia se tratarán a continuación, estas son:

- Lesiones de la médula espinal y los nervios espinales.
- Lesiones del tronco del encéfalo y los nervios craneales.
- Los trastornos extrapiramidales.

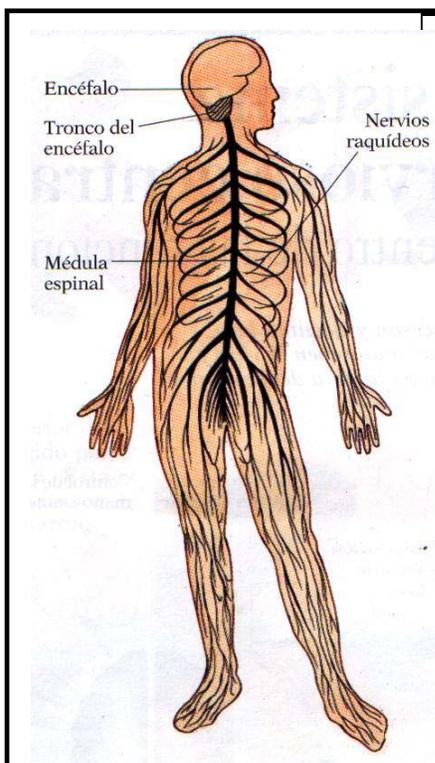
### ***LESIONES TRAUMATICAS DE LA MEDULA ESPINAL***

Los mecanismos de lesión de la médula espinal son de dos tipos:

1. La fractura-luxación de la columna cervical que es consecuencia de la flexión brusca y violenta o con menor frecuencia de extensión o fuerzas rotacionales u horizontales.
2. La fractura-luxación vertical que puede ser resultado de un golpe directo o de lesiones por aceleración.

Para la comprensión más clara de los signos y síntomas resultantes del daño medular es pertinente tener en cuenta el esquema de distribución segmentaria (ver figura E). Por medio de estudios clínicos se han determinado los dermatomas y se ha registrado la inervación de los músculos voluntarios.

Figura E. Distribución de los dermatomas.



Tomado de enciclopedia de la Salud Vanguardia Liberal

Las fibras que llevan las sensaciones táctiles están superpuestas, lo que hace que la zona de pérdida táctil sea siempre mayor que la zona de pérdida de las sensaciones dolorosas y térmicas. Los músculos esqueléticos reciben una inervación segmentaria y además están inervados por dos, tres o cuatro nervios raquídeos, por lo tanto por el mismo número de segmentos de la medula espinal (ver tabla A).

Tabla A. Inervación segmentaria de los músculos.

PARTE DEL CUERPO	TRABAJO MUSCULAR	DERMATOMAS IMPLICADOS
Cuello	Flexión Extensión Rotación	C1, C2, C3, C4.

Hombro	Flexión	C5, C6.
	Abducción	C5, C6.
	Aducción	C5, C6, C7, C8.
	Extensión	C5, C6, C7, C8.
Codo	Flexión	C5, C6.
	Extensión	C7, C8.
Antebrazo	Pronación	C6, C7.
	Supinación	C5, C6, C7.
Muñeca	Extensión	C6, C7.
	Flexión	C6, C7, T1.
Mano	Extensión grosera de los dedos de la mano.	C6, C7, C8.
	Flexión grosera de los dedos de la mano.	C7, C8, T1.
	Movimiento digital fino	C8, T1.
Dorso	Extensión	C4 a L1.
Músculos torácicos para la respiración		T2 a T12.
Diafragma		T6 a L1.
Músculos abdominales		T6 a L1.
Cadera	Flexión	L2, L3, L4.
	Abducción	L4, L5, S1.
	Aducción	L2, L3, L4.
	Extensión	L4, L5, S1.
	Rotación	L4, L5, S1, S2.
Rodilla	Extensión	L2, L3, L4.
	Flexión	L4, L5, S1.
Tobillo		L4, L5, S1, S2.
Pie		L5, S1, S2.
Vejiga		S2, S3, S4.
Intestino	Recto y esfínter anal	S2, S3, S4.
Sistema reproductivo		
Erección	Medula Sacra	S2, S3, S4.
Eyaculación	Medula lumbar	L1, L2, L3.

**Tomado de KRUSEN, Medicina física y rehabilitación.**

Para comprender las complicaciones de la lesión medular y su pronóstico, la descripción de la afección se basa en el nivel funcional de la pérdida sensitivomotora más que en la localización anatómica de la lesión vertical.

Clasificación de la pérdida de la función neurológica: Según Frankel y Col. En el National Injuries Centre de Gran Bretaña, las categorías que se designan de A a E son:

A Completa: la lesión motora y sensitiva es completa, por debajo del nivel segmentario.

B Incompleta: sensación conservada, solamente implica que existe cierta sensación presente por debajo del nivel de lesión con parálisis motora completa.

C Incompleta: función motora conservada pero sin utilidad práctica para el paciente, presentándose inutilidad motora.

D Incompleta: función motora conservada por debajo del nivel lesional. Los individuos en este grupo pueden utilizar funcionalmente los miembros inferiores y muchos pueden caminar con auxiliares o sin ellos.

E Recuperación: Estos individuos están libres de síntomas neurológicos, sin debilidad, sin pérdida sensitiva, sin trastornos esfínterianos. Se pueden presentar reflejos anormales.

### **PERDIDA MOTORA**

El movimiento muscular se logra utilizando el mayor número de unidades motoras y al mismo tiempo reduciendo la actividad de las unidades motoras de los músculos que se oponen al movimiento. Cuando se requiere el esfuerzo máximo entran en acción todas las unidades motoras de un músculo. Los niveles de la función musculoesquelética están relacionados con la función que cumple cada segmento medular específico y cuando existe lesión los segmentos proximales y distales pueden presentar pérdida de la función en mayor o menor grado (ver tabla B).

Tabla B. Niveles críticos de la función medular.

NIVEL (Dermatoma implicado)	FUNCION
C4	Diafragma, extensores y flexores mediocervicales
C5	Fuerza parcial de todos los movimientos del hombro y de la flexión del codo
C6	Fuerza normal de todos los movimientos del hombro y de la flexión del codo: Extensión de la muñeca, que permite indirectamente la presión grosera con los dedos de la mano.

C7	Extensión del codo, flexión y extensión de los dedos de la mano
T1	Brazos y manos completamente normales
T6	Extensores del tronco superior, músculos intercostales superiores
T12	Todos los músculos del tórax, el abdomen y el dorso
L4	Flexión de cadera, extensión de rodilla
L5	Fuerza parcial de todos los movimientos de la cadera con flexión normal, fuerza parcial de flexión de rodilla, fuerza parcial de movimiento de tobillo y pie.

Tomado de KRUSEN, Medicina física y rehabilitación. Pag. 749-746

#### IMPORTANCIA FUNCIONAL DEL NIVEL DE LA LESIÓN MEDULAR

Cuanto más bajo sea el nivel de lesión medular, mayor será el grado de fuerza muscular disponible para la rehabilitación del paciente; dado que ciertos grupos musculares funcionales se activan en niveles particulares de la médula, es posible categorizar el rendimiento esperado de los pacientes lesionados en estos niveles y entre un nivel y otro, de la siguiente manera (ver figura E).

- Nivel C4: los pacientes cuadriplejicos con respecto del cuarto segmento cervical conservan un buen uso de los músculos esternocleidomastoideo, trapecio y parespinales superiores. No presentan función voluntaria en los brazos, el tronco o las extremidades inferiores. Los brazos completamente paralizados pueden apoyarse en ortosis equilibradas para antebrazos (apoyos móviles para brazos y alimentadores). El paciente utiliza entonces el idioma del cuerpo y cambia su posición cefálica para levantar y descender la mano. Para el manejo de la silla de ruedas, el método más práctico para reemplazar la función pérdida consiste en utilizar el control neumático de sorber y soplar. Para aquellas personas con suficiente fuerza ventilatoria como para manejar el control neumático se están desarrollando interruptores de presión y de humedad linguales. Actualmente se usan mecanismos muy sofisticados accionados por la voz.
- Nivel C5: El paciente en este nivel puede utilizar los músculos deltoides y bíceps para realizar las actividades de la vida diaria. La debilidad parcial continua de estos músculos puede requerir el uso de una ortosis equilibrada para antebrazos como apoyo del codo y el hombro, especialmente en las primeras etapas del programa de rehabilitación. Se puede utilizar una suspensión con cabrestillo por encima de la

cabeza como medida previa. Si no se requieren ortosis permanentes, el paciente necesita un sustituto para la musculatura no funcionante de la mano y la muñeca. Se puede esperar que los pacientes cuadriplejicos cuya lesión se encuentra por debajo de C5 se alimenten solos, realicen algunas actividades de higiene, ayuden a colocarse su ortosis, empujen sus sillas de ruedas por cortas distancias (con proyecciones especiales en los bordes de la silla de ruedas), para estos pacientes se recomienda el empleo de las sillas de ruedas conducidas eléctricamente. Los apoyabrazos removibles son componentes esenciales de todas las sillas de ruedas para el paciente con lesión medular.

- Nivel C6: En este nivel el individuo presenta una musculatura del hombro con inervación casi completa. Presenta flexión del codo y extensión radial de la muñeca, esto último permite el control graduado de la muñeca y la gravedad realiza los movimientos de flexión, se puede colocar un arnés para la extensión de la muñeca. Los pacientes con lesión por debajo de C6 pueden realizar todas las actividades que llevan a cabo los pacientes con lesiones de nivel superior y además son más diestros para vestirse. Pueden empujar sus sillas de ruedas por largas distancias y habitualmente se trasladan de la cama a la silla utilizando el trapecio o una barra especial para levantarse que permite la estabilización del codo por aducción del hombro. A partir de este nivel los individuos pueden conducir un automóvil con controles manuales y equipo adicional de adaptación.
- Nivel C7: Además de las funciones que permanecen en el nivel C6, se incluyen el uso de tríceps, flexores y extensores extrínsecos de los dedos. Estos pacientes son capaces de pasar a la posición de sentado y por lo tanto pueden trasladarse de la cama a la silla. Pueden asir y soltar y suelen operar sus manos sin férulas. Este paciente tiene un nivel de independencia que le permite utilizar una silla de ruedas convencional.
- Nivel T1: Este individuo tiene extremidades superiores normales con una cadena de estabilización firme para el tórax, pero carece de la musculatura troncal para un equilibrio completo en posición de sentado y de la musculatura intercostal y abdominal para complementar la respiración diafragmática. No obstante estos individuos deben ser completamente independientes en una silla de ruedas, ya que pueden vestirse, alimentarse, manejar las necesidades higiénicas, lograr los traslados, conducir un automóvil con controles manuales y realizar un trabajo fuera del hogar que requiera autotransporte al igual que el cuadriplejico de nivel bajo.
- Nivel T6: El parapléjico en este nivel tiene función intercostal superior y control dorsal alto y por lo tanto presenta mayor incremento de la reserva respiratoria, posee independencia en la silla de ruedas para las actividades de la vida diaria. Se le

pueden proporcionar ortosis para la postura de pie pero no se puede esperar que camine debido a las demandas energéticas extraordinariamente aumentadas de esta deambulaci3n.

- Nivel T12: En este nivel el individuo tiene control dorsal pr3cticamente completo. As3 como una reserva respiratoria intacta. Presenta extremidades superiores normales, con una cadena de fijadores fuertes en el tronco para proporcionar una funci3n pr3cticamente ilimitada de las extremidades superiores en posici3n s3dente. Existe una independencia completa en las actividades diarias. La deambulaci3n funcional sigue siendo un problema, ya que las demandas energ3ticas la hacen muy poco pr3ctica en la mayor3a de los casos.
- Nivel L4: Esta persona usa los flexores de la cadera y los extensores de la rodilla y puede permanecer de pie sin ortosis y caminar sin soporte externo. Sin embargo, debido a la debilidad grave de los gl3teos y a la p3rdida de la fuerza del tobillo, se presenta una marcha oscilante laboriosa. La deambulaci3n se logra con la ayuda del uso de muletas y de ortosis en los tobillo y en los pies. Esta persona es casi independiente; tiene cierta dificultad para subir escaleras y realizar aquellas actividades que requieren cambios repetitivos de la posici3n s3dente a la posici3n de pie.

Existen otros s3ndromes que causan discapacidad y se presentan por lesiones del sistema extrapiramidal, como: el Parkinsonismo y la Hipercinesis.

### **ENFERMEDADES DISCAPACITANTES**

Toda enfermedad que causa debilidad, o da3o f3sico en el paciente reduciendo o eliminando su capacidad de locomoci3n genera discapacidad de tipo temporal o permanente lo cual depende de si esta afecta o no neurol3gicamente al paciente.

### **ENFERMEDADES QUE NO AFECTAN NEUROLOGICAMENTE AL SER HUMANO.**

Las enfermedades que crean discapacidad y no afectan neurol3gicamente al ser humano son innumerables, entre ellas est3n las enfermedades cardiacas, las enfermedades respiratorias cr3nicas y algunas con efectos m3s graves como las enfermedades de tipo 3seo, entre las cuales est3n la artritis y la osteoporosis, que se explican a continuaci3n.

### **ARTRITIS**

Es una afección de las articulaciones que consiste en la inflamación de las articulaciones, manifestando, enrojecimiento, destrucción articular progresiva, produciendo inestabilidad, deformidad, inmovilización de la extremidad afectada, dolor moderado o intenso en o alrededor de la articulación, derrame de líquido sinovial, espasmo muscular, disminución del arco de movilidad, fiebre, tumefacción de los tejidos blandos de la articulación, ensanchamiento o estrechamiento del espacio articular donde se aloja el cartílago, erosiones óseas, rigidez matinal o permanente, inflamación de los tendones y de los ligamentos de los huesos, subluxaciones, quistes, desmineralización, deformidad. Además disminuye los reflejos musculares normales que modulan el movimiento y causa pérdida, disminución o aumento de la sensibilidad.

Debido a todos estos síntomas los pacientes desarrollan también debilidad de los músculos cercanos a la articulación, lo que produce fatiga crónica que causa incapacidad, llegando incluso a requerir cirugía de sustitución articular. La artritis puede afectar a cualquier articulación del cuerpo humano.

#### OSTEOPOROSIS

La osteoporosis es una enfermedad caracterizada por una reducción del tejido óseo lo que aumenta la susceptibilidad a la fractura. El riesgo de la fractura se eleva a medida que cae la densidad ósea. El hueso afectado aun después del restablecimiento del movimiento nunca se recupera de forma completa. La inmovilización completa de todo el cuerpo o de una extremidad puede producir osteoporosis. La inmovilización puede presentarse en pacientes con: fracturas, poliomielitis, parapléjicos, cuadriplejicos, hemipléjicos.

#### **ENFERMEDADES QUE AFECTAN NEUROLOGICAMENTE AL SER HUMANO**

Como ya se había mencionado existen enfermedades que afectan neurológicamente al ser humano produciendo en este discapacidad, entre estas enfermedades se encuentran las que son originadas por virus que afectan tanto el sistema nervioso central como el periférico.

#### **ENFERMEDADES OCASIONADAS POR VIRUS.**

Dentro de las enfermedades ocasionadas por virus se destacan las siguientes: la Poliomielitis, la Meningitis, la Encefalitis y el síndrome de Guillain – Barré. Estas enfermedades pueden originar: confusión mental, retardo mental, secuelas neuromusculares severas (parálisis flácida, hemiplejía aguda, ataxia cerebelosa) que pueden progresar hasta el coma y ocasionar la muerte.

#### POLIOMIELITIS.

La Poliomielitis es la enfermedad que se presenta con mayor frecuencia. Es una enfermedad transmisible aguda causada por el virus polio que afecta principalmente a las mujeres embarazadas y a los niños. Causa ocasionalmente compromiso del sistema nervioso, y en ocasiones parálisis de uno o varios grupos musculares en forma permanente. La multiplicación del virus produce lesión neuronal. La lesión puede ser reversible y puede producirse una restauración funcional. Según sus consecuencias la Poliomielitis se puede dividir en: No paralítica y paralítica.

### **AMPUTACIONES**

**LA AMPUTACIÓN CONSISTE EN CORTAR O SEPARAR ENTERAMENTE DEL CUERPO UN MIEMBRO O PORCIÓN DE ÉL. LAS AMPUTACIONES DE LOS MIEMBROS INFERIORES OBLIGAN A LA PERSONA A UTILIZAR SILLA DE RUEDAS, CUANDO NO ES POSIBLE EL USO DE UNA PRÓTESIS.**

### **ULCERAS ISQUEMICAS**

En personas que permanecen largos periodos de tiempo en posición sédente o confinados a una cama se presentan úlceras isquémicas y escaras en la piel, las cuales pueden agravar la situación medica del discapacitado. Las úlceras isquémicas son áreas localizadas que sufren una exposición prolongada a presiones elevadas que cortan la circulación local, impidiendo el flujo de oxígeno y la nutrición esenciales para el mantenimiento del metabolismo (anemia prolongada) lo que produce la muerte de las células en las áreas de presión sobre los vasos sanguíneos. Las zonas del cuerpo más propensas son las áreas que cubren las prominencias óseas (tuberosidades isquiaticas en posición sedente y salientes de la espalda para la posición supina) sólo con una capa delgada de tejido subcutáneo o músculo y que sostienen peso.

La localización de las úlceras isquémicas depende de la inactividad, ya que según esta se exponen ciertos puntos de la piel a una presión supracapilar sin alivio durante períodos prolongados.

Los pacientes que están debilitados, inconscientes, que presentan zonas de analgesia o que sufren parálisis de modo que no pueden moverse con libertad y frecuencia, tienen muchas mas probabilidades de desarrollar úlceras isquémicas.

Las úlceras isquémicas que generalmente se desarrollan en pacientes confinados a la cama son úlceras sobre el sacro, los trocánteres, la cara posterior de los talones, el dorso de la cabeza, los maléolos, las crestas de la pelvis, los bordes de la escapula, la columna lumbar y las áreas de contacto prolongado cuando una pierna se apoya en la parte superior de la otra.

Para las personas que se sientan durante mucho tiempo sin moverse, como es el caso de los pacientes confinados a una silla de ruedas, las zonas de mayor riesgo de formación de úlceras son las áreas isquiáticas y el sacro.

#### CAUSAS DE LAS ULCERAS

1. Presión: Las úlceras isquémicas aparecen por falta de aporte sanguíneo prolongado en algunos tejidos (isquemia tisular), causado por una presión capilar en los tejidos. Las presiones hidrostáticas en los capilares son relativamente bajas, estando en el orden de 13 a 32 mm Hg. Al parecer debería producirse una isquemia tisular completa cuando se aplican al organismo presiones del orden de la presión sanguínea capilar, sin embargo se ha demostrado que el caudal sanguíneo del área de compresión se mantiene a presiones considerablemente superiores a la presión sanguínea capilar.

Patterson y Fischer descubrieron que los parapléjicos durante su periodo habitual (12 horas) en posición de sentados, estaban expuestos a presiones de aproximadamente 100 mm Hg. También observaron que si por cada 30 minutos se realizaba un alivio de la presión de 1 segundo, no se desarrollaban úlceras por decúbito. La presión ejercida sobre una zona del cuerpo puede tener un efecto protector significativo si se halla dentro de los límites de la presión capilar durante la congestión sanguínea reactiva (hiperemia reactiva).

Se sabe que la presión que produce necrosis por isquemia, se encuentra muy por debajo de las presiones externas necesarias para provocar daño celular por aplastamiento. Además los aspectos acumulativos de incidentes repetidos de presión, hacen que la zona afectada se vuelva cada vez más susceptible a la necrosis.

En vista de la incertidumbre con respecto al nivel de presión con el que comienza el daño celular y dada la elevada incidencia de úlceras isquémicas que ocurren en los pacientes en riesgo, el mejor consejo sigue siendo establecer un régimen en el cual exista un alivio completo de la presión alrededor de 5 segundos cada 15 minutos.

2. Fricción y cizallamiento: El cizallamiento y el estiramiento de los vasos sanguíneos tiende a complicar los cambios isquémicos producidos por la presión externa, con lo que aumenta el índice de ruptura tisular.

Bennett y Col compararon el flujo sanguíneo pulsátil a través de la piel con la presión compresiva y la fuerza de cizallamiento de los adultos normales. Este estudio se realizó en personas normales, ancianos y sujetos parapléjicos, mientras estaban sentados en una silla de ruedas especial con un asiento duro de plástico. Los resultados mostraron que todos los sujetos presentaron la misma gama de presiones al sentarse, pero las fuerzas de cizallamiento promedio en parapléjicos y ancianos fueron aproximadamente tres veces mayores que las fuerzas en personas normales, y los índices de flujo

sanguíneo pulsátil a través de la piel fueron inferiores a un tercio de los valores obtenidos en personas normales.

Por otra parte, Bader y Col calcularon que las fuerzas de cizallamiento sobre la piel de la nalga del paciente en posición semireclinada en la cama en un ángulo de 30° con las rodillas extendidas ejercía un efecto adecuado para disminuir el flujo sanguíneo en un 50%.

3. Temperatura: La temperatura elevada aumenta el metabolismo celular y por lo tanto incrementa el riesgo de necrosis isquémica. La tasa metabólica aumenta en un 10% por cada grado centígrado de aumento en la temperatura corporal. Cualquier incremento en la temperatura asociado con isquemia tisular puede comprometer aún más el metabolismo y la supervivencia de las células isquémicas. **Esto se relaciona particularmente con la composición y la conformación de los almohadones de asientos y las superficies de los colchones, que pueden retener calor y humedad. Estudios de diferencias térmicas de la piel en pacientes parapléjicos que estaban sentados sobre cinco tipos diferentes de almohadones mostraron una gran variación del aislamiento térmico de estos almohadones de hasta 10 °C debajo de las tuberidades isquémicas del muslo.**

4. Envejecimiento: Después de la tercera década de la vida de las personas, se ha observado una disminución progresiva de la flexibilidad y de la elasticidad de la piel, y después de la quinta década ocurre una rápida reducción del flujo sanguíneo cutáneo. Por lo que se cree que las úlceras isquémicas aparecen en personas de avanzada edad, por falta de movilidad, mala nutrición, problemas médicos que afectan el metabolismo y en los pacientes jóvenes por estar sometidos a períodos prolongados de confinamiento a una silla o una cama.

## ANEXO B. ESTADISTICAS DEL DANE

Colombia - Censo 1993. Resumen nacional

Cuadro 7  
Población total censada en hogares particulares<sup>1</sup>, por tipo de discapacidad,  
según sexo y grupos de edad. Total nacional

Sexo y grupos de edad	Total	Población con alguna discapacidad	Tipo de discapacidad <sup>2</sup>						
			Ceguera	Sordera	Mudez	Retraso o deficiencia mental	Parálisis o ausencia de Miembros superiores	Miembros inferiores	Ninguna de las anteriores
<b>TOTAL NACIONAL</b>	32.132.721	593.546	234.916	169.528	41.368	113.270	60.727	62.004	31.539.175
0-14 años	11.054.523	77.425	24.766	13.939	9.520	25.061	6.957	6.911	10.977.098
15-44	15.611.264	187.866	52.112	35.809	20.514	60.334	20.943	20.849	15.423.398
45-64	4.022.118	152.446	73.629	42.731	6.929	16.711	15.901	15.038	3.869.672
65 y más	1.444.816	175.809	84.409	77.049	4.405	11.164	16.926	19.206	1.269.007
<b>Hombres</b>	15.741.037	307.042	109.632	89.695	21.757	60.978	35.525	33.995	15.433.995
0-14 años	5.619.307	42.089	12.316	7.638	5.363	14.302	3.929	3.853	5.577.218
15-44	7.477.427	102.865	25.535	19.186	10.875	33.466	13.500	12.624	7.374.562
45-64	1.960.446	76.311	32.847	22.851	3.459	8.314	9.538	8.528	1.884.135
65 y más	683.857	85.777	38.934	40.020	2.060	4.896	8.558	8.990	598.080
<b>Mujeres</b>	16.391.684	286.504	125.284	79.833	19.611	52.292	25.202	28.009	16.105.180
0-14 años	5.435.216	35.336	12.450	6.301	4.157	10.759	3.028	3.058	5.399.880
15-44	8.133.837	85.001	26.577	16.623	9.639	26.868	7.443	8.225	8.048.836
45-64	2.061.672	76.135	40.782	19.880	3.470	8.397	6.363	6.510	1.985.537
65 y más	760.959	90.032	45.475	37.029	2.345	6.268	8.368	10.216	670.927

<sup>1</sup> Incluye sólo población censada con formulario No.1

<sup>2</sup> Las alternativas se son excluyentes

MATERIAL FUNCIONAMIENTO  
Propiedad: DANE NORORIENTAL

TOTAL NACIONAL POBLACION AJUSTADA 1993

CODIGO	Municipio	Población Ajustada 1993		
		Total	Cabecera	Resto
11 1	BOGOTA	5,484,244	5,469,105	15,139
8	ATLANTICO	1,837,466	1,712,322	125,144
13	BOLIVAR	1702188	1091778	610410
15	BOYACA	1315579	529911	785668
17	CALDAS	1030062	638172.674	391889.326
18	CAQUETA	367,898	158,952	208,946
19	CAUCA	1127678	391934	735744
20	CESAR	827219	499996	327223
27	CHOCO	406199	146062	260137
23	CORDOBA	1275623	585661	689962
41	HUILA	843798	488001	355797
44	LA GUAJIRA	433361	275631	157730
63	QUINDIO	495212	412581	82631
88	SAN ANDRES	61040	42949	18091
50	META	618427	385103	233324
52	NARIÑO	1442599	594578	848021
66	RISARALDA	844184	617766	226418
91	AMAZONAS	56399	20544	35855
81	ARAUCA	185882	94181	91701
85	CASANARE	211329	93470	117859
94	GUAINIA	28478	4425	24053
95	GUAVIARE	97602	23037	74565
86	PUTUMAYO	264291	76370	187921
97	VAUPES	24671	4885	19786
99	VICHADA	62073	9449	52624
47	MAGDALENA	1127691	655519	472172
54	NORTE SANTANDER	1162474	813581	348893
70	SUCRE	701105	463377	237728
73	TOLIMA	1286078	760962	525116
76	VALLE	3736090	3130376	605714
68	SANTANDER	1811741	1209793	601948
25	CUNDINAMARCA	1875337	1004510	870827
5	ANTIOQUIA	4919619	3439311	1480308
TOTAL		37.663.637	25.844.293	11.819.344

PROYECCIONES DE POBLACION

Municipio	2,000			2,001		
	Total	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto
BOGOTA	6,437,842	6,422,198	15,644	6,573,291	6,557,581	15,710
amazonas	70,489	26,912	43,577	72,445	27,848	44,597
antioquia	5,377,854	3,884,588	1,493,266	5,454,871	3,957,152	1,497,719
arauca	240,190	127,554	112,636	248,440	132,841	115,599
atlántico	2,127,567	1,988,647	138,920	2,174,929	2,033,795	141,134
bolivar	1,996,906	1,360,553	636,353	2,043,508	1,397,481	646,027
boyacá	1365110	595677	769433	1375222	606684	768538
caldas	1107627	703881	403746	1120692	714726	405966
caquetá	418998	195483	223515	427823	201309	226514
casanare	285416	132313	153103	293391	136942	156449
cauca	1255333	460199	795134	1277128	471659	805469
cesar	961535	600386	361149	979443	614384	365059
chocó	407255	158235	249020	408560	159667	248893
córdoba	1322852	646320	676532	1337610	657345	680265
cundinamarca	2142260	1214975	927285	2184664	1247813	936851
guainia	37162	6052	31110	38370	6292	32078
guaviare	117189	28990	88199	120361	29981	90380
huila	924968	562802	362166	939136	575473	363663
la_guajira	483106	324342	158764	491512	330429	161083
magdalena	1284135	799631	484504	1308494	819813	488681
meta	700506	452721	247785	714659	464254	250405
nariño	1632093	714481	917612	1661323	733400	927923
norte	1345697	992497	353200	1375374	1019477	355897
putu	332434	106926	225508	341513	110570	230943
quindío	562156	474264	87892	572565	483903	88662
r/da	944298	709444	234854	960585	724346	236239
san_andres	73465	52670	20795	75445	54232	21213
s/der	1964361	1367562	596799	1989666	1393188	596478
sucre	794631	540512	254119	809647	552949	256698
tolima	1296942	806614	490328	1300944	814280	486664
valle	4175515	3571798	603717	4246896	3643387	603509
vaupes	29942	6215	23727	30591	6391	24200
vichada	83467	13317	70150	86296	13863	72433
	42299301	30048759	12250542	43035394	30693455	12341939



**ANEXO D. CATALOGO DE ALUMINA**

**Especificaciones Técnicas**

**Características mecánicas**

Aleación AA	Temple	Resistencia a la tracción kg/mm <sup>2</sup>	Límite elástico al 0.2% kg/mm <sup>2</sup>	Alargamiento or % 50 mm
1060	F	5.50	3	40
1100	F	7.70	2.1	25
6063	F	12.00	5.0	18
	T-4	13.00	6.0	14
	T-5	15.50	11.0	8
	T-6	21.00	17.0	6
6261	T-6	26.00	25.0	8

\*Valores mínimos

Nota: Para convertir Kg/mm<sup>2</sup> a KSI, multiplicar por el factor: 1.42

**Propiedades físicas típicas**

Aleación	Temple	Módulo de elasticidad kg / mm <sup>2</sup>	Tensión de rotura al corte kg/mm <sup>2</sup>	Conductividad térmica W / c.k a 25 °C	Resistividad eléctrica Ωmm <sup>2</sup> / m 20 °C	Densidad g / c	Coficiente de dilatación (10 <sup>-6</sup> mm/°C)
1060	F	7.0	6.0	0.53	0.029	2.71	23.6
1100	F	7.0	6.0			2.71	23.6
6063	T-5	7.0	9.1	2.09	0.031	2.70	23.5
6261	T-4/5	7.0		1.85	0.037	2.71	23.0
6361	T-4/5	7.0	7.5	1.85	0.038	2.71	24.0

### Composición del aluminio y sus aleaciones para extrusión

Grupo	Aleación AA	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros	Al
Al	1060	0.25	0.35	0.05	0.03	0.03		0.05	0.03	0.03	resto
Al	1100	Si + Fe	0.95	0.05 0.20	0.05			0.10		0.05	resto
AlMgSi	6063	0.20 0.60	0.35	0.10	0.10	0.45 0.90	0.10	0.10	0.10	0.05	resto
AlMgSi	6261	0.40 0.70	0.40	0.15 0.40	0.20 0.35	0.70 1.00	0.10	0.20	0.10	0.05	resto
AlMgSi	6351	0.70 1.30	0.50	0.10	0.40 0.80	0.40 0.80		0.20	0.20	0.05	resto

### Equivalencias del aluminio y aleaciones

Designación ANSI	DIN	ALCAN	ASTM	AA	BS	ISO
1060	Al 99.5	1S	1060	1060	1B	Al 99.5
1100		D2S	1100	1100	4L-16/4L-17	Al 99.0 Cu
6063	AlMgSi 0.5	50S	6063	6063	6063	6063
6261	AlMgSi-Cu-Mn	D65S	6261	6261	6261	6261
6351	AlMgSi1.0Mn	B51S	6351	6351	6351	6351



## Tubos circulares / Circular pipes

REFERENCIA REFERENCE	DIMENSION A		DIMENSION B		PESO / WEIGHT		PERIMETRO PERIMETER	
	pulg.	mm.	pulg.	mm.	lb/pie	k/m	pulg.	mm.
TC - 001	1/4	6.35	0.042	1.07	0.032	0.050	0.79	19.94
TC - 002	5/16	7.94	0.040	1.01	0.040	0.059	0.98	24.90
TC - 003	5/16	7.94	0.049	1.24	0.048	0.071	0.98	24.90
TC - 004	3/8	9.50	0.040	1.01	0.050	0.073	1.18	29.92
TC - 005	3/8	9.53	0.049	1.24	0.059	0.087	1.18	29.94
TC - 006	3/8	9.53	0.065	1.65	0.074	0.111	1.18	29.94
TC - 007	0.394	10.00	0.049	1.25	0.062	0.093	1.24	31.40
TC - 008	1/2	12.70	0.042	1.07	0.071	0.106	1.57	39.90
TC - 009	1/2	12.70	0.059	1.22	0.080	0.119	1.57	39.90
TC - 012	5/8	15.88	0.051	1.27	0.108	0.158	1.96	49.88
TC - 013	3/4	19.05	0.049	1.24	0.126	0.188	2.36	59.85
TC - 014	3/4	19.05	0.052	1.30	0.134	0.196	2.36	59.85
TC - 015	3/4	19.05	0.065	1.65	0.164	0.244	2.36	59.85
TC - 016	3/4	19.05	0.094	2.39	0.228	0.339	2.36	59.85
TC - 017	7/8	22.22	0.048	1.22	0.147	0.218	2.75	69.80
TC - 018	7/8	22.22	0.058	1.57	0.175	0.276	2.75	69.80
TC - 019	7/8	22.22	0.072	1.82	0.214	0.316	2.75	69.80
TC - 020	7/8	22.22	0.094	2.39	0.271	0.402	2.75	69.80
TC - 021	1	25.40	0.052	1.32	0.182	0.270	3.14	79.80
TC - 022	1	25.40	0.058	1.47	0.202	0.300	3.14	79.80
TC - 023	1	25.40	0.065	1.65	0.225	0.334	3.14	79.80
TC - 026	1.181	30.00	0.077	1.96	0.314	0.467	3.71	94.24
TC - 027	1-1/4	31.75	0.052	1.32	0.230	0.342	3.93	99.75
TC - 028	1-1/4	31.75	0.083	2.11	0.358	0.532	3.93	99.75
TC - 029	1.340	34.00	0.090	2.28	0.416	0.616	4.21	106.81
TC - 030	1.354	34.00	0.062	1.53	0.296	0.441	4.25	108.07
TC - 031	1-1/2	38.10	0.059	1.50	0.314	0.467	4.71	119.70
TC - 032	1-1/2	38.10	0.109	2.77	0.560	0.833	4.71	119.70
TC - 036	2	50.80	0.154	3.91	1.050	1.560	6.28	159.60
TC - 037	2.224	56.90	0.079	2.00	0.631	0.935	7.04	178.76
TC - 038	2.559	65.00	0.079	2.00	0.724	1.073	7.54	191.60
TC - 039	2.795	71.00	0.079	2.00	0.793	1.175	8.78	223.05
TC - 040	2.826	71.80	0.059	1.50	0.603	0.898	8.88	225.57

Nota: El TC-035 fué reemplazado por TR-001 (pag. 8-5)

 **ESPUMAS PLÁSTICAS S.A.**

Conserva su forma

**D-12 AMARILLO - POPULAR**

Cojines decorativos, acolchados que requieran poca capacidad de carga.

Color

Capacidad máxima de carga: **24 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-15 TAPIERA**

Descansa-brazos, cabeceras, cojines decorativos, acolchados para forros de colchones y sobrecamas, colchonetes que no excedan su capacidad de carga, bandedos en calbres tapas con tela para la industria del calzado y la cosetería.

Color

Capacidad máxima de carga: **36 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-15 ANTIFLAMA**

Especialmente diseñada para la industria automotriz, como aislante térmico.

Color

Capacidad máxima de carga: **30 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-18 AZUL - CALIMA**

Descansa-brazos, cabeceras, cojines decorativos, espaldares y colchonetes que no excedan su capacidad de carga.

Color

Capacidad máxima de carga: **45 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-18 ESPUMA DE MAR**

Usado en la industria del aseo, hogar, cocinas, baños, autos, etc. Tiene una capacidad de absorción hasta 200 veces su peso en agua. Especialmente diseñada para que el jabón rinda más y sea mucho más espumoso.

Color

Capacidad máxima de carga: **36 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-20 BLANCA - SUAVIFOAM**

Hombros, cojinetes, espaldares, cojines decorativos y esponjas para el aseo. Especial para bandedo en telas para la industria del calzado y textil.

Color

Capacidad máxima de carga: **50 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-23 VERDE - POLIFOAM**

Diseñada para la industria del mueble y del colchón, es óptima también en espaldares, asientos y esponjas para el aseo.

Color

Capacidad máxima de carga: **55 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-23 NEGRA VANDUX**

Diseñada para la industria cosetera. Es utilizada también en industrias que requieren espumas con gran resistencia a la oxidación (Belleza decoración).

Color

Capacidad máxima de carga: **46 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-26 ROSADO - SUPERESPUMA**

Diseñada para soportar pesos medianos, en la industria del colchón, es óptima también en espaldares y asientos gracias a su mayor resistencia a la tensión y desgarrar.

Color

Capacidad máxima de carga: **80 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-26 SUPERFLEX GRIS**

Óptima para espaldares, sillas y la industria del mueble en general. Especialmente en lo que se refiere al cuero.

Espuma blandoelástica, alta resiliencia que permite llegar a su punto original al finalizar la presión que se ejerce sobre ella. Alto confort.

Color

Capacidad máxima de carga: **80 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-26 AMARILLO ÓPTICO**

Para la línea de aseo básicamente. Espuma con gran poder de absorción, permite la fricción y es resistente al desgarrar.

Color

Capacidad máxima de carga: **80 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-26 ANTIBACTERIAL**

Especialmente para la industria del aseo y el colchón. Es utilizada también como aislamiento acústico.

Color

Capacidad máxima de carga: **80 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-30 MULTIFOAM**

Básicamente en industria del colchón, por su alta capacidad de carga y buen desempeño en cuanto a confort y diseño, también es óptima para la industria del mueble, del calzado y con algunas aplicaciones en la industria textil.

Color

Capacidad máxima de carga: **100 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-32 GRIS - ANTIOXIDANTE**

Especialmente diseñada para la industria cosetera y para la industria del calzado. Apta para el bandedo.

Color

Capacidad máxima de carga: **64 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-40 BLANCA - DURA**

Muebles en cuero de alta calidad. Es utilizada en la industria del calzado, en cojinería y colchones. Es dura de alta capacidad e carga y con gran poder de absorción de la humedad para evitar que el pie sude. Es blandoelástica de alta resiliencia, diseñada para soportar altas cargas.

Color

Capacidad máxima de carga: **120 Kilos/m<sup>2</sup>**

**D-140 AGLOMERADO**

Diseñado para la industria del colchón, bajo alfombras y la industria automotriz.

Es dura con alta capacidad de carga.

Color

Capacidad máxima de carga: **200 Kilos/m<sup>2</sup>**



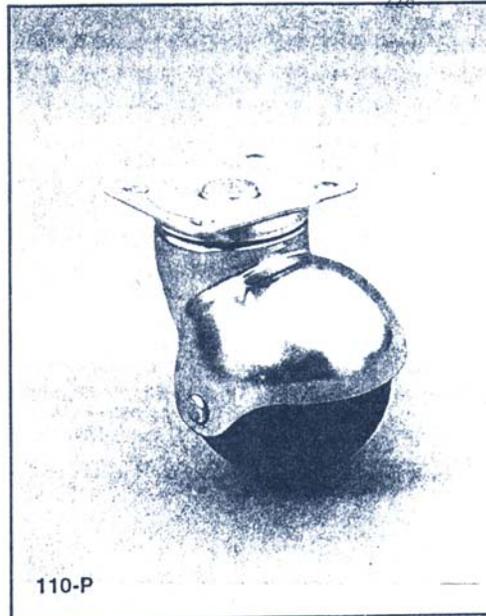
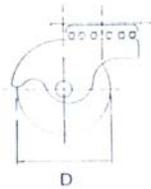
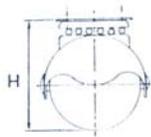
**ANEXO F. CATALOGO DE RODACHINES**



REFERENCIA  
**110-P**

**TRABAJO LIVIANO**

228



REF.	RUEDA		H	SUJECION PLATAFORMA	TIPO DE RUEDA	PESO EN GRS X UNID.	CAPACIDAD DE CARGA EN KGR X UNID.
	D	C					
110-P 1"	1"	13/16"	1 1/4"	3,5 X 3,0 cms.	POLIPROPILENO	40	12
110-P 1 1/4"	1 1/4"	1 1/8"	1 1/2"	4,0 X 3,5 cms.	POLIPROPILENO	60	15
110-P 1 5/8"	1 5/8"	1 1/2"	2 1/8"	4,0 X 5,0 cms.	POLIPROPILENO	160	30
110-P 1 3/4"	1 3/4"	1 3/4"	2 1/2"	4,0 X 5,0 cms.	POLIPROPILENO	170	35
110-P 2"	2"	2"	2 5/8"	4,0 X 5,0 cms.	POLIPROPILENO	210	35

**C A R A C T E R I S T I C A S**

- SUJECION : Plataforma giratoria rectangular. Doble balinera.
- SOPORTE : En lámina de Cold Rolled.
- RUEDA : En polipropileno, esférica.
- ACABADO : Cromado
- USOS : Sillas giratorias, muebles para el hogar y la oficina, mesas T.V., etc.

**ANEXO G. CATALOGOS DE BATERIAS**

**SERIE PLUS**

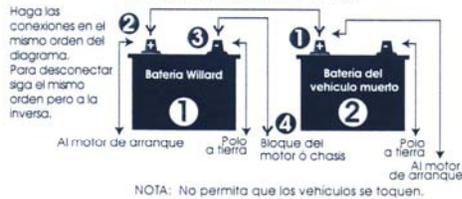
 <p><b>24BI - 500</b>                  Ref.Expor.: 47-500L                  Cap. Nom.: 45 A.H.                  C. Reserva: 66 minutos                  CA(-17.8)°C: 333 Amp.                  CA(0)°C: 490 Amp.                  LARGO: 242 mm                  ANCHO: 175 mm                  ALTO: 190 mm                  PESO: 13.6 kg.</p>	 <p><b>24BD - 500</b>                  Ref.Expor.: 47-500R</p>	 <p><b>27AI - 620</b>                  Ref.Expor.: 27-620                  Cap. Nom.: 60 A.H.                  C. Reserva: 90 minutos                  CA(-17.8)°C: 429 Amp.                  CA(0)°C: 620 Amp.                  LARGO: 305 mm                  ANCHO: 167 mm                  ALTO: 227 mm                  PESO: 18.8 kg.</p>
 <p><b>27BI - 620</b>                  Ref.Expor.: 24F-620                  Cap. Nom.: 60 A.H.                  C. Reserva: 90 minutos                  CA(-17.8)°C: 429 Amp.                  CA(0)°C: 620 Amp.                  LARGO: 272 mm                  ANCHO: 172 mm                  ALTO: 213 mm                  PESO: 17.4 kg.</p>	 <p><b>22NFIS - 440</b>                  Ref.Expor.: NS - 40                  Cap. Nom.: 40 A.H.                  C. Reserva: 59 minutos                  CA(-17.8)°C: 305 Amp.                  CA(0)°C: 433 Amp.                  LARGO: 210 mm                  ANCHO: 139 mm                  ALTO: 220 mm                  PESO: 11.65 kg.</p>	 <p><b>24AIS - 600</b>                  Ref.Expor.: 24 - 600                  Cap. Nom.: 58 A.H.                  C. Reserva: 90 minutos                  CA(-17.8)°C: 429 Amp.                  CA(0)°C: 609 Amp.                  LARGO: 258 mm                  ANCHO: 167 mm                  ALTO: 227 mm                  PESO: 17.35 kg.</p>
 <p><b>24BIS - 600</b>                  Ref.Expor.: 47-600L</p>	 <p><b>24BDS - 600</b>                  Ref.Expor.: 47-600R</p>	 <p><b>24BISE - 650</b>                  Ref.Expor.: 47E-650L                  Cap. Nom.: 60 A.H.                  C. Reserva: 90 minutos                  CA(-17.8)°C: 429 Amp.                  CA(0)°C: 620 Amp.                  LARGO: 242 mm                  ANCHO: 175 mm                  ALTO: 190 mm                  PESO: 15.25 kg.</p>
 <p><b>27AIS - 750</b>                  Ref.Expor.: 27-750                  Cap. Nom.: 72 A.H.                  C. Reserva: 114 minutos                  CA(-17.8)°C: 524 Amp.                  CA(0)°C: 740 Amp.                  LARGO: 305 mm                  ANCHO: 167 mm                  ALTO: 227 mm                  PESO: 20.70 kg.</p>	 <p><b>27BIS - 750</b>                  Ref.Expor.: 24FE-750L</p>	 <p><b>27BDSE - 750</b>                  REF.EXP.: 24FE-750R</p>

## INSTALACION CORRECTA DE BATERIAS WILLARD

1. Desconecte primero el borne negativo (-) de la batería y luego el borne positivo (+).
2. Remueva el marco que sostiene la batería evitando hacer contacto con los bornes.
3. Coloque su nueva batería Willard en la misma posición en que encontró la usada. Asegúrese de que la polaridad sea la correcta.
4. Coloque el marco de la batería nuevamente, asegurándose de no apretarlo demasiado.
5. Asegúrese de que tanto los terminales como los bornes estén libres de sedimentos.
6. Conecte primero el borne positivo (+), luego el negativo (-).

La batería usada contiene materia prima que de no manejarse adecuadamente afectan el medio ambiente. Por su seguridad devuelva su batería usada a cualquier punto de venta de Pelaez Hermanos S.A.

### COMO DAR CORRIENTE DE UN VEHICULO A OTRO CON LOS NEGATIVOS A TIERRA:

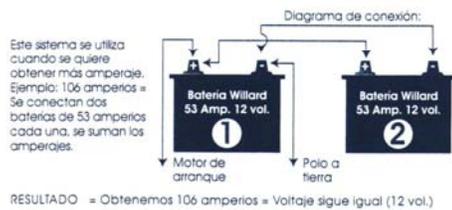


Conecte primero las pinzas del cargador a la batería en su orden positivo (+) luego negativo (-). Recuerde que para cargar la batería se deben retirar los tapones evitando así que escape esta, de igual forma colóquela en un lugar al aire libre evitando la inhalación de gases. El tiempo ideal para cargar la batería, cuando está totalmente descargada es de 10 horas mínimo a 5 ó 7 amperios hora. Nunca fume o encienda fuego mientras carga la batería.

## 231 COMO CONECTAR BATERIAS EN SERIE:

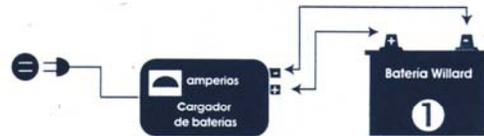


## COMO CONECTAR BATERIAS EN PARALELO:



## INSTRUCCIONES PARA CARGAR SU BATERIA WILLARD:

Cuando su batería sufra una descarga por no uso o por fugas de energía en el vehículo, a continuación encontrará la forma de reactivarla:



## RED NACIONAL DE SERVICIOS - PELAEZ HERMANOS

### ZONA BOGOTA E-Mail: pelaezh@impsat.net.co

PRINCIPAL	Cra. 32 No. 15-35	Tels: (91)3605856 - 3608769
		Fax: (91)3700863 - 2770431
CENTRO	Av. Caracas No. 20-29/43	Tels: (91)2431405 - 3425632
		2438110
USAQUEN	Av. 7a. No. 123-99	Tels: (91)2148510 - 2145827
SAN FERNANDO	Calle 68 No. 55-55	Tels: (91)2401732 - 2314766
PALOQUEMAO	Cra. 32 No. 15-09	Tels: (91)2470531 - 2474997
LOS HEROES	Av. 13 No. 74-33	Tels: (91)2557983 - 2171642
LOS ALCAZARES	Cra. 24 No. 72-51	Tels: (91)2505086 - 2408040
LA PRIMERA	AV. 1a. No. 18A-41	Tels: (091)2899620 - 3331015
EL SIETE	Cra. 27 No. 65-72	Tels: (91)2401647 - 2259615
GIRARDOT	Cra. 8 No. 22-04	Tels: (9183)33856 - 10393
LA DORADA	Cra. 11 No. 10A-36	Tels: (968)572745 - 572444
NEIVA	Cra. 5a No. 1A-50	Tels: (988)730857 - 730896
BUCARAMANGA	Cra. 15 No. 16-66	Tels: (0976)711894 - 711541
PEREIRA	Calle 24 No. 12-30	Tels: (963)337617 - 350184
ARMENIA	Cra. 19 No. 9-53	Tels: (967)459133 - 458522
MANIZALES	Calle 21 No. 14-53	Tels: (968)823148 - 835210
IBAGUE	Cra. 5a No. 25-89	Tels: (982)654390 - 650541
VILLAVICENCIO	Av. 40 No. 27-43	Tels: (9866)33161 - 33162

### ZONA MEDELLIN E-Mail: phermanos@epm.net.co

PRINCIPAL (MEDELLIN)	Cra. 51 No. 39-67	Tels: (94)2628600 - 2624800
POBLADO	Cra. 43A No. 25A-50	Tels: (094)2610230 - 2610365
CARTAGENA	Av. Pedro de Heredia No. 205-15	Tels: (95)662612 - 663467
MONTERIA	Av. 2A No. 38-32	Tels: (947)823649 - 824240
SINCELEJO	Av. Las Peñas Calle 25 No. 26-33	Tels: (952)801476 - 800751
BARRANQUILLA		
OLAYA HERRERA	Calle 57 No. 45-85	Tels: (95)3491655 - 3492070
EL PRADO	Cra. 57 No. 68-21	Tels: (95)3440450 - 3440463
SANTA MARTA	Calle 23 No. 4-50	Tels: (954)214243 - 210336
VALLEDUPAR	Cra. 7A No. 19A-95	Tels: (955)724109

### ZONA CALI E-Mail: pelaez@emcali.net.co

PRINCIPAL	Calle 17 No. 1N-68	Tels: (92)8846565 - 8842820
CALLE SA	Calle 5A No. 68-10	Tels: (92)3317430(Cali)
CARRERA 15	Carrera 15 No. 18-41	Tels: (92)8835150 (Cali)
BUENAVENTURA	Calle 6A No. 5A-27	Tels: (92)23997
CARTAGO	Calle 10 No. 10-64	Tels: (092)2115208 - 2115209
PASTO	Calle 18 No. 18-91	Tels: (927)213660 - 210476
POPAYAN	Cra. 9A No. 1N-07	Tels: (928)231512 - 236278
TULUA	Cra. 30 No. 23-55	Tels: (92)244287 - 244919

Distribuida y garantizada en todo el país por:

**Pelaez Hermanos S.A.**  
Comercializadora de Autopartes

Fabricado por: **Baterías Willard S.A.**  
Certificados ISO 9002/94 - QS 9000/98  
E-mail: willard@metrotel.net.co



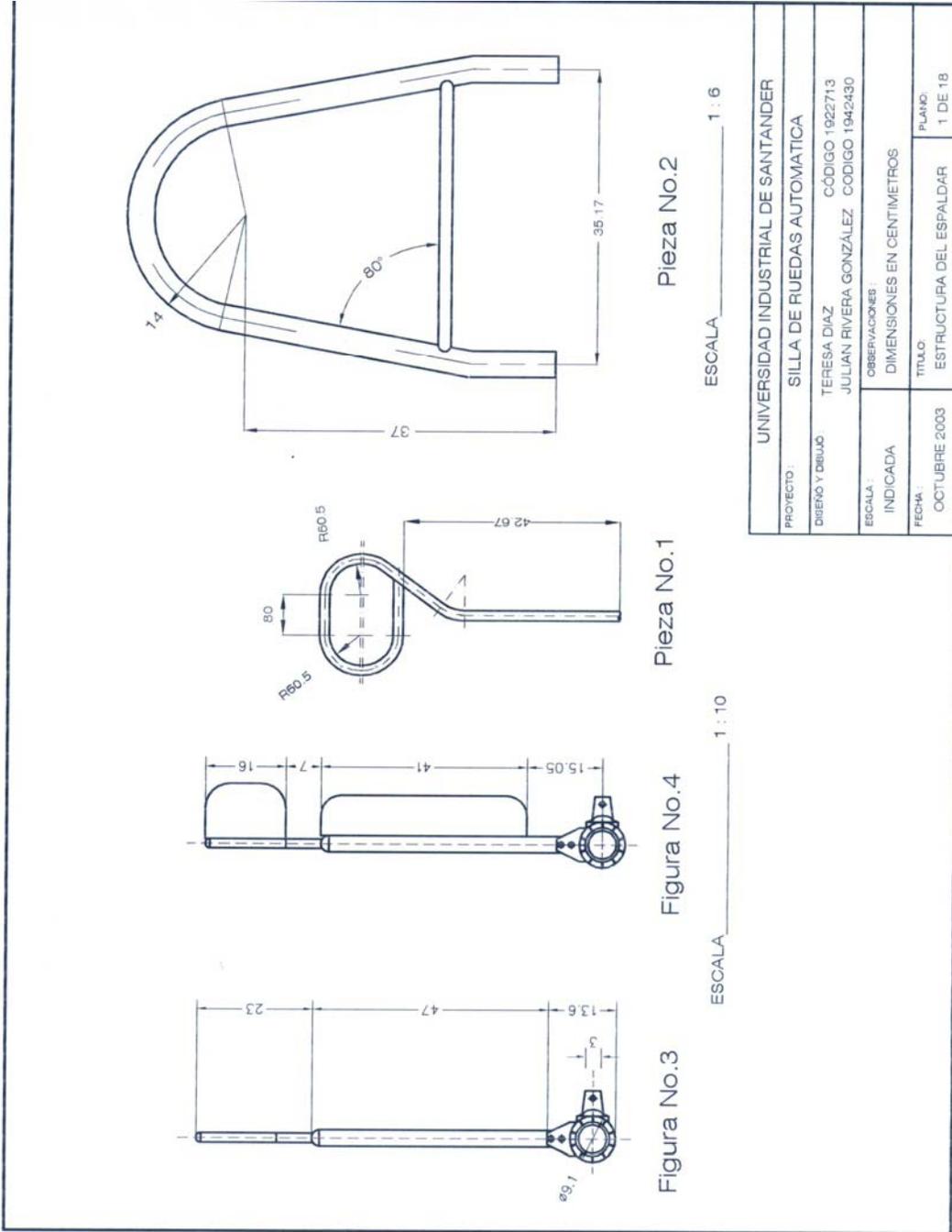
CERTIFICADO DE REGISTRO DE LA CALIDAD  
No. QS-0151 No. CO-204



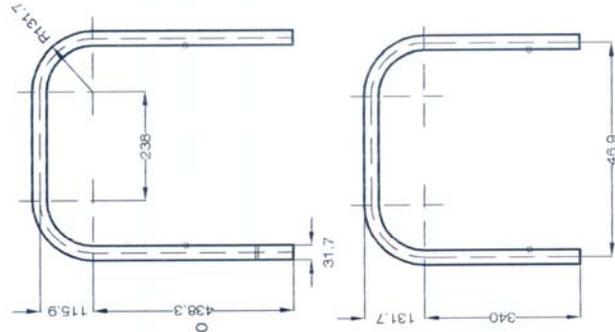
## APLICACIONES PARA BATERIAS COEKITO, MAGNA Y GENERICAS

N40	N 40(S) 450 N 40L (S) 450	Vehículos hasta 1300 c.c., sujeción superior. DAEWOO Tico, Matiz, Damas. TOYOTA Tercel, Daihatsu Aplauss, HONDA Civic, CHEVROLET Swift 1.0 Super Carry, SUBARU Vivio AUSTIN América, 1100, 1300, DATSUN 1200, Campero CHEVROLET Samurai, KIA Betsa, Pregio, ASIA MOTORS Towner, SUZUKI Fronte, Samurai, Vitara. En general aquellos vehículos pequeños, los cuales tienen consumos eléctricos mínimos. Vehículos hasta 1300 c.c., sujeción superior Servicio Particular, DAEWOO Tico, Matiz, Damas, TOYOTA Tercel, Daihatsu Aplauss, HONDA Civic, CHEVROLET Sw 1.0 Super Carry, SUBARU Vivio AUSTIN América, 1100, 1300, DATSUN 1200 Campero CHEVROLET Samurai, KIA Betsa, Pregio, ASIA MOTORS Towner, SUZUKI Fronte, Samurai, Vitara. En general aquellos vehículos pequeños, los cuales tienen consumos eléctricos mínimos.
36	36530 361530	Vehículos hasta 1300 c.c., con accesorios necesarios. Sujeción por base. FORD Fiesta, Fiesta, Granada, Orion, Ka, CITROEN Saxo SX, VTR, V15, SEAT Ibiza 1.6, Cordoba, AUSTIN Mini Cooper, A60, HYUNDAI Exre Stella, OLCIT IE, RENAULT Tavingo, TOYOTA Starlet, FIAT Uno Mille, 70S, 1300, SCR, Club, 147, Mirafiori, 128.
42	42530 421530	Vehículos hasta 1500 c.c., con accesorios necesarios (consumos mínimos). Zastava, Dodge 1500, Alt, Polara, Chevette, Fiat Uno Mille, 70S, SCR, Club, 147, Polsky, 125, 128, Renault 4, 6, 9, 12, 18, Mazda 323 (1.3-1.5), HS, H, NS, NX, Chevrolet Swift 1.0, 1.3, Alto.
	42670 421670	VEHICULOS TAXIS HASTA 1500 c.c., SERVICIO PUBLICO, CHEVY TAXI, Swift, Ford Fiesta, Hyundai Pony, TAXI HYUN PONY, KIA SEPHIA PUBLICO y Particular, Lada 2105, 2106, MAZDA 323 NT TAXI, Renault 1.4 PUBLICO y Particular, Chevrolet Chevette 1.3, 1.6 PUBLICO y Particular, MAZDA 323 (1.3-1.5), HS, NS, NX, NE, HE, SW, Special, HYUNDAI Accent, Elantra, FIAT Prémio, Prêmio, FORD Blander, Escort, RENAULT 4, 6, 9, 12, 18, 19, Fuego, Clio, GTA, Alliance, Encore, TOYOTA Corolla, Corolla, MITSUBISHI Lancer, Colt, Mirage, CHEVROLET Sprint, Swift 1.0, 1.3, Chevette, Corsa, Esteem 1.3, 1.6 NISSAN Sentra, AD Wagon, Sunny, EX Saloon, VOLKSWAGEN Escarabajo, Fox, Caballito, Manhattan, Rabbit, Corrado, SEAT Ibiza 2.0, Toledo, SKODA Felicia, Forman.
48	48650 481650	Vehículos con cilindrajes hasta 1800 c.c., sujeción por la base. Habitáculo reducido en altura y amplio ancho/alto, consumos mínimos. DAEWOO Cielo, Espero, Prince ACE, Racer, RENAULT Laguna, 21 Nevada, Etale, Penta, Chevrolet Monza.
	48820 481820	Vehículos con cilindrajes entre 1800 y 2500 c.c., sujeción por la base. Habitáculo reducido en altura y amplio ancho/alto, consumos mínimos. SERVICIO PUBLICO, DAEWOO SUPER TAXI, TAXI POLONEZ FSO 1.5, DAEWOO CIELO, Espero, Prince ACE, Racer, RENAULT Laguna, 21 Nevada, Etale, Penta, Megane, Scenic, Symbol, TOYOTA Corolla, FIAT Tempra Tipo, CHEVROLET Celebrity, Monza, NISSAN Bluebird, Vanette, Starza, MITSUBISHI Galant, Camperos, CHEVROLET Blazer, FORD Explorer, Dana, VOLKSWAGEN Golf, Golf.
24B	24B 580 24B 1580	Vehículos hasta 1600 c.c., sujeción superior. Autos MAZDA 121, Allegro 1.3, FORD Laser 1.3, TOYOT Cresida, Crown Royal, Supra, Camperos, Daihatsu Charade, Terios, TOYOTA Sprint, CHEVROLET Luv, Rodeo, MAZDA 1600, B 2000. En general aquellos vehículos pequeños, los cuales tienen consumos eléctricos mínimos, con habitáculo amplio en cuanto a altura.
24B	24B 700 24B 1700	Vehículos, Camperos, Camionetas con cilindrajes menores de 2500 c.c., sujeción superior. Simca Camperos Willys, Trup, Nissan Patrol, HYUNDAI Sonata, CHRYSLER Lebaron, Sebring, Citrus, Laser, Imperial, Daytona, Conquest, HONDA Prelude, Legend, CHEVROLET Camaro, Malibu, Beretta, Montecarlo, Laguna, Corvette, NISSAN Almera, Alterra, Maxima, CHEVROLET Luv, Impala, Trooper, Daihatsu Terios, Rocky, MITSUBISHI Montero STD, Pajero, L200, Canter, Nissan RENEGADO CJ6, CJ7, NISSAN D-21, TOYOTA Prado, Hilux, Runner, MAZDA B2600, ISUZU Rodeo, Tropper.
24F	24F 550 24F 1550	Vehículos con espacio amplio, sujeción superior, accesorios necesarios (consumos mínimos). Camperos Willys 4 Cil., Toyota, Nissan Patrol, Aro Carpati, Kiamaster, Land Rover Santana, Comando.
27	27 700	Vehículos con espacio amplio, sujeción superior, accesorios necesarios (consumos mínimos). Vehículos americanos DODGE 6 Cilindros, Coronet, Aspen, Dynasty, D-100, PLYMOUTH, MERCURY, GMC CHEVROLET C-10, C-30, FORD 150, DODGE 100-300, Camperos GAZ, UAZ.
27	27 1000	Vehículos americanos. DODGE Dart 6 y 8 cilindros, Coronet, Aspen, Dynasty, D-100, PLYMOUTH, MERCURY, GMC. Vehículos semipesados, conexiones serie-paralelo con accesorios eléctricos necesarios (consumos mínimos). Camperos CHEVROLET S10, Silverado, Cheyenne, C-10, FORD Lariat, F-150, Bronco, Ranger, LAND ROVER Range Rover, CHRYSLER Ram, D-50, SSANG YONG Musso, DODGE Ram 1500, Dakota, Ram A/T 4000.
30H	30H 1100	Buses, Busetas, Camiones, Tractocamiones modelos posteriores al 90. Daihatsu Delta, HYUNDAI H-100, CHEVROLET E 60, C-10, C-30, SuperBrigadier, Kodiak Nkr, Npr, DODGE 300, 600, 900, HINO IVECO, ISUZU EVR, Volquetas FORD, DYN, 600, 800, 900 INTERNACIONAL.
4 DLT	4 DLT 1000	Tractores, Maquinaria Agrícola, Retroexcavadoras, Plantas eléctricas o gasolina, Camiones Europeos con habitáculo bajo.
4D	4D 1300	Motores Diesel, Automotrices, Camiones, Doble-Troques, Tracto-Camiones, Buses Mack, Kenwort, Pegaso, Bus LT500.
8D	8D 1800	Motores Marinos (Gasolina - Diesel), Maquinaria Pesada, Retroexcavadoras, Bulldozer, Buses Climatizados, Camiones y Tracto-camiones.

ANEXO H. PLANOS TECNICOS



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
PROYECTO:	SILLA DE RUEDAS AUTOMÁTICA
DISEÑO Y DIBUJO:	TERESA DÍAZ CÓDIGO 1922713 JULIAN RIVERA GONZÁLEZ CÓDIGO 1942430
ESCALA:	OBSERVACIONES: DIMENSIONES EN CENTÍMETROS
INDICADA:	
FECHA:	TÍTULO: ESTRUCTURA DEL ESPALDAR
OCTUBRE 2003	PLANO: 1 DE 18



Pieza No.3  
ESCALA 1 : 10

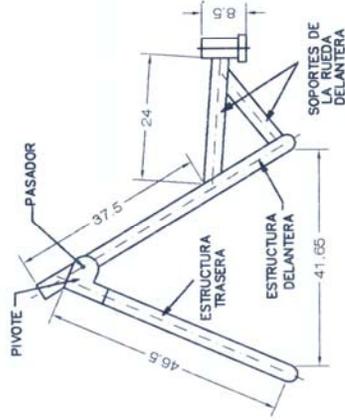
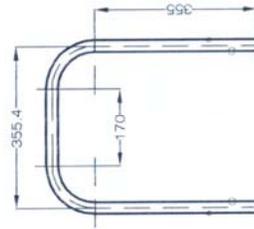


Figura No.5  
ESCALA 1 : 10



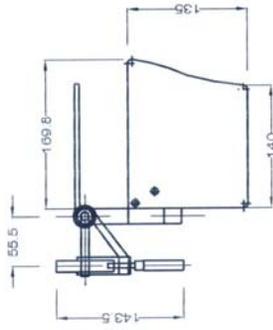
Pieza No.5  
ESCALA 1 : 10

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
PROYECTO:	SILLA DE RUEDAS AUTOMÁTICA
DISEÑO Y DIBUJO:	TERESA DÍAZ CÓDIGO 1922713 JULIAN RIVERA GONZÁLEZ CÓDIGO 1942430
ESCALA:	OBSERVACIONES: DIMENSIONES EN CENTÍMETROS
INDICADA	
FECHA:	TÍTULO: ESTRUCTURA DEL ASIENTO
OCTUBRE 2003	PLANO: 2 DE 18

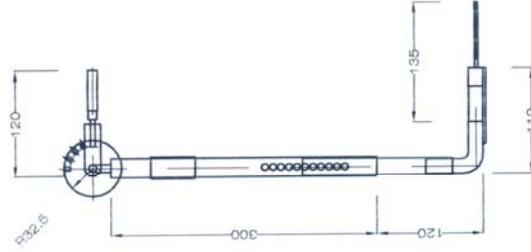


Figura No.7

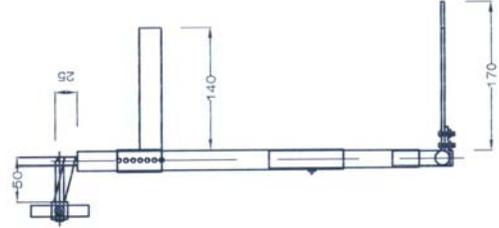
ESCALA 2 : 3



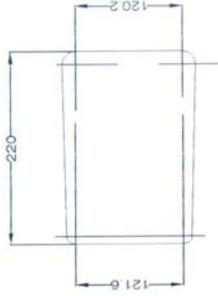
VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



Pieza No.14

ESCALA 2 : 3

PROYECTO :	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
DISEÑO Y DIBUJO :	SILLA DE RUEDAS AUTOMÁTICA		
ESCALA :	TERESA DÍAZ	CÓDIGO 1922713	
INDICADA :	JULIAN RIVERA GONZÁLEZ	CODIGO 1942430	
FECHA :	OCTUBRE 2003		
TÍTULO :	ESTRUCTURA DE APOYAPIES		PLANO:
			4 DE 18

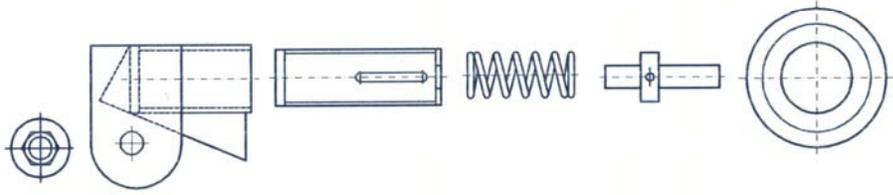


Figura No.9  
ESCALA 1:3

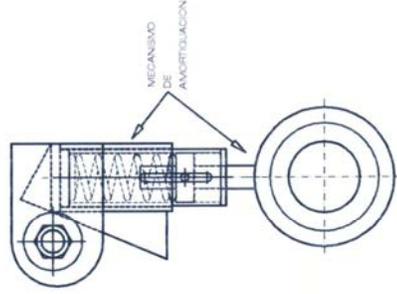
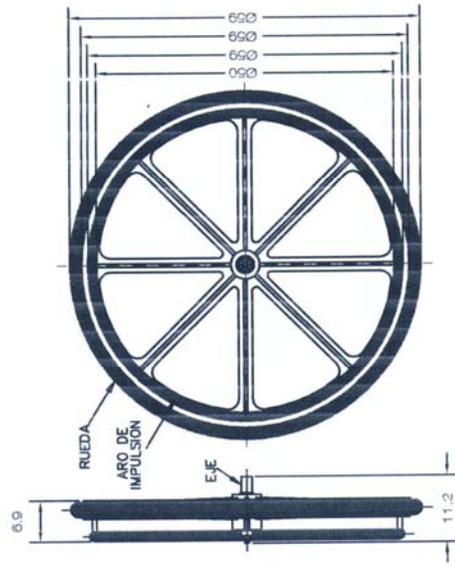


Figura No.8  
ESCALA 1:3

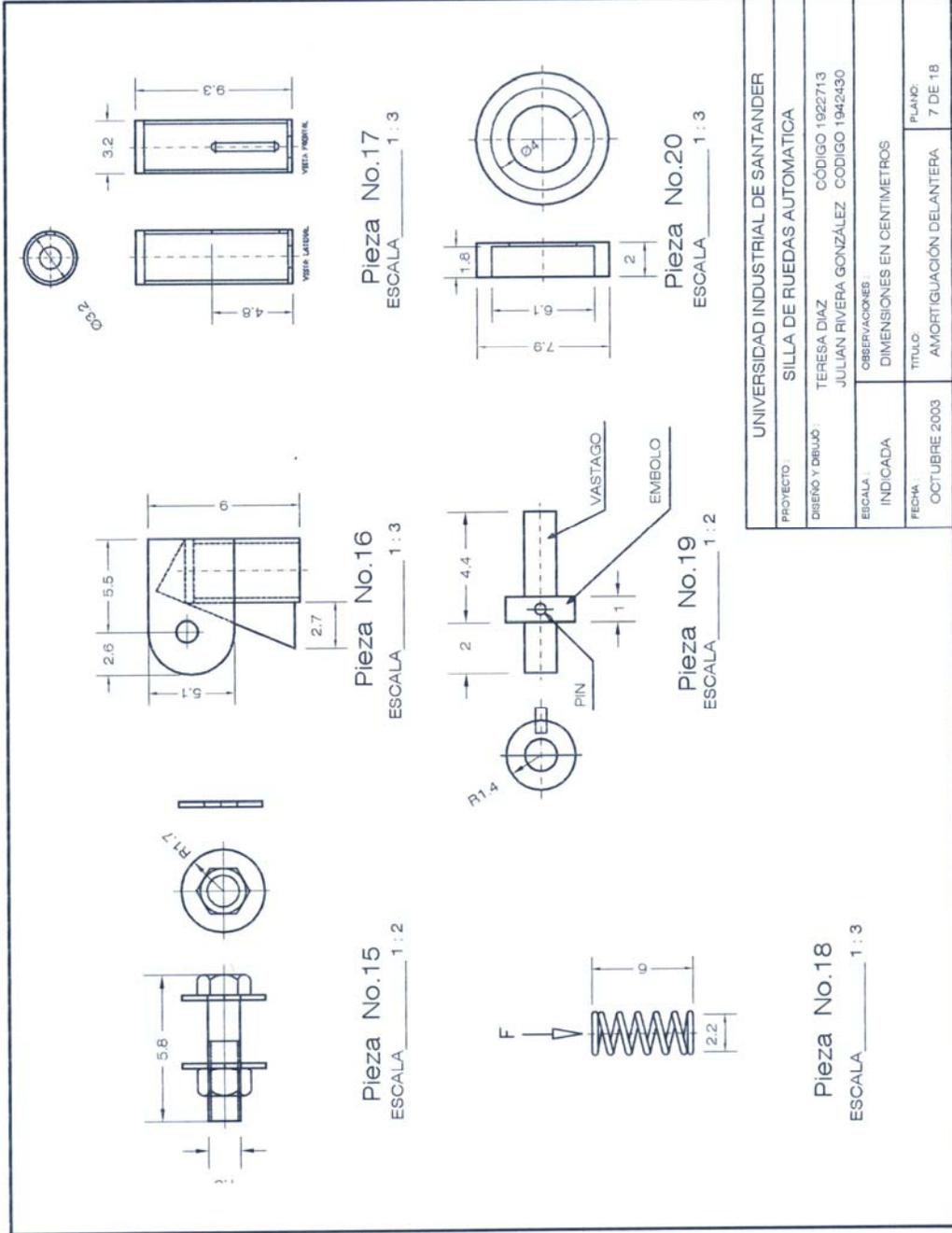
PROYECTO:	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
DISEÑO Y DIBUJO:	SILLA DE RUEDAS AUTOMÁTICA		
	TERESA DIAZ	CÓDIGO 1922713	
	JULIAN RIVERA GONZÁLEZ	CODIGO 1942430	
ESCALA:	OBSERVACIONES:		
INDICADA	DIMENSIONES EN CENTIMETROS		
FECHA:	TÍTULO	PLANO:	
OCTUBRE 2003	SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN	5 DE 18	



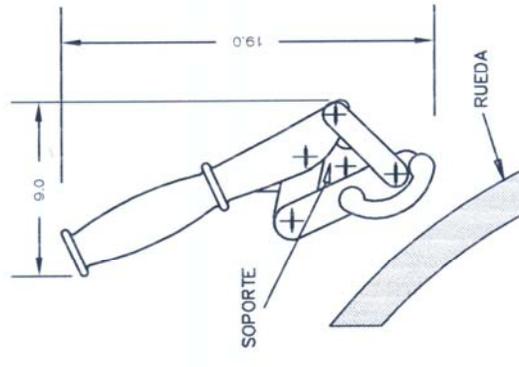
ESCALA 1 : 10

Figura No.10

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
PROYECTO:	SILLA DE RUEDAS AUTOMATICA
DISENO Y DIBUJO:	TERESA DIAZ JULIAN RIVERA GONZÁLEZ. CODIGO 1942430
ESCALA:	OBSERVACIONES
INDICADA	DIMENSIONES EN CENTIMETROS
FECHA:	TITULO:
OCTUBRE 2003	RUEDA TRASERA
	PLANO:
	6 DE 18



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
PROYECTO:	SILLA DE RUEDAS AUTOMATICA
DISEÑO Y DIBUJO:	TERESA DIAZ JULIAN RIVERA GONZALEZ CODIGO 1942430
ESCALA:	OBSERVACIONES
INDICADA	DIMENSIONES EN CENTIMETROS
FECHA:	TITULO:
OCTUBRE 2003	AMORTIGUACION DELANTERA
	PLANO:
	7 DE 18



ESCALA 8 : 3  
 Figura No.11

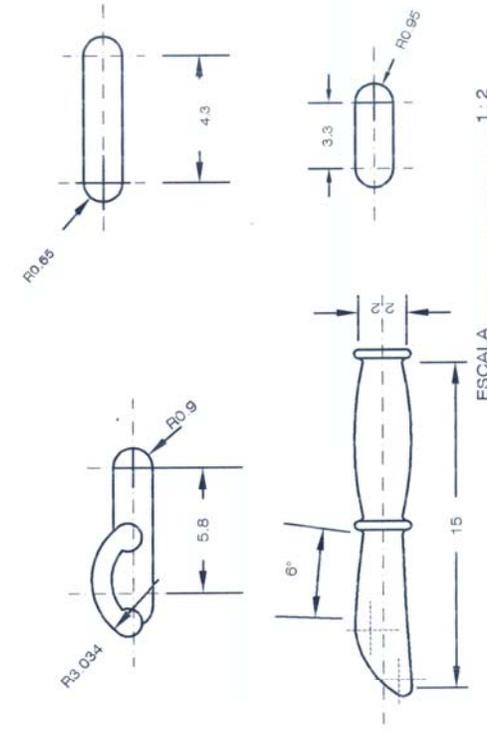


Figura No.11

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
PROYECTO :	SILLA DE RUEDAS AUTOMÁTICA
DISEÑO Y DIBUJO :	TERESA DÍAZ CÓDIGO 1922713 JULIAN RIVERA GONZÁLEZ CÓDIGO 1942430
ESCALA :	OBSERVACIONES : DIMENSIONES EN CENTÍMETROS
FECHA :	TÍTULO : MECANISMO DE BLOQUEO
OCTUBRE 2003	PÁGINA : 8 DE 18

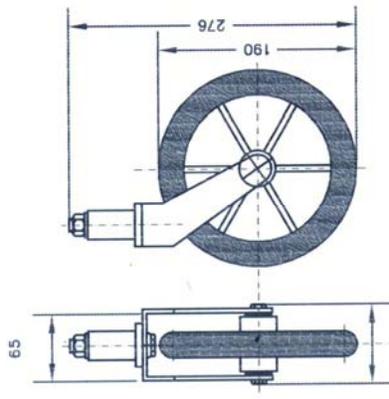
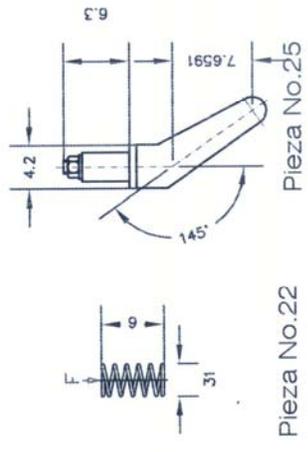


Figura No.12

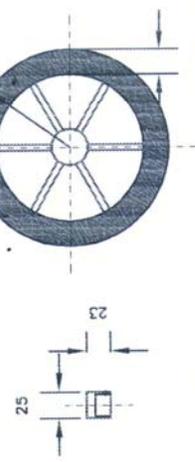
ESCALA 1 : 5



Pieza No.22

ESCALA 1 : 5

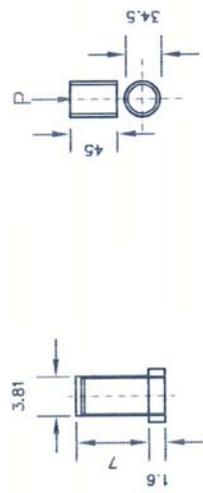
Pieza No.25



Pieza No.23

ESCALA 1 : 5

Pieza No.26

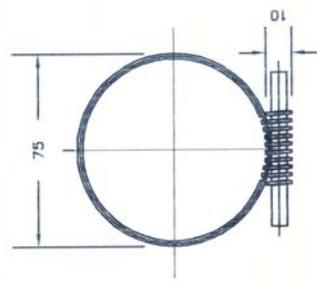
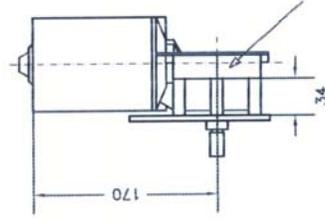
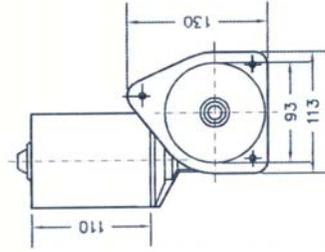
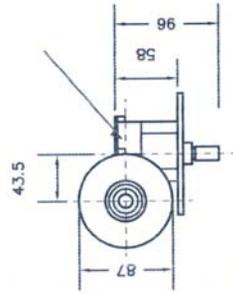


Pieza No.21

ESCALA 1 : 4

Pieza No.24

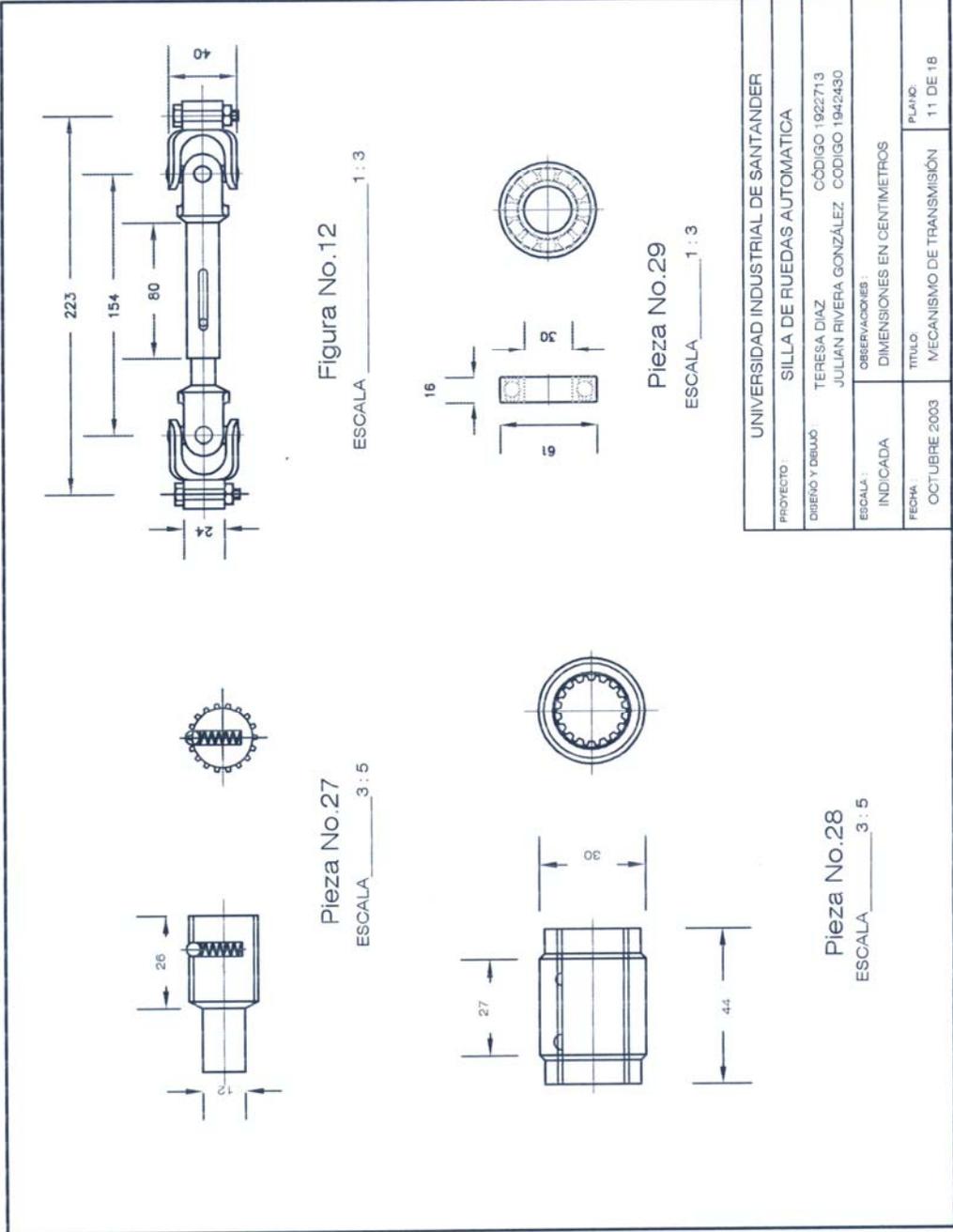
PROYECTO:	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
DISEÑO Y DIBUJO:	TERESA DIAZ	CÓDIGO 1922713	
	JULIAN RIVERA GONZÁLEZ	CÓDIGO 1942430	
ESCALA:	OBSERVACIONES: DIMENSIONES EN CENTIMETROS		
INDICADA	TÍTULO: RUEDA DELANTERA		
FECHA:	OCTUBRE 2003	PLANO:	9 DE 18



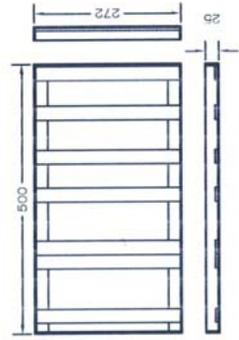
DETALLE

Figura No.13  
 ESCALA 1 : 2

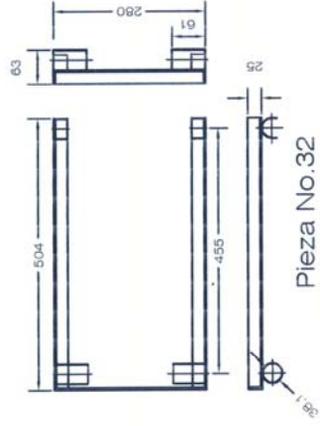
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
PROYECTO :	SILLA DE RUEDAS AUTOMÁTICA
DISEÑO Y DIBUJO :	TERESA DÍAZ CÓDIGO 1922713 JULIAN RIVERA GONZÁLEZ CÓDIGO 1942430
ESCALA :	OBSERVACIONES: DIMENSIONES EN CENTÍMETROS
FECHA :	TÍTULO
OCTUBRE 2003	MOTORES
	PÁGINA: 10 DE 18



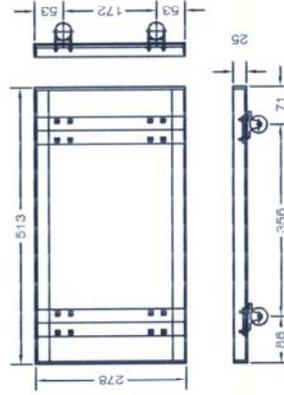
PROYECTO	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
DISEÑO Y DIBUJO	SILLA DE RUEDAS AUTOMÁTICA		
ESCALA :	TERESA DIAZ	CÓDIGO 1922713	
INDICADA	JULIAN RIVERA GONZÁLEZ	CODIGO 1942430	
FECHA :	OBSERVACIONES :		
OCTUBRE 2003	DIMENSIONES EN CENTIMETROS		
	TÍTULO:	PLANO:	
	MECANISMO DE TRANSMISIÓN	11 DE 18	



Pieza No.31  
ESCALA 1 : 10

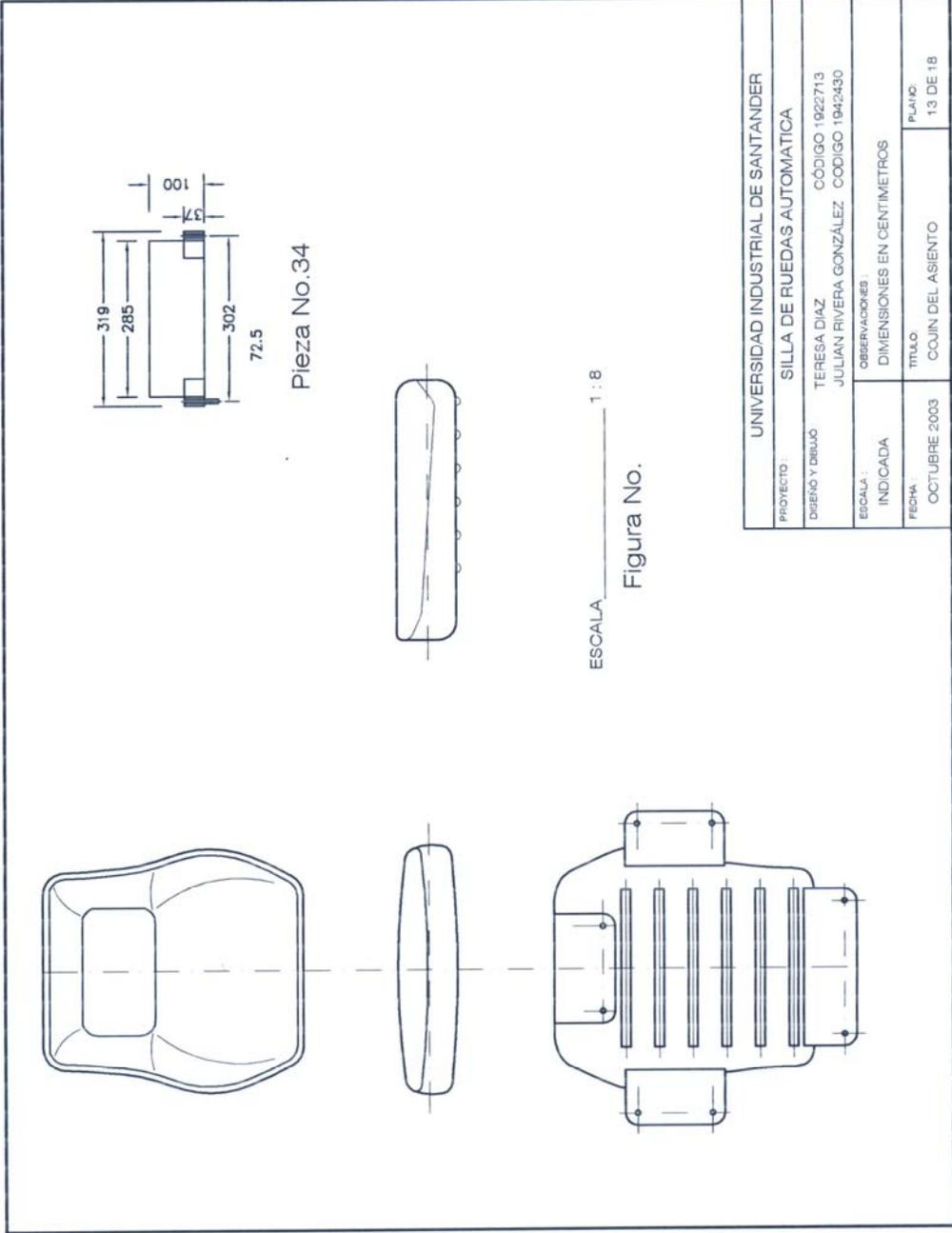


Pieza No.32  
ESCALA 1 : 2

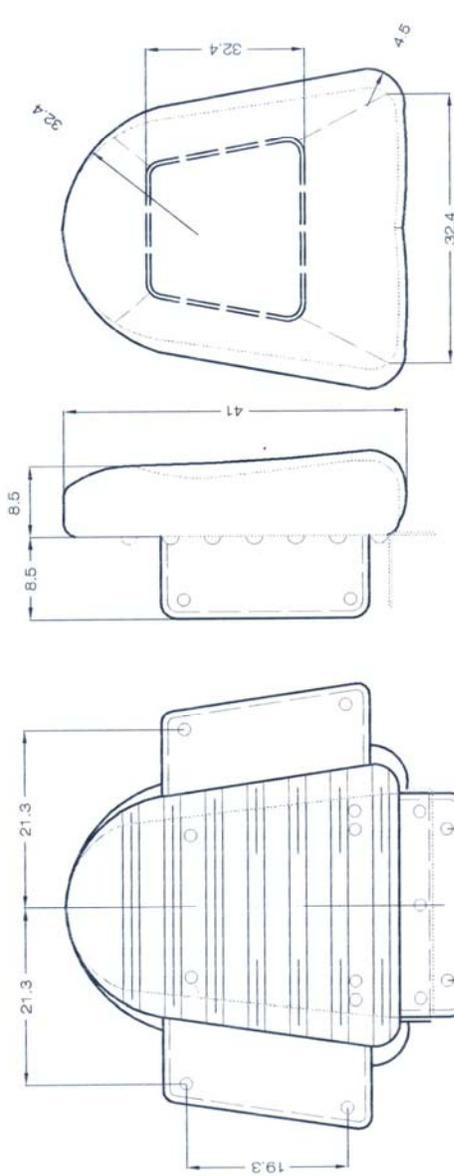


Pieza No.33  
ESCALA 1 : 2

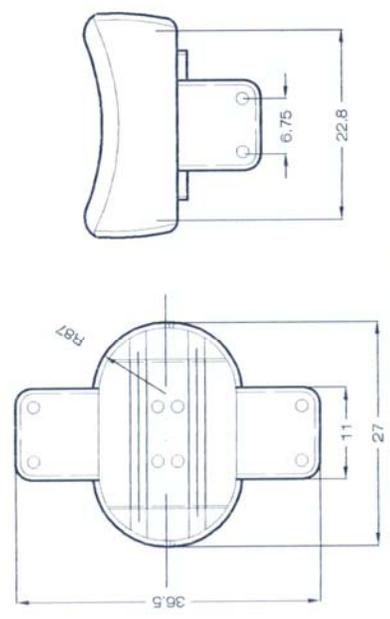
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
PROYECTO	SILLA DE RUEDAS AUTOMÁTICA
DISEÑO Y DIBUJO	TERESA DÍAZ JULIAN RIVERA GONZÁLEZ
ESCALA	CÓDIGO 1922713 CÓDIGO 1942430
INDICADA	OBSERVACIONES: DIMENSIONES EN CENTÍMETROS
FECHA	TÍTULO
OCTUBRE 2003	SOPORTE SISTEMA MECÁNICO
	PLANO
	12 DE 18



PROYECTO:	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
DISEÑO Y DIBUJO:	SILLA DE RUEDAS AUTOMÁTICA		
	TERESA DÍAZ	CÓDIGO 1922713	
	JULIAN RIVERA GONZÁLEZ	CÓDIGO 1942430	
ESCALA:	INDICADA	OBSERVACIONES:	DIMENSIONES EN CENTÍMETROS
FECHA:	OCTUBRE 2003	TÍTULO:	COJIN DEL ASIENTO
		PLANO:	13 DE 18



Pieza No.6



Pieza No.7

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
PROYECTO:	SILLA DE RUEDAS AUTOMÁTICA
DISEÑO Y DIBUJO:	TERESA DIAZ CÓDIGO 1922713 JULIAN RIVERA GONZÁLEZ CÓDIGO 1942430
ESCALA:	OBSERVACIONES: DIMENSIONES EN CENTÍMETROS
INDICADA	
FECHA:	TÍTULO: COQUINERÍA CABECERO-ESPALDAR
OCTUBRE 2003	PLANO: 14 DE 18

Figura No.2

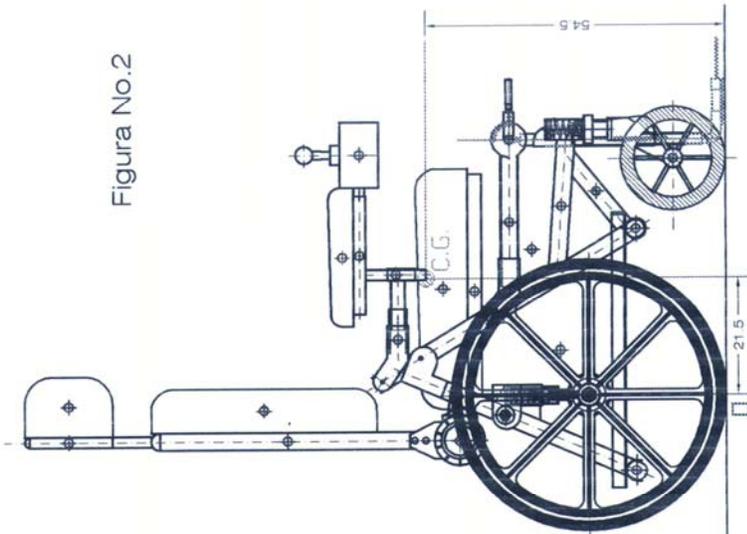
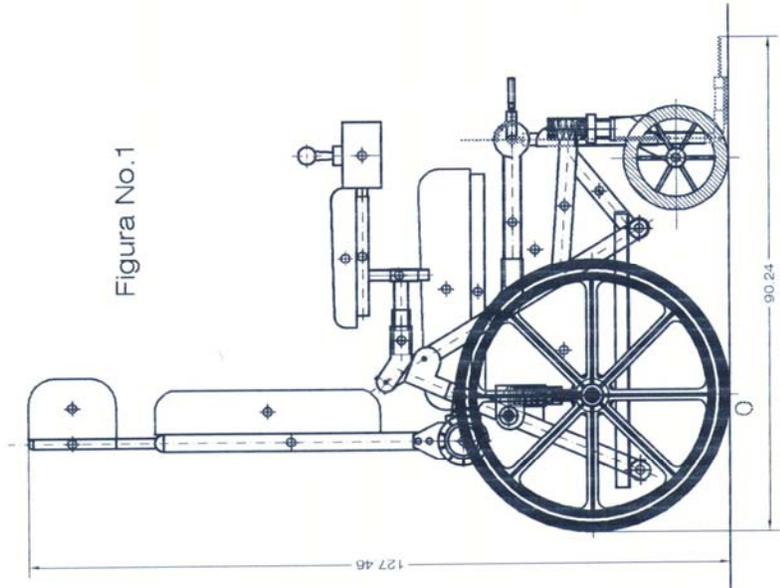


Figura No.1



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
PROYECTO:	SILLA DE RUEDAS AUTOMÁTICA
DISEÑO Y DIBUJO:	TERESA DÍAZ CÓDIGO 1922713 JULIAN RIVERA GONZÁLEZ CÓDIGO 1942430
ESCALA:	OBSERVACIONES:
INDICADA	DIMENSIONES EN CENTÍMETROS
FECHA:	TÍTULO:
OCTUBRE 2003	CONJUNTO-SILLA DE RUEDAS
	PLANO:
	15 DE 18

ESCALA 1 : 10

13	Motor Electrico corriente continua-12 voltios Mecanismo Reductor Sinfin - Corona	Acero	2
12	Rueda Delantera	Polimero,Acero Aluminio	2
11	Dispositivo de Bloqueo de la Rueda Trasera	Polimero Espuma	2
10	Rueda Trasera	Pasta Caucho	2
9	Despiece del mecanismo de amortiguación De la Rueda Trasera	Aluminio 6063 T-5 Acero Inoxidable	2
8	Mecanismo de amortiguación de la rueda trasera	Aluminio 6063 T-5 Acero Inoxidable	2
7	Apoya Pies (Vista frontal-lateral y superior)	Aluminio 6063 T-5 1060 F, 1060	2
6	Apoyabrazos	Aluminio 6063 T5 Acero, Cobre, lona Espuma, tela, plastico	2
5	Estructuras principales de soporte de la silla	Aluminio 6063 T6	1
4	Vista Lateral de la estructura del cabecero espaldar con su reclinado y cojineria	Aluminio 6063 T6 Acero, 1100,lona,tela Espuma	1
3	Vista Lateral de la estructura del espaldar y cabecero con el mecanismo de reclinado	Aluminio 6063 T6 1100 Acero	1
2	Vista Lateral con centro de gravedad total	Polimero, Caucho Espuma, Lona	1
1	Vista Lateral de la silla con los centros de gravedad cada uno de sus componentes	Aluminio, Acero, Tela Polimero, Caucho Espuma, Lona	1
#	Denominación	Material	Cantidad

CUADRO DE FIGURAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
PROYECTO:	SILLA DE RUEDAS AUTOMATICA
DISEÑO Y DIBUJO:	TERESA DIAZ      CÓDIGO 1922713 JULIAN RIVERA GONZALEZ      CÓDIGO 1942430
ESCALA:	OBSERVACIONES:
INDICADA:	DIMENSIONES EN CENTIMETROS
FECHA:	TITULO:
OCTUBRE 2003	LISTA DE FIGURAS
	PLANO:
	16 DE 18

17	Tubo De Amortiguación	Aluminio 6063	2
16	Soporte Del Amortiguador	Aluminio 6063	2
15	Tornillo De Union Del Soporte Del Amortiguador A La Estructura	Acero	2
14	Cojin Del Apoya Gemelos (Vista Superior y Lateral)	Tela, Lona, Espuma	2
13	Joystick	Resina, Poliester Fibra De Vidrio	1
12	Soporte Del Apoya Brazos	Aluminio 6063 - T5	2
11	Union Del Apoya Brazos Y El Soporte	Aluminio 6063 - T5	2
10	Estructura Del Apoya Brazos	Aluminio 6063 - T5	2
9	Cojin De Apoyabrazos	Lona, Tela, Espuma	2
8	Cojin Del Asiento(Vista Superior-Posterior y Lateral)	Lona, Tela, Cierres Espuma y Broches	1
7	Cojin Del Cabecero	Lona, Tela Espuma y Broches	1
6	Cojin del Espaldar (Vista Posterior-Lateral y Frontal)	Lona, Tela, Espuma Broches y Cierres	1
5	Estructuras Del Asiento	Aluminio 6063 - T5	1
4	Estructura Principal Trasera	Aluminio 6063 T6	1
3	Estructura Principal Delantera	Aluminio 6063 T6	1
2	Estructura Del Espaldar	Aluminio 6063 T-6	1
1	Estructura Del Cabecero	Aluminio 6063 T-6 Y 1100	1
Numero	Denominación	Material	Cantidad

CUADRO DE PIEZAS

PROYECTO:		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
DISEÑO Y DIBUJO:		SILLA DE RUEDAS AUTOMATICA	
ESCALA:		TERESA DIAZ	CÓDIGO 1922713
INDICADA		JULIAN RIVERA GONZÁLEZ	CODIGO 1942430
OBSERVACIONES:		DIMENSIONES EN CENTIMETROS	
FECHA:	TITULO:	PLAJO:	17 DE 18
OCTUBRE 2003	LISTA DE PIEZAS		

34	Tapa Trasera	Aluminio 6063- T5	1
33	Base Para Transportar El Compartimiento	Aluminio 6063- T5	1
32	Estructura Guía	Aluminio 6063- T5	1
31	Estructura Soporte Del Compartimiento	Aluminio 6063- T5	1
30	Rodamiento Radial De Bolas	Acero	2
29	Acople Estriado	Acero	2
28	Eje Estriado	Acero	2
27	Juntas Universales Dobles	Acero	2
26	Coraza De La Rueda Delantera	Polimero y Caucho	2
25	Soporte De La Rueda Delantera	Acero	2
24	Vástago-Embolo	Aluminio 6063- T5	2
23	Cilindro De Unión Del Soporte De La Rueda Al Amortiguador	Aluminio 6063- T5	2
22	Resorte Amortiguador De Rueda Delantera	Acero Inoxidable	2
21	Tubo Amortiguador De Rueda Delantera	Aluminio 6063- T5	2
20	Soporte Del Vástago	Aluminio 6063	2
19	Vástago-Embolo	Aluminio 6063	2
18	Resorte Amortiguador	Acero Inoxidable	2
Numero	Denominación	Material	Cantidad
CUADRO DE PIEZAS			

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
PROYECTO:	SILLA DE RUEDAS AUTOMATICA		
DISÑO Y DIBUÑO	TERESA DIAZ	CÓDIGO	1922713
	JULIAN RIVERA GONZÁLEZ	CODIGO	1942430
ESCALA:	OBSERVACIONES:		
INDICADA	DIMENSIONES EN CENTIMETROS		
FECHA:	TITULO	PLAZO	
OCTUBRE 2003	LISTA DE PIEZAS	18 DE 18	