



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN DISEÑO INDUSTRIAL  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
ERGONOMÍA

“EL PROBLEMA DE LA MOVILIDAD EN EL CONTEXTO DE LA DISCAPACIDAD EN MÉXICO,  
UNA PROPUESTA ALTERNATIVA DE ASISTENCIA TECNOLÓGICA.”

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN DISEÑO INDUSTRIAL

PRESENTA:

JUAN MANUEL GONZÁLEZ VÁZQUEZ

DIRECTORA DE TESIS:  
MDI. GLORIA ADRIANA MENDOZA FRANCO  
(FACULTAD DE ARQUITECTURA , UNAM)

COMITÉ TUTOR:  
MDI. ERICK IROEL HEREDIA CARRILLO  
(FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM)

DRA. MATILDE ESPINOSA SÁNCHEZ  
(INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS, UNAM)

DR. MAURICIO ENRIQUE REYES CASTILLO  
(FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM)

LIC. MARTHA HEREDIA NAVARRO  
(FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNAM)

CIUDAD DE MÉXICO, FEBRERO 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



A Elke por toda la fe, ayuda y aliento.



En agradecimiento al trabajo y dedicación de todas las personas que aportaron sus conocimientos y experiencia indispensables para la realización de este proyecto, muchas gracias por compartir su visión.

MDI Gloria A. Mendoza Franco  
MDI Erick Iroel Heredia Carrillo  
DRA. Matilde Espinosa Sánchez  
DR. Mauricio E. Reyes Castillo  
LIC. Martha Heredia Navarro  
MTRA. Elke Capella Kort  
DRA. Elke Kort



## INDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>CONTENIDO.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 1. DISCAPACIDAD.....</b>	<b>7</b>
1.1    INTRODUCCIÓN.....	8
1.2    CONCEPTOS TEÓRICOS.....	9
1.2.1    PANORAMA DE LA DISCAPACIDAD.....	9
1.2.2    DEFINICIÓN DE LA DISCAPACIDAD.....	13
1.2.3    PARADIGMAS DE LA DISCAPACIDAD .....	14
1.2.4    DIVERSIDAD FUNCIONAL .....	21
1.2.5    CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DE LA DISCAPACIDAD.....	23
1.3    ESCENARIO INTERNACIONAL.....	29
1.3.1    ORGANISMOS INTERNACIONALES INVOLUCRADOS.....	29
1.3.2    ACUERDOS INTERNACIONALES SOBRE DISCAPACIDAD .....	31
1.3.3    TENDENCIA DE CRECIMIENTO INTERNACIONAL DE LA DISCAPACIDAD .....	33
1.3.4    RECOMENDACIONES DE LA OMS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA ...	34
1.4    CONTEXTO NACIONAL SOBRE LA DISCAPACIDAD .....	35
1.4.1    SITUACIÓN DE LA DISCAPACIDAD EN MÉXICO .....	35
1.4.2    INSTITUCIONES GUBERNAMENTALES RESPONSABLES.....	38
1.4.3    LEGISLACIÓN VIGENTE EN MATERIA DE DISCAPACIDAD .....	40
1.4.4    ESQUEMA DE ATENCIÓN A LA DISCAPACIDAD.....	41
1.4.5    ESTADÍSTICAS SOBRE DISCAPACIDAD EN MÉXICO .....	43
1.5    DISCAPACIDAD MOTRIZ.....	46
1.5.1    DEFINICIÓN DE LA DISCAPACIDAD MOTRIZ .....	46
1.5.2    LESIONES DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.....	47
1.5.3    CAUSAS DE LA DISCAPACIDAD MOTRIZ.....	51
1.6    REFLEXIONES SOBRE DISCAPACIDAD .....	53

<b>CAPÍTULO 2. ASISTENCIA TECNOLÓGICA .....</b>	<b>55</b>
2.1 INTRODUCCIÓN.....	56
2.2 CONCEPTO DE ASISTENCIA TECNOLÓGICA.....	57
2.3 DEFINICIÓN DE ASISTENCIA TECNOLÓGICA “AT” .....	59
2.4 SILLA DE RUEDAS.....	63
2.4.1 CONCEPTO DE LA SILLA DE RUEDAS .....	63
2.4.2 REVISIÓN HISTÓRICA .....	65
2.4.3 CLASIFICACIÓN DE LAS SILLAS DE RUEDAS.....	69
2.5 USUARIOS DE SILLAS DE RUEDAS .....	79
2.6 INTERACCIÓN DEL USUARIO CON LA SILLA DE RUEDAS .....	83
2.6.1 DESEMPEÑO DE LA SILLA DE RUEDAS .....	83
2.6.2 CONFIGURACIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS.....	83
2.7 TECNOLOGÍA DE FUNCIONAMIENTO HÍBRIDA.....	93
2.7.1 TIPOS DE SILLAS DE RUEDAS HÍBRIDAS.....	93
2.7.2 MECÁNICA DE PROPULSIÓN HÍBRIDA .....	94
2.8 REFLEXIONES SOBRE ASISTENCIA TECNOLÓGICA .....	99
<b>CAPITULO 3. BIOMECAÁNICA.....</b>	<b>101</b>
3.1 INTRODUCCIÓN.....	102
3.2 PROPULSIÓN MANUAL DE LA SILLA DE RUEDAS.....	103
3.3 LESIONES OCASIONADAS POR LA PROPULSIÓN MANUAL .....	106
3.3.1 LESIONES DEL SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO .....	107
3.3.2 ENFERMEDADES DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR .....	110
3.3.3 ALTERACIONES DEL SISTEMA NERVIOSO.....	111
3.4 PROPULSIÓN MECÁNICA POR PALANCAS .....	113
3.5 CONSIDERACIONES ANTROPOMÉTRICAS .....	114
3.6 REFLEXIONES SOBRE BIOMECAÁNICA .....	117
<b>CAPÍTULO 4. TECNOLOGÍA TODOTERRENO .....</b>	<b>119</b>
4.1 INTRODUCCIÓN.....	120
4.2 CONTEXTO “TODOTERRENO” .....	121
4.2 ALTERNATIVAS TODOTERRENO DISPONIBLES.....	123
4.2.1 SILLAS TODOTERRENO PROPULSADAS MANUALMENTE .....	124
4.2.2 SILLAS TODOTERRENO PROPULSADAS POR MANIVELAS .....	125
4.2.3 SILLAS TODOTERRENO PROPULSADAS POR PALANCAS.....	128

4.3	ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELOS PROPULSADOS POR PALANCAS.....	130
4.4	ANÁLISIS TECNOLÓGICO DE MODELOS COMPARADOS.....	131
4.4.1	CONFORMACIÓN DEL ASIENTO Y RESPALDO.....	132
4.4.2	DISPOSICIÓN DE LOS EJES .....	133
4.4.3	DISEÑO DEL CUADRO.....	133
4.4.4	TIPO DE RUEDAS.....	134
4.4.5	MECANISMOS DE PROPULSIÓN.....	134
4.4.6	SISTEMA DE FRENOS .....	135
4.5	MODELO “FREEDOM CHAIR” .....	136
4.6	REFLEXIONES SOBRE LA TECNOLOGÍA TODOTERRENO.....	138
<b>CAPÍTULO 5. DISEÑO .....</b>		<b>139</b>
5.1	INTRODUCCIÓN.....	140
5.2	LA IMPORTANCIA DEL DISEÑO UNIVERSAL .....	141
5.3	CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO.....	143
5.4	MODELOS DE NORMATIVIDAD.....	144
5.5	DESEMPEÑO FUNCIONAL.....	145
5.5.1	ESTABILIDAD .....	145
5.5.2	MANIOBRABILIDAD .....	150
5.5.3	PROPULSIÓN.....	156
5.5.4	TRASLADO .....	158
5.5.5	TRANSPORTACIÓN.....	160
5.6	APOYO POSTURAL .....	161
5.6.1	ASIENTO Y COJIN .....	162
5.6.2	RESPALDO .....	164
5.6.3	APOYA PIES.....	165
5.6.4	APOYA BRAZOS .....	166
5.7	RESISTENCIA Y SEGURIDAD .....	167
5.8	EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO .....	168
5.8.1	TABLA DE RECOMENDACIONES .....	170
5.9	REFLEXIONES SOBRE EL DISEÑO .....	172
<b>CONSIDERACIONES FINALES .....</b>		<b>173</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>174</b>

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	5
FIGURA 2: EVOLUCIÓN DE LA TEORÍA DE LA DISCAPACIDAD .....	12
FIGURA 3: MODELO CIDDM.....	23
FIGURA 4: MODELO CIF.....	24
FIGURA 5: CATEGORÍAS DEL MODELO CIF.....	25
FIGURA 6: FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DESEMPEÑO FÍSICO DEL USUARIO.....	81
FIGURA 7: FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA SILLA DE RUEDAS.....	105

## INDICE DE GRAFICAS

GRÁFICA 1: ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN MUNDIAL.....	33
GRÁFICA 2: ESTIMACIÓN MUNDIAL DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD.....	34
GRÁFICA 3: PORCENTAJE DE POBREZA EN MÉXICO.....	36
GRÁFICA 4: PERCEPCIÓN DE LA DISCRIMINACIÓN EN MÉXICO.....	37
GRÁFICA 5: ORIGEN DE LA DISCAPACIDAD EN MÉXICO.....	43
GRÁFICA 6: PARTICIPACIÓN ECONÓMICA EN MÉXICO.....	44
GRÁFICA 7: PARTICIPACIÓN ESCOLAR EN MÉXICO.....	45
GRÁFICA 8: PORCENTAJE DE ANALFABETISMO EN MÉXICO.....	45

## INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: PERSONAS CON DISCAPACIDAD.....	7
ILUSTRACIÓN 2: ÍCONOS DE MODELOS MÉDICO Y SOCIAL.....	11
ILUSTRACIÓN 3: PERSONAS USANDO EQUIPOS ORTOPÉDICOS.....	55
ILUSTRACIÓN 4: SILLA DE RUEDAS ACTIVA.....	101
ILUSTRACIÓN 5: TECNOLOGÍA TODOTERRENO.....	119
ILUSTRACIÓN 6: DISEÑO DE SILLAS DE RUEDAS.....	139
ILUSTRACIÓN 7: DISEÑO UNIVERSAL.....	141

## INDICE DE IMAGENES

IMAGEN 1: PROYECTO PRÓJIMO.....	20
IMAGEN 2: COMUNIDAD PIÑA PALMERA.....	20
IMAGEN 3: NIVELES DE LESIÓN VERTEBRAL.....	49
IMAGEN 4: NIVELES DE AMPUTACIÓN.....	50
IMAGEN 5: GRÚA PARA TRASLADO.....	59
IMAGEN 6: MULETA-SOPORTE.....	59
IMAGEN 7: ANDADERA.....	60
IMAGEN 8: VERTICALIZADOR ELÉCTRICO.....	60
IMAGEN 9: EXOESQUELETO.....	61
IMAGEN 10: DIBUJO GRIEGO.....	65
IMAGEN 11: GRABADO CHINO.....	65
IMAGEN 12: FELIPE II.....	65
IMAGEN 13: STEPHAN FARFFLER.....	65
IMAGEN 14: SILLA BATH.....	66
IMAGEN 15: EVEREST & JENNINGS.....	66

IMAGEN 16: SILLA DE IMPRESIÓN 3D.....	67
IMAGEN 17: CONCEPTO FUTURISTA.....	68
IMAGEN 18: SILLA MANUAL.....	69
IMAGEN 19: SILLA PARA TRÁNSITO.....	70
IMAGEN 20: SILLA ELÉCTRICA.....	71
IMAGEN 21: SILLA DE PLATAFORMA.....	71
IMAGEN 22: SILLA DEPORTIVA.....	72
IMAGEN 23: SILLA DE BIPEDESTACIÓN.....	73
IMAGEN 24: SILLA PARA ESCALERAS.....	74
IMAGEN 25: SILLA PARA EXTERIORES.....	74
IMAGEN 26: SILLA BARIÁTRICA.....	75
IMAGEN 27: SILLA PEDIÁTRICA.....	75
IMAGEN 28: SILLA DE RUEDAS MANUAL.....	76
IMAGEN 29: SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA.....	77
IMAGEN 30: SILLA DE RUEDAS HÍBRIDA.....	78
IMAGEN 31: ALTURA DE RESPALDO.....	84
IMAGEN 32: ÁNGULO ENTRE ASIENTO Y RESPALDO.....	85
IMAGEN 33: POSICIÓN DEL EJE TRASERO.....	86
IMAGEN 34: INCLINACIÓN DE LLANTAS TRASERAS.....	87
IMAGEN 35: DISEÑO DE CUADRO.....	88
IMAGEN 36: LLANTAS TRASERAS.....	89
IMAGEN 37: RUEDAS DELANTERAS.....	90
IMAGEN 38: APOYA PIES.....	91
IMAGEN 39: ARO DE MANO.....	92
IMAGEN 40: SISTEMA DE VOLANTE.....	95
IMAGEN 41: SISTEMA DE MANIVELA.....	96
IMAGEN 42: SISTEMA DE PALANCA.....	97
IMAGEN 43: FASES DE LA PROPULSIÓN.....	103
IMAGEN 44: DINÁMICA DE MOVIMIENTO DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR.....	104
IMAGEN 45: ANATOMÍA DEL HOMBRO.....	108
IMAGEN 46: ANATOMÍA DEL NERVIJO MEDIANO.....	109
IMAGEN 47: ANATOMÍA DEL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO.....	111
IMAGEN 48: MEDIDAS ESTÁTICAS.....	115
IMAGEN 49: MEDIDAS DE SEGMENTOS.....	115
IMAGEN 50: MEDIDAS FUNCIONALES.....	115
IMAGEN 51: SILLA DE RUEDAS TODOTERRENO ELÉCTRICA.....	123
IMAGEN 52: SILLA DE RUEDAS TODOTERRENO ELÉCTRICA.....	123
IMAGEN 53: SILLA DE RUEDAS TODOTERRENO MANUAL.....	125
IMAGEN 54: SILLA DE RUEDAS TODOTERRENO MANUAL.....	125
IMAGEN 55: SILLA DE RUEDAS DE MANIVELAS.....	125
IMAGEN 56: SILLA DE RUEDAS DE MANIVELAS.....	125
IMAGEN 57: SILLA DE RUEDAS DE MANIVELAS.....	126
IMAGEN 58: SILLA DEPORTIVA PARA PISTA.....	127
IMAGEN 59: SILLA TODOTERRENO EXTREMA.....	127
IMAGEN 60: SILLA DE RUEDAS DE DOS PALANCAS.....	128
IMAGEN 61: SILLA DE RUEDAS DE UNA PALANCA.....	128
IMAGEN 62: MODELO ANTIGUO DE PALANCA.....	128
IMAGEN 63: MODELO FREEDOM CHAIR.....	129
IMAGEN 64: MODELO MOUNTAINTRIKE.....	129

IMAGEN 65: MODELO FREEDOM CHAIR. ....	137
IMAGEN 66: MAYOR DISTANCIA ENTRE EJES. ....	146
IMAGEN 67: SISTEMA ANTI-VOLTEO. ....	147
IMAGEN 68: INCLINACIÓN DE EJES TRASEROS. ....	148
IMAGEN 69: SISTEMA DE SUSPENSIÓN. ....	149
IMAGEN 70: LLANTAS NEUMÁTICAS. ....	149
IMAGEN 71: RUEDAS PARA TODOTERRENO. ....	151
IMAGEN 72: RUEDAS GIRATORIAS CON AMORTIGUACIÓN. ....	152
IMAGEN 73: LLANTAS SUAVES AMORTIGUADORAS. ....	152
IMAGEN 74: RADIO DE GIRO. ....	154
IMAGEN 75: ACCESO AL MOBILIARIO. ....	155
IMAGEN 76: SISTEMA DE CAMBIO DE VELOCIDADES. ....	157
IMAGEN 77: PALANCAS REMOVIBLES. ....	158
IMAGEN 78: FRENOS DE BLOQUEO. ....	159
IMAGEN 79: SILLA MODULAR DESARMABLE. ....	161
IMAGEN 80: COJINES PARA ASIENTO. ....	163
IMAGEN 81: RESPALDO CON APOYO LUMBAR. ....	164
IMAGEN 82: EMPUÑADURAS PARA ASISTENCIA. ....	165
IMAGEN 83: APOYA PIES ABATIBLE. ....	166
IMAGEN 84: APOYA BRAZOS REMOVIBLES. ....	167

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: COMPARATIVO PARADIGMAS DE LA DISCAPACIDAD .....	21
TABLA 2: CAUSAS DE LA DISCAPACIDAD MOTRIZ. ....	52
TABLA 3: ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELOS PROPULSADOS POR PALANCAS. ....	130
TABLA 4: TABLA DE RECOMENDACIONES. ....	171

---

## RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene como finalidad abordar la problemática de la movilidad de las personas con discapacidad motriz en México, desde el punto de vista de la discapacidad, la ergonomía, la biomecánica, la tecnología y el diseño.

En particular se expone el estudio de una clase especial de asistencia tecnológica denominada “todoterreno”, utilizada para mejorar el desplazamiento de las personas con discapacidad motriz en zonas rurales o conurbadas, donde las dificultades del contexto y la falta de adaptación especial de los espacios dificultan el uso de las sillas de ruedas convencionales.

Se analiza esta tecnología de gran eficiencia mecánica y fácil funcionamiento que no cuenta con precedentes en nuestro país y que ha sido probada con gran éxito en diferentes países de América Latina, África y Asia.

La investigación plantea que esta tecnología “todoterreno” es una buena alternativa para promover su desarrollo y fabricación nacional, como una solución a la problemática de movilidad para un número considerable de usuarios de sillas de ruedas en México.

---

## PROBLEMÁTICA

Las personas con discapacidad motriz usuarias de sillas de ruedas se encuentran diariamente con un gran número de barreras físicas del contexto que limitan su movilidad y obstaculizan su libre desplazamiento para ir de un lugar a otro de forma independiente.

Debido a que la mayoría de las sillas de ruedas están diseñadas para ser utilizadas sobre superficies planas, lisas y uniformes, su funcionamiento depende en gran medida de las condiciones del terreno que facilitan o dificultan la movilidad de las personas durante su traslado.

En este sentido la accesibilidad del entorno se convierte en un requerimiento indispensable para el correcto funcionamiento de estos equipos ya que la adaptación especial y la eliminación de obstáculos facilitan el desempeño de los usuarios de sillas de ruedas.

En el caso particular de la Ciudad de México las condiciones ambientales plantean una problemática mayor debido a la escasa adaptación que existe en la red de infraestructura urbana y del sistema de transporte público, así como al limitado alcance de los servicios de asistencia y de salud a nivel nacional.

Por otra parte, más de la mitad de las personas con discapacidad en México viven en condiciones de pobreza y habitan en zonas periféricas o rurales en donde las adaptaciones del entorno son prácticamente inexistentes por lo que carecen de las condiciones básicas para el acceso de las ayudas técnicas adecuadas y el cumplimiento de sus necesidades funcionales particulares.

Del mismo modo, la falta de recursos económicos públicos y privados destinados a la atención de la discapacidad es un factor que afecta directamente el desempeño funcional de las personas con discapacidad motriz en nuestro país.

El impacto de este problema se refleja directamente en la calidad de vida de los individuos ya que las dificultades en la movilidad generan serias limitaciones que complican tanto su presencia y participación social como sus condiciones generales de salud.

La problemática de movilidad de las personas usuarias de sillas de ruedas en nuestro país es muy grave debido a que la falta de participación social también restringe el acceso a la educación y reduce las probabilidades para la posterior incorporación al trabajo, comprometiendo de esta forma el desarrollo económico de las personas con discapacidad y sus familias.

Además, la falta de movilidad de las personas con discapacidad promueve la adopción de un estilo de vida sedentario que fomenta el aumento de peso y la pérdida de la condición física, lo que propicia el desarrollo de problemas metabólicos, cardiovasculares y musculoesqueléticos que comprometen seriamente su estado de salud.

---

## OBJETIVOS

Proponer una alternativa tecnológica viable al problema de movilidad experimentado por las personas con discapacidad motriz usuarias de sillas de ruedas en México

Por otra parte, dentro de los objetivos particulares del actual estudio se encuentran:

- Identificar las características y necesidades particulares de los usuarios de sillas de ruedas en México.
- Determinar los sistemas de asistencia tecnológica existentes para la ayuda de las personas con discapacidad motriz.
- Analizar las características biomecánicas presentadas durante la propulsión manual de las sillas de ruedas.
- Especificar las condiciones ambientales que influyen en el desempeño funcional de los equipos para la movilidad en zonas rurales.
- Establecer requerimientos y recomendaciones para el diseño de equipos de asistencia tecnológica todoterreno.

## JUSTIFICACIÓN

El uso de una silla de ruedas adecuada puede aportar considerables beneficios para la salud de los usuarios, además de aumentar considerablemente su rango de participación ya que muchas de las barreras ambientales a las que las personas con discapacidad se enfrentan cotidianamente en el país pueden ser franqueadas mediante el empleo de equipos de asistencia tecnológica apropiados que faciliten la movilidad y promuevan el desplazamiento en las condiciones complejas del entorno.

La problemática de la movilidad de las personas con discapacidad usuarias de sillas de ruedas en México puede ser atendida de mejor forma a través de la ergonomía mediante el estudio integral de los factores humanos que intervienen directamente en el funcionamiento de los equipos de asistencia, así como con la participación del diseño para la proyección de nuevas soluciones funcionales que se adapten de mayor manera a las condiciones y necesidades del contexto nacional.

En este sentido, una solución tecnológica alternativa puede contribuir en gran medida a que las desventajas a la discapacidad puedan ser superadas y a que las personas con discapacidad y sus familias puedan acceder a mayores oportunidades de crecimiento y desarrollo.

---

## CONTENIDO

El contenido de la tesis está estructurado en cinco capítulos que se describen a continuación: [Figura 1]

En el primer capítulo de la tesis se presenta el estudio de la discapacidad a partir de su percepción universal mediante una revisión de los principales paradigmas a través de un breve recorrido histórico sobre el concepto y definición de la discapacidad, revisando los principales organismos internacionales involucrados en su estudio y las políticas nacionales e internacionales para su tratamiento con la intención de establecer un marco de referencia sobre el tema. También se presenta un estudio sobre las estadísticas de la discapacidad en México, así como las tendencias y proyecciones a futuro a nivel internacional. Por último, el capítulo primero hace referencia a los diferentes tipos de discapacidad en donde se ahonda en el estudio específico de la discapacidad motriz como eje rector de la presente investigación.

Dentro del segundo capítulo de la tesis se toca el tema de la “Asistencia Tecnológica” desde su noción general, su historia y definición, hasta su aplicación práctica para el tratamiento de la problemática de movilidad que experimentan las personas con discapacidad motriz. En este capítulo se realiza el estudio de los tipos de sistemas y servicios genéricos de Asistencia Tecnológica, además de abordar el caso particular de las sillas de ruedas entendidas como equipos de asistencia tecnológica para promover la movilidad de los individuos. De esta forma, se realiza un análisis de los tipos de sillas de ruedas de acuerdo con su uso y función, así como se detallan los diferentes componentes y elementos comunes en su configuración y se analizan los factores de la interacción entre el usuario y la silla de ruedas.

El tercer capítulo de la investigación se enfoca en el estudio de la biomecánica de la propulsión de las sillas de ruedas tanto en su carácter manual como mecánico, realizando una comparación de sus características funcionales con la intención de identificar las principales virtudes y deficiencias que existen entre estos diferentes sistemas de propulsión. Dentro de esta sección se hace un análisis de los factores anatómo-fisiológicos relacionados con las alteraciones presentadas en los usuarios por efecto del funcionamiento específico de los sistemas de movimiento anteriormente mencionados, así como también se presentan las consideraciones antropométricas estáticas y dinámicas necesarias para la configuración de las sillas de ruedas mecánicas propulsadas por palancas.

En el capítulo cuarto de la tesis se desarrolla el tema de la tecnología para la movilidad “Todoterreno” de los equipos de asistencia utilizados tanto en ambientes interiores y exteriores, especificando los diversos factores del contexto que modifican y condicionan el desplazamiento de los usuarios de sillas de ruedas. Posteriormente se presentan las alternativas tecnológicas disponibles comercialmente en la actualidad para el desempeño de esta particular acción y se especifican sus tipos y características principales por medio del análisis comparativo de los modelos de funcionamiento más representativos y del estudio de sus cualidades con la intención de distinguir sus virtudes particulares. Por último, se hace mención especial de un caso de investigación y desarrollo en particular para dar solución al problema de movilidad de las personas con discapacidad en áreas rurales de países en desarrollo.

El capítulo quinto de la investigación tiene como finalidad destacar los factores principales que se deben de tomar en cuenta al momento de abordar el diseño de una silla de ruedas todo terreno propulsada por palancas, como son las características y necesidades particulares de las personas, así como aspectos relacionados con la propulsión, el desempeño funcional, el apoyo postural o la resistencia y seguridad de los equipos. Del mismo modo, se especifican las normas oficiales internacionales encargadas de regular la calidad en el diseño y producción de las sillas de ruedas. Por otra parte, dentro de este último apartado de la tesis se realiza un estudio de la teoría y los principios del Diseño Universal entendidos como herramienta para promover la inclusión de las personas en la realización de las actividades humanas y el aumento de su participación social.

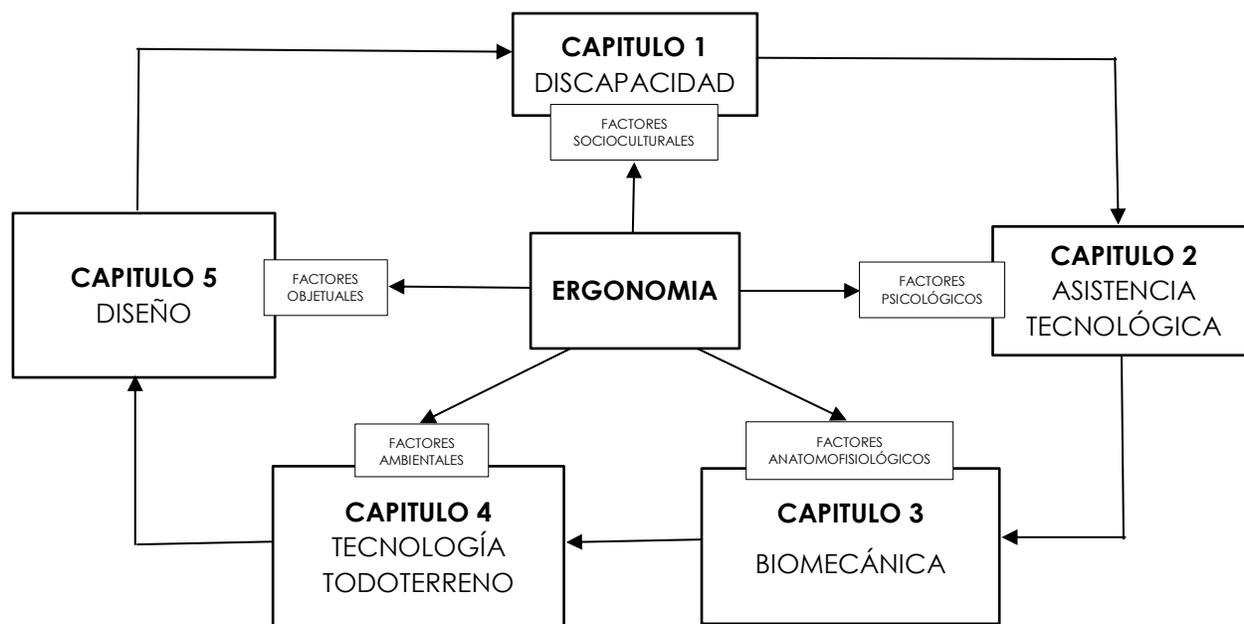


Figura 1: Estructura de la Tesis.  
Fuente: Elaboración propia.





---

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El primer capítulo de la tesis estudia el concepto que entendemos como “Discapacidad” por medio del análisis de la evolución del término desde sus orígenes hasta la concepción más moderna de la “Diversidad Funcional”, con el objetivo de lograr un mayor entendimiento sobre el vasto universo que la discapacidad representa.

En este sentido, se entiende que la discapacidad resulta ser mucho más compleja que una simple condición que limita el funcionamiento, debido a que presenta un gran número de implicaciones médicas, económicas, políticas, sociales y culturales que modifican y condicionan esencialmente la forma de vida de las personas, así como la estructura de su entorno familiar.

El colectivo de las personas con discapacidad representa uno de los grupos sociales más olvidados, discriminados y denigrados en la historia de la humanidad desde sus orígenes más remotos hasta el momento presente. La vejación de los derechos civiles de las personas con discapacidad es equiparable a las experimentadas por motivos de etnia o religión. Sin importar el tipo de cultura a la que pertenezcan las personas con discapacidad, en todas ellas se encuentra como factor común la discriminación y la exclusión social, inclusive en pleno siglo XXI las personas con discapacidad siguen siendo sistemáticamente despojadas de sus derechos humanos fundamentales en un gran número de naciones alrededor del mundo.

El alto grado de vulnerabilidad que este sector de la población presenta hace evidente la imperiosa necesidad de tomar mayores acciones políticas y sociales para acelerar la construcción de una mejor cultura de la discapacidad en donde se equipare la igualdad de posibilidades entre todos los integrantes de la sociedad sin importar su condición. En este sentido la investigación sobre este tema debe de realizarse de forma permanente para propiciar mayores y mejores formas de adaptación de las circunstancias del momento con el fin de promover una participación social equitativa.

Más que nunca, el estudio de la historia y evolución del fenómeno de la discapacidad resulta de suma importancia debido al alto grado de ignorancia sobre este tema a nivel mundial, que contribuye a la persistencia de la discriminación y estigmatización de las personas con discapacidad, por esto, el conocimiento y la divulgación son de vital importancia para ampliar la comprensión y el entendimiento de la realidad que experimenta cotidianamente este sector de la población.

---

## 1.2 CONCEPTOS TEÓRICOS

### 1.2.1 PANORAMA DE LA DISCAPACIDAD

La creación del concepto de discapacidad que empleamos actualmente es el producto de un largo proceso de trabajo, enfrentamientos y discusiones llevado a cabo por especialistas, instituciones, activistas y gobiernos de manera constante durante el transcurso de los últimos 75 años con el propósito de dar respuesta a la problemática social que la discapacidad representa.

En el pasado la percepción que se tenía de la discapacidad era radicalmente diferente a la que tenemos hoy en día, las personas que presentaban alguna deficiencia o impedimento eran catalogadas, por motivos religiosos o animistas, como hechizadas, castigadas o subnormales en el mejor de los casos. No fue sino hasta el siglo XIX, con el auge del pensamiento científico, que se comenzó a estudiar al ser humano de acuerdo con sus variaciones de forma y funcionamiento, entonces surgieron las primeras categorías de “anormalidad” y “desviación” que permitieron comenzar a hablar de esta problemática.

El salto cualitativo en la creación del concepto de discapacidad se obtuvo hasta después de la década de los 40 y a lo largo de la década de los 50 cuando se comenzó con el estudio formal de su tratamiento debido al aumento significativo en el número de personas con limitaciones físicas producto de los conflictos bélicos de la segunda guerra mundial, es en estos momentos cuando se comienza a hablar de discapacidad en los nuevos organismos internacionales de las Naciones Unidas, la Organización Internacional del Trabajo y la Organización Mundial de la Salud. (Blanco Egido & Sánchez Salcedo, 2006)<sup>2</sup>

El término discapacidad que proviene de la palabra inglesa “disability” fue utilizado en gran parte del siglo XX para designar a una “distinta clase de personas”. Históricamente este término había sido empleado también como sinónimo de la palabra “inability” la cual hace referencia de “aquello con limitaciones impuestas legalmente sobre los derechos y el poder”. La falta de un vocablo original especialmente creado para nombrar a esta problemática junto con las connotaciones de estigmatización y discriminación propias del término fueron motivo de grandes discusiones semánticas, sociológicas y filosóficas durante las décadas de los 60 y 70. (Wasserman, Asch, Blustein, & Putnam, 2016)<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Blanco Egido, E., & Sánchez Salcedo, A. M. (2006). Enfoque de la discapacidad en los organismos internacionales. *Revista del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales* 65, 37-48

<sup>3</sup> Wasserman, D., Asch, A., Blustein, J., & Putnam, D. (23 de Mayo de 2016). *Disability: Definitions, Models, Experience*. Obtenido de Stanford Encyclopedia of Philosophy: <https://stanford.library.sydney.edu.au/entries/disability>

---

En este sentido la Organización Mundial de la Salud “OMS” desempeñó un papel protagónico para la creación del concepto de discapacidad, en el año de 1980 la OMS aprobó la Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías “CDDM” como un intento por contribuir al entendimiento universal sobre el fenómeno de la discapacidad, esta clasificación representa el primer acercamiento consensado internacionalmente para conseguir una mayor comprensión sobre este tema. Si bien algunos de sus planteamientos originales resultaron ser muy polémicos es indudable que consiguieron establecer pautas para fomentar el diálogo, la discusión y el entendimiento de la discapacidad sobre todo en lo que se refiere a su nivel social.

Al año siguiente la Asamblea General de las Naciones Unidas declara 1981 como “El Año Internacional sobre Personas con Discapacidad” y elabora el “Programa de Acción Mundial para las Personas con Discapacidad” así como adopta la “Década de las Personas con Discapacidad” 1983-1992, estas acciones son dirigidas para generar un cambio social con carácter global. Durante esta década se llevaron a cabo un gran número de labores en favor de la prevención y el tratamiento de la discapacidad, se crearon grupos de estudio, así como se imparten conferencias y talleres en todo el mundo con el objetivo de fomentar el intercambio de conocimientos, la formación de personal y la creación de centros de investigación y tratamiento.

El avance en la concientización social sobre el tema de la discapacidad resulta ser muy evidente durante este periodo de tiempo y presenta una aceleración nunca vista, el desarrollo de conocimientos y de tecnologías se multiplica y se difunde internacionalmente modificando de manera integral la interacción social, se puede decir que es a partir de esta época cuando en realidad se genera un cambio en el paradigma de la discapacidad.

Como consecuencia de estos empeños y para culminar con las acciones de La Década de las Personas con Discapacidad, se celebró en Viena en 1993 la Conferencia Mundial Sobre Derechos Humanos de la ONU en donde se reconocen los derechos de las personas con discapacidad y se estipula que el incumplimiento de ellos constituye una violación de los derechos humanos.

En ese mismo año la Asamblea General de Naciones Unidas adopta las “Normas Uniformes sobre la igualdad de oportunidades para las Personas con Discapacidad” que conllevan a la creación de políticas para el desarrollo de la cooperación técnica y económica.

Con esto se termina con un largo periodo de enfoque asistencialista sobre el tratamiento médico de la discapacidad y se establece la perspectiva del “modelo social” que se fue gestando paralelamente para ser reconocido inequívocamente mediante la obtención de las garantías de derechos y libertades de las personas con discapacidad. [Ilustración 2]

En 2001, después de dos décadas de correcciones y mejoras la Organización Mundial de la Salud emite la nueva clasificación de la discapacidad bajo el nombre de “Clasificación Internacional para el Funcionamiento” “CIF” que substituye a la anterior “CDDM”. En esta nueva clasificación se hace a un lado la visión central de la enfermedad y sus consecuencias para enfocarse en el funcionamiento, la discapacidad y la salud, así como en la inclusión de factores personales y contextuales determinantes para la participación social del ser humano.



*Ilustración 2: Íconos de Modelos Médico y Social.*

*Fuente: (2013). 69937409 lead.jpg. Recuperado de <http://www.bbc.co.uk/news/blogsouch>*

El 13 de diciembre de 2006 la Asamblea General de la Naciones Unidas aprobó el Convenio sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad mismo que entró en vigor el 3 de mayo de 2008 y que ha sido firmado y ratificado hasta el momento por 173 países. Este convenio y su protocolo facultativo obliga a los países que lo ratifiquen a tratar de manera integral diversos obstáculos que las personas con discapacidad enfrentan diariamente como son la discriminación, las barreras físicas, el acceso a la educación y a las oportunidades laborales entre muchos otros, lo que representa sin lugar a duda uno de los mayores logros obtenidos internacionalmente a favor de las personas con discapacidad. [Figura 2]

Si bien es cierto que las bases legales y los fundamentos sociales ya se encuentran afirmados, la participación y la igualdad de oportunidades todavía están muy lejanas, se requiere todavía la concientización de la mayoría de la población mundial para conseguir la correcta ejecución de las normas y de los lineamientos proyectados, esto representa una tarea enorme que tendrá que ser edificada día por día con el esfuerzo y la participación tenaz de todos los integrantes de la sociedad durante el transcurso de varias generaciones para poder conseguir una efectiva consolidación de la “cultura de la discapacidad” a nivel mundial.

## LINEA DE TIEMPO

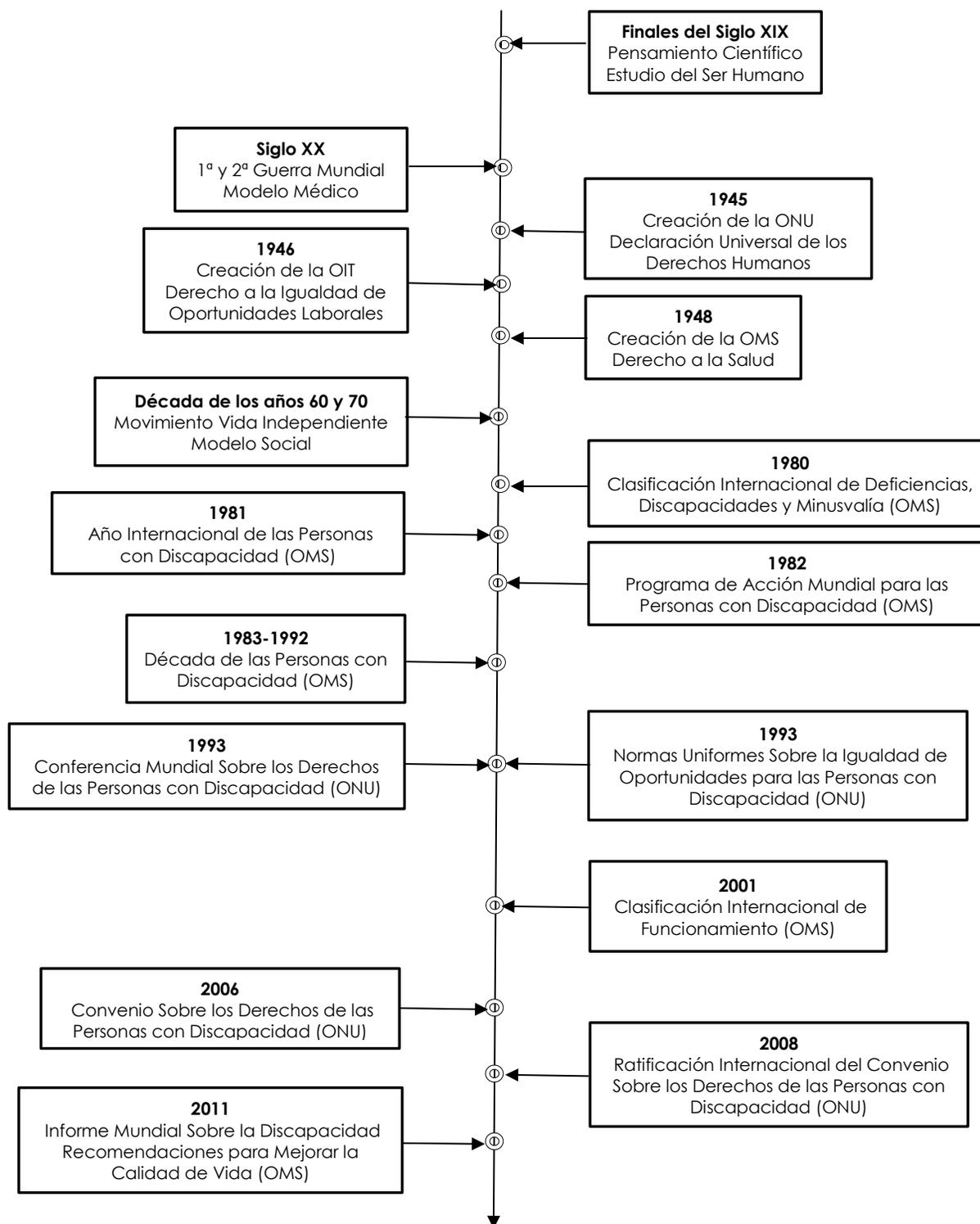


Figura 2: Evolución de la Teoría de la Discapacidad  
Fuente: Elaboración Propia.

---

## 1.2.2 DEFINICIÓN DE LA DISCAPACIDAD

En el “Programa de Acción Mundial para las Personas con Discapacidad” elaborado por la Organización Mundial de la Salud “OMS” se establece la distinción entre deficiencia, discapacidad y minusvalía. (OMS, 1982)<sup>4</sup>

**Deficiencia:** es toda pérdida o anormalidad de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica.

**Discapacidad:** es toda restricción o ausencia de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para el ser humano.

**Minusvalía:** es una situación desventajosa para un individuo determinado, consecuencia de una deficiencia o de una discapacidad, que limita o impide el desempeño de un rol que es normal en su caso.

Por otra parte, dentro de la posterior “Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud” “CIF” de la “OMS” se define a la discapacidad como: **“un término genérico que engloba diferencias, limitaciones de actividad y restricciones para la participación. La discapacidad denota los aspectos negativos de la interacción entre personas con un problema de salud con los factores personales y ambientales”**. (OMS, 2001)<sup>5</sup>

De acuerdo con esta definición de la Organización Mundial de la Salud, la discapacidad es un término general que abarca a las deficiencias, a las limitaciones de la actividad y a las restricciones de la participación de una persona dentro de la sociedad. Esta definición describe que las deficiencias son problemas que afectan a una estructura física o función corporal, que las limitaciones de la actividad son dificultades para ejecutar acciones o tareas y que las restricciones de la participación son problemas para participar en situaciones vitales.

La clara especificación que realiza la OMS de estos tres diferentes niveles de afectación física, personal y social dentro de la Clasificación Internacional de Funcionamiento, constituye una valiosa herramienta para el análisis de la problemática de la discapacidad ya que establece un fundamento colectivo para promover el diálogo, la discusión y el conocimiento.

En este sentido la discapacidad es un fenómeno que implica una complicada interacción entre el individuo y la sociedad. Una percepción común de algunos especialistas sobre el concepto de la discapacidad la describen como una parte inherente de la condición humana donde una persona puede presentar una deficiencia de manera temporal o permanente y la cual afecta directamente su desempeño en la sociedad.

---

<sup>4</sup> OMS. (1982). *Programa de Acción Mundial para las Personas con Discapacidad*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

<sup>5</sup> OMS. (2001). *Clasificación Internacional de Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

---

### **1.2.3 PARADIGMAS DE LA DISCAPACIDAD**

Como se ha expresado anteriormente la discapacidad es un tema muy complejo lleno de implicaciones particulares e interpretaciones culturales, para lograr conseguir tener una visión más amplia es necesario hacer una breve revisión de la forma en la cual la humanidad ha abordado históricamente este tema. Existen tres modelos principales que han servido para el tratamiento de la situación de discapacidad y son: el de prescindencia, el médico y el social.

#### **A. MODELO DE PRESCINDENCIA**

Este esquema dominó por siglos la percepción humana la cual consideraba que la discapacidad tenía su origen por causas religiosas y que las personas que la presentaban eran una carga para la sociedad. Dentro de este modelo se encuentra los submodelos Eugenésico y de Marginación.

En el submodelo Eugenésico el nacimiento de un niño con discapacidad se explicaba como resultado de un precepto divino o de un castigo celestial debido a un pecado cometido por sus padres, el cual debía de ser enmendado desde su inicio lo que conducía a la muerte del infante por la vía del infanticidio. Por otro lado, el submodelo de Marginación que tuvo una gran trascendencia histórica promueve la exclusión de las personas con discapacidad de cualquier participación social confinándolas en la pobreza y el abandono, obligándolas a mendigar y a ser objeto de compasión.

#### **B. MODELO MÉDICO**

Esta teoría también conocida como modelo rehabilitador tiene sus orígenes a mediados del siglo XIX y se encuentra centrada en el precepto médico científico de que las personas con discapacidad tienen una anomalía o enfermedad que las separa del resto de la población “normal” y que por lo tanto deben de ser tratadas o rehabilitadas para poder tener la “oportunidad de integrarse” a la vida social, lo que convierte a las personas en objetos médicos o casos de estudio cuyo tratamiento tiene como objetivo conseguir su “normalización”.

El modelo médico entiende a la discapacidad como una enfermedad o problema médico y se enfoca en las deficiencias y limitaciones funcionales del individuo lo que propicia que se subestimen sus aptitudes y que sean tratadas de forma paternalista o sobreprotectora promoviendo la idea de personas minusválidas.

---

Esta teoría asistencialista de la discapacidad resulta bastante limitada tanto en su concepción como en sus alcances por lo cual es cuestionada ampliamente, se podría decir que en la actualidad el modelo médico es poco defendido debido a su corta visión del problema, sin embargo, no deja de ser adoptado por algunos profesionales que ignoran o subestiman la gran relevancia que tienen la implicación social y los factores ambientales dentro del fenómeno de la discapacidad.

### **C. MODELO SOCIAL**

El modelo social parte de la premisa de que las causas que originan la discapacidad son motivadas por la forma misma como se encuentra estructurada la sociedad y no por las deficiencias particulares de sus individuos, de esta manera las personas con discapacidad son consideradas iguales y se demanda que sea la sociedad quien se adapte a las diferencias y promueva la participación equitativa de sus integrantes.

El modelo social o también conocido como modelo de derechos humanos surge a finales de la década de los años sesenta en Inglaterra y Estados Unidos principalmente impulsado por los acontecimientos sociales, políticos y culturales de la época, en donde los colectivos de personas con discapacidad en su mayoría formados por deportistas denuncian la situación marginal que padecen y exigen el reconocimiento de sus derechos civiles.

Para este momento, el deporte adaptado nacido en Inglaterra representó un parteaguas para promover el desarrollo integral y la apertura de la sociedad. Un ejemplo es el caso del movimiento Vida Independiente creado en Polonia en los años ochenta, que postula al individuo como el centro de la toma de decisiones y sitúa a la sociedad como el origen del problema, este movimiento dirige la atención hacia el impacto de las barreras sociales y ambientales tales como el transporte, los edificios inaccesibles, las actitudes discriminatorias y los estereotipos culturales negativos que discapacitan a las personas con deficiencias.

Actualmente el modelo social es el esquema de atención a la discapacidad predominante con una visión humanista en diversos ámbitos científicos, políticos y socioculturales. Dentro de este sistema podemos encontrar los Submodelos Biopsicosocial, Ecológico y de Rehabilitación Basada en la Comunidad.

En primera instancia el submodelo biopsicosocial tiene una intensión integradora de los fenómenos en el mundo que influyen en la situación de discapacidad, el individuo está interrelacionado con las esferas biológicas, psicológicas y sociales las cuales determinan su condición y estilo de vida modificando directamente el curso de su situación de discapacidad.

---

En este esquema la familia constituye el contexto principal para el desarrollo físico, emocional e intelectual del individuo y la sociedad interviene de manera conjunta en el tratamiento y la incorporación de la persona con discapacidad.

Posteriormente el submodelo Ecológico plantea que la persona se ve influenciada por tres sistemas que se encuentran incluidos uno dentro del otro “microsistema, mesosistema y macrosistema”. En el microsistema se parte del sujeto como persona autónoma que decide, participa y es influenciado por el ambiente familiar. Dentro del mesosistema la persona con discapacidad se ve como parte activa en su comunidad interactuando en ambientes sociales, escolares o laborales más grandes, y en el macrosistema se incluyen los dos conjuntos anteriores dentro de un gran sistema de patrones culturales, políticos, religiosos y económicos que afectan en general el comportamiento del individuo.

#### **D. ANÁLISIS CRÍTICO DE LAS POSTURAS MÉDICA Y SOCIAL**

Los modelos Médico y Social se distinguen por ser los dos paradigmas de la discapacidad más desarrollados a lo largo de la historia moderna de la humanidad, su empleo ha sido mundialmente difundido con mayor o menor aceptación dependiendo del tiempo y la cultura en la cual han sido promovidos. En primera instancia resulta fácil apreciar la existencia de un gran antagonismo entre ellos por motivo de sus fundamentos y aunque el modelo médico precede históricamente al social, este último no es una consecuencia directa del primero sino más bien una respuesta activa que refuta la estructura de sus principios y planteamientos.

El modelo Médico tiene sus orígenes en el gran aumento en la población con discapacidad debido a los conflictos bélicos del siglo XX, por lo que su enfoque estuvo centrado en un principio en la reparación fisiológica de las lesiones de los individuos con la intención de promover su rehabilitación. Hay que recordar que antes de ello no existían instituciones ni políticas públicas dirigidas a la atención de este particular sector de la población, por lo que a partir de este momento se comenzó a desarrollar por primera vez el conocimiento científico para el tratamiento de esta problemática social.

Uno de los aspectos más discutidos de este sistema radica en que se concibe a la discapacidad como una “anormalidad” por tratarse de una condición que se desvía del modelo iluminista o prototipo ideal del hombre europeo del siglo XVIII. Si bien es cierto que promueve positivamente la rehabilitación física del individuo, también es cierto que esta antigua y limitada noción no sólo no contribuye a la solución de la problemática social, sino que al contrario fomenta la desvalorización, el prejuicio y la discriminación al que se ha visto sometido el colectivo de las personas con discapacidad a lo largo de la historia.

---

Por otro lado, el sistema asistencialista médico promueve la resolución inmediata de la problemática social básicamente a partir de la restitución de las capacidades funcionales del individuo como método para lograr la inclusión, en lugar de elaborar soluciones estructurales que posibiliten la autonomía y participación por medio de la adaptación de las condiciones del entorno.

Es en este sentido que el modelo social surge como un movimiento de reivindicación y lucha para defender y ejercer los derechos humanos elementales y reevaluar la comprensión limitada que se tenía de la discapacidad desde lo profundo de la experiencia misma de las personas involucradas.

A partir de este momento la problemática deja de ser individual para convertirse en universal, el sistema adquiere la relevancia necesaria para constituirse en una pauta moderna para el planteamiento público y se origina la demanda colectiva que define a la conciencia cultural del movimiento: “Nada sobre nosotros sin nosotros”.

En esencia, el modelo social identifica claramente las limitaciones del contexto como la problemática a resolver y no así la diversidad funcional de las personas, en este sentido, es el medio ambiente quien restringe las oportunidades de participación y propicia la discapacidad de los individuos.

## **E. REHABILITACION BASADA EN LA COMUNIDAD “RBC”**

Por último, el submodelo de “Rehabilitación Basado en la Comunidad” comúnmente conocido como “RBC” tiene su origen en la falta de oportunidades para poder acceder a los programas de rehabilitación formal con las que cuentan las personas con escasos recursos económicos en los países en subdesarrollo, este sistema promueve la participación coordinada de las personas con discapacidad con el apoyo de la familia, la escuela, el estado y la sociedad civil.

De acuerdo con un documento publicado en conjunto por la Organización Mundial de la Salud “OMS”, la Oficina Internacional del Trabajo “OIT” y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura “UNESCO” en 2004, la rehabilitación basada en la comunidad “RBC” es una estrategia de desarrollo comunitario para la rehabilitación, la igualdad de oportunidades y la integración social de todas las personas con discapacidad.

La Rehabilitación Basada en la Comunidad “RBC” se lleva a cabo en más de 90 países con los esfuerzos combinados de las personas con discapacidad, de sus familias, de organizaciones y comunidades, así como de los servicios gubernamentales y particulares en salud, educación y trabajo entre otros.

---

De acuerdo con el Programa de Acción Mundial de la “OMS” de 1982 la rehabilitación es: *un proceso de duración limitada y con un objetivo definido, encaminado a permitir que una persona con deficiencia alcance un nivel físico, mental y/o social funcional óptimo, proporcionándole así los medios de modificar su propia vida...la rehabilitación puede comprender medidas encaminadas a compensar la pérdida de una función o una limitación funcional como son ayudas técnicas y otras medidas encaminadas a facilitar ajustes o reajustes sociales.* (OMS, 1982)<sup>6</sup>

La rehabilitación suele incluir los siguientes tipos de servicios:

- Detección temprana, diagnóstico e intervención.
- Atención y tratamiento médicos.
- Asesoramiento y asistencia sociales y psicológicos entre otros
- Capacitación en actividades de auto cuidado, movilidad, comunicación y habilidades de la vida cotidiana.
- Suministro de ayudas técnicas de movilidad y otros dispositivos.
- Servicios de rehabilitación profesional
- Seguimiento.

A diferencia del modelo tradicional de rehabilitación institucional médica que tiende a ser costoso y a no llegar a todas las localidades, la rehabilitación basada en la comunidad tiene la ventaja de desarrollarse en el entorno propio del paciente con un mínimo de gasto de recursos y con la participación de la familia y la comunidad en la planificación y ejecución del tratamiento. La “RBC” abarca todas las situaciones en las que los recursos de rehabilitación están disponibles dentro de la comunidad, para aprovechar y potenciar los recursos humanos y materiales. De esta forma la RBC proporciona servicios para las personas con discapacidad dentro de las estructuras sociales, sanitarias, educativas y laborales existentes en la sociedad. (OMS, 2012)<sup>7</sup>

De acuerdo con este documento de la “OMS” Los objetivos de la “RBC” son:

1. Asegurar que las personas con discapacidad puedan desarrollar al máximo sus capacidades físicas y mentales, tener acceso a los servicios y a las oportunidades ordinarios y ser colaboradores activos dentro de la comunidad y de la sociedad en general.
2. Impulsar a las comunidades a promover y proteger los derechos de las personas con discapacidad mediante transformaciones en la comunidad para la eliminación de barreras para la participación.

---

<sup>6</sup> OMS. (1982). *Programa de Acción Mundial para las Personas con Discapacidad*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

<sup>7</sup> OMS. (2012). *Rehabilitación Basada en la Comunidad: Guías para la RBC*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

---

Los principios generales de la “RBC” son:

- Descentralización.
- Enfoque en las personas con discapacidad, familia y comunidad.
- Participación comunitaria y planificación estratégica.
- Capacitación, monitoreo e información permanente.
- Multisectorial y trabajo en equipo.
- Tecnología apropiada.
- Carácter integral, flexibilidad y supervisión.

La “RBC” fomenta el derecho de las personas con discapacidad a vivir en la comunidad como ciudadanos en condiciones de igualdad, a disfrutar de salud y bienestar y a participar plenamente en actividades educativas, sociales, culturales, religiosas, económicas y políticas.

La “RBC” tiene una particular importancia para el presente trabajo de investigación ya que corresponde directamente con el sector de la población de bajos recursos con discapacidad motriz en México, para el cual se está buscando una alternativa de solución que promueva la autonomía en la movilidad de los individuos y posibilite una mayor participación dentro de su comunidad, así como el aumento en su calidad de vida. [Tabla 1]

Este modelo social que promueve la optimización de los recursos mediante la colaboración activa de todos los involucrados dentro de la comunidad es empleado con éxito dentro de nuestro país y algunos ejemplos destacados son:

#### **a) Proyecto Prójimo**

Es un programa de rehabilitación rural en Sinaloa dirigido por campesinos con discapacidad fundado en 1982 [Imagen 1] que tiene como objetivo ayudar a los niños con discapacidad y a sus familias a volverse más independientes mediante la impartición de servicios de alta calidad a bajo costo para las familias pobres que no pueden pagar o conseguir estos servicios en otro lugar. Ofrece una gran variedad de actividades de rehabilitación, capacitación y asesoramiento para las familias, así como fabricación de equipos de asistencia para la movilidad y terapia de rehabilitación.



Imagen 1: Proyecto Prójimo.

Fuente: (2014). p515.jpg. Recuperado de <http://www.nzdl.org>

## b) Piña Palmera

Es una organización de la sociedad civil en Oaxaca que desde 1984 ha trabajado para las personas con discapacidad desde un enfoque social y de derechos humanos en la atención y rehabilitación para los niños de las comunidades rurales e indígenas [Imagen 2]. La organización ha creado su propia metodología de trabajo desarrollada por personas con y sin discapacidad sobre un concepto de ética y justicia social, promoviendo el proceso integral de rehabilitación e inclusión social de más de 5000 personas con discapacidad y sus familias, pertenecientes a pueblos originarios de la Sierra Sur, Costa e Istmo de Oaxaca.



Imagen 2: Comunidad Piña Palmera.

Fuente: (2011). Piña palmera. Recuperado de: <http://pinapalmera.org>

Modelo	Prescendencia	Médico	Social	RBC
Origen	Antigua Grecia y Roma	Mitad siglo XX Europa y Estados Unidos	Años 60 y 70 Europa y Estados Unidos	Años 80 Nivel Mundial
Enfoque	Religioso	Científico	Social	Comunitario
Alcance	Exclusión de la participación social y el abandono	Reparación fisiológica del individuo para promover su rehabilitación y reintegración social	Eliminación de las barreras que provocan la discapacidad y promoción de la participación equitativa en la sociedad	Participación coordinada de las personas con discapacidad como estrategia para el desarrollo comunitario y la rehabilitación
Instituciones	Ninguna	Gubernamentales	Organizaciones Civiles y Gubernamentales	Familias, Comunidades, Organizaciones Privadas y Públicas

Tabla 1: Comparativo Paradigmas de la Discapacidad  
Fuente: Elaboración Propia.

#### 1.2.4 DIVERSIDAD FUNCIONAL

Actualmente está tomando mucha fuerza el empleo del término “Diversidad Funcional” como sustituto para la palabra “Discapacidad” por considerar que esta conlleva una connotación limitante o despectiva que se deriva de la visión tradicional del modelo médico que pretende rehabilitar a las personas “anormales” para conseguir su integración en la sociedad.

En este sentido el vocablo discapacidad es el resultado de una construcción social que ha establecido un modelo de perfección humana basado en la “normalidad médica” de la mayoría de la población y que ha generado discriminación, marginación y opresión de las personas con diversidad funcional.

La definición de discapacidad de la “CIF” como un término genérico que se utiliza para referirse a las deficiencias, las limitaciones en la actividad y las restricciones en la participación, denota sólo los aspectos negativos entre las personas con una alteración de la salud y su entorno, por esto surgió la necesidad por crear un término neutro que defina de mejor forma esta circunstancia.

El término “Diversidad Funcional” fue empleado por primera vez por Javier Romañach en el “Foro de Vida Independiente” en enero de 2005 (Romañach & Lobato, 2018)<sup>8</sup> se trata de una comunidad virtual para el debate y la reivindicación de los derechos de las personas con todo tipo de discapacidad en España que se basa en los principios del Movimiento de Vida Independiente.

<sup>8</sup> Romañach, J., & Lobato, M. (18 de Enero de 2018). *Foro de vida independiente y divertad*. Obtenido de <http://forovidaIndependiente.org/diversidad-funcional-nuevo-termino-para-la-lucha-por-la-dignidad-en-la-diversidad-del-ser-humano>

---

Es la primera vez en la historia que se propone un cambio hacia una terminología no negativa formulada exclusivamente por el colectivo de mujeres y hombres con diversidad funcional.

La diversidad funcional se ajusta a una realidad humana en la cual una persona funciona de manera diferente a la mayoría de la sociedad y en donde la diversidad de las características físicas de los sujetos en relación con las condiciones del entorno creado por la sociedad obliga a las personas con diversidad funcional a realizar las mismas tareas o funciones de una manera diferente. Por ejemplo, una persona con lesión medular utiliza una silla de ruedas para desplazarse mientras que el resto de la población emplea sus piernas para realizar la misma acción.

La importancia de la utilización de un “término neutro” para hacer referencia a una condición humana como la diversidad funcional radica en que las palabras o términos llevan asociadas ideas y conceptos que representan valores culturalmente aceptados.

La utilización de términos limitantes o despectivos como incapacidad, discapacidad, invalidez, minusvalía y dependencia refuerzan la subvaloración de las personas con diversidad funcional propiciando así su discriminación social.

En este mismo sentido hablar de “inclusión” representa una ambigüedad cultural ya que por un lado existe una loable intención por reintegrar a las personas con diversidad funcional dentro de la comunidad, pero por otra parte se hace reconocimiento que su exclusión responde a la “anormalidad o imperfección” de su condición física que requiere ser rehabilitada para poder acceder al “privilegio” de la inclusión social.

De acuerdo con la psicopedagoga argentina Constanza Orbaiz nadie está preparado para la discapacidad ya que *la discapacidad parece ser un espejo en el cual nadie se quiere mirar... la mejor forma de estar preparado es valorar la diversidad como parte de lo cotidiano, valorando a cada persona por lo que puede dar, para esto resulta imprescindible mirar a las personas y saber cuáles son sus dificultades y como convive con ellas.* (Orbaiz, 2017)<sup>9</sup>

Por otra parte, para Ronald Mace arquitecto creador del término y principios del “Diseño Universal” y activista por los derechos de las personas con discapacidad, la dimensión humana no está definida por unas capacidades, medidas o prestaciones, sino que debe contemplarse de manera más global, de una manera en que la diversidad es la norma y no la excepción.

Más allá de ser sólo un nuevo término para denominar a la discapacidad, la “Diversidad Funcional” es un complejo movimiento mundial en lucha contra la discriminación histórica de un colectivo de personas en defensa de su dignidad humana que exigen una ciudadanía plena y la igualdad de derechos y oportunidades en la sociedad.

---

<sup>9</sup> Orbaiz, C. (3 de Noviembre de 2017). Discapacidad, Poder distinto. Buenos Aires, Rio de la Plata, Argentina.

## 1.2.5 CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DE LA DISCAPACIDAD

La Organización Mundial de la Salud emitió por primera vez en el año de 1980 la Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías “CIDDM” [Figura2] como un instrumento cuyo objetivo era catalogar las capacidades residuales de las personas. Este instrumento estaba diseñado bajo un esquema lineal que replicaba el modelo médico en donde la enfermedad es el objeto central de una discapacidad o limitación de actividad lo que a su vez genera una minusvalía o desventaja social.

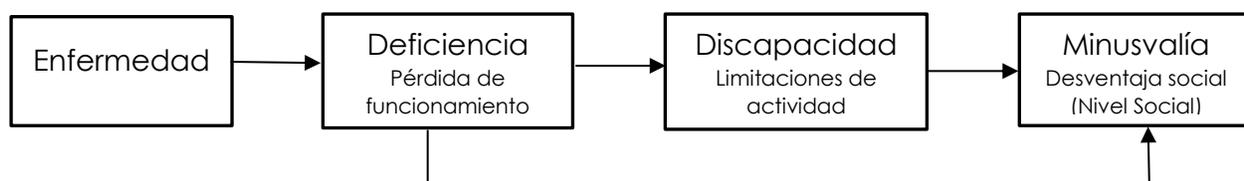


Figura 3: Modelo CIDDM.

Fuente: OMSO. (1983). *Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías*.

Esta clasificación fue ampliamente utilizada durante dos décadas para determinar las necesidades de las personas con discapacidad e identificar las situaciones discapacitantes en su entorno físico y social. Sus aplicaciones se extendieron desde el campo de la seguridad social, la evaluación de la capacidad laboral y las necesidades comunitarias, así como en el ámbito del urbanismo y la arquitectura. (OMS, 1983)<sup>10</sup>

La “CIDDM” significó en su momento un hito en el tratamiento de la discapacidad, sin embargo, desde un principio fue duramente criticada principalmente por el modelo médico en el cual se sustentaba, así como por su sistema causal y la falta de participación de los factores contextuales. Por este motivo la “OMS” inició un proceso de revisión para establecer un lenguaje común que incorporara un sistema de codificación confiable utilizando el modelo biopsicosocial como marco de referencia y que entendiera la discapacidad como una condición universal intrínseca al hombre.

De acuerdo con estos objetivos en el año 2001 la “OMS” emitió sus modificaciones bajo el nombre de Clasificación Internacional de Funcionamiento “CIF” [Figura 3] la cual concibe a la discapacidad como una “situación” de las personas por lo cual deja de ser una clasificación de consecuencias de enfermedades para convertirse en una clasificación de las capacidades residuales de los individuos.

<sup>10</sup> OMS. (1983). *Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías*. Madrid: Ministerio de Asuntos Sociales.

En la “CIF” ya no se enuncian tres niveles de consecuencias de la enfermedad como se refería la “CIDDM”, sino que ahora se habla de funcionamiento, discapacidad y salud en el siguiente sentido:

- A. Funcionamiento:** como termino genérico para designar todas las funciones y estructuras corporales, la capacidad de desarrollar actividades y la posibilidad de participación social del individuo.
- B. Discapacidad:** como término genérico que recoge las deficiencias en las funciones y estructuras corporales, las limitaciones en la capacidad de llevar a cabo actividades y las restricciones en la participación del ser humano.
- C. Salud:** como el elemento clave que relaciona a los dos anteriores.

A diferencia del esquema lineal causal de la “CIDDM”, la “CIF” plantea un esquema de múltiples interacciones entre sus diferentes partes y segmentos de la siguiente forma:

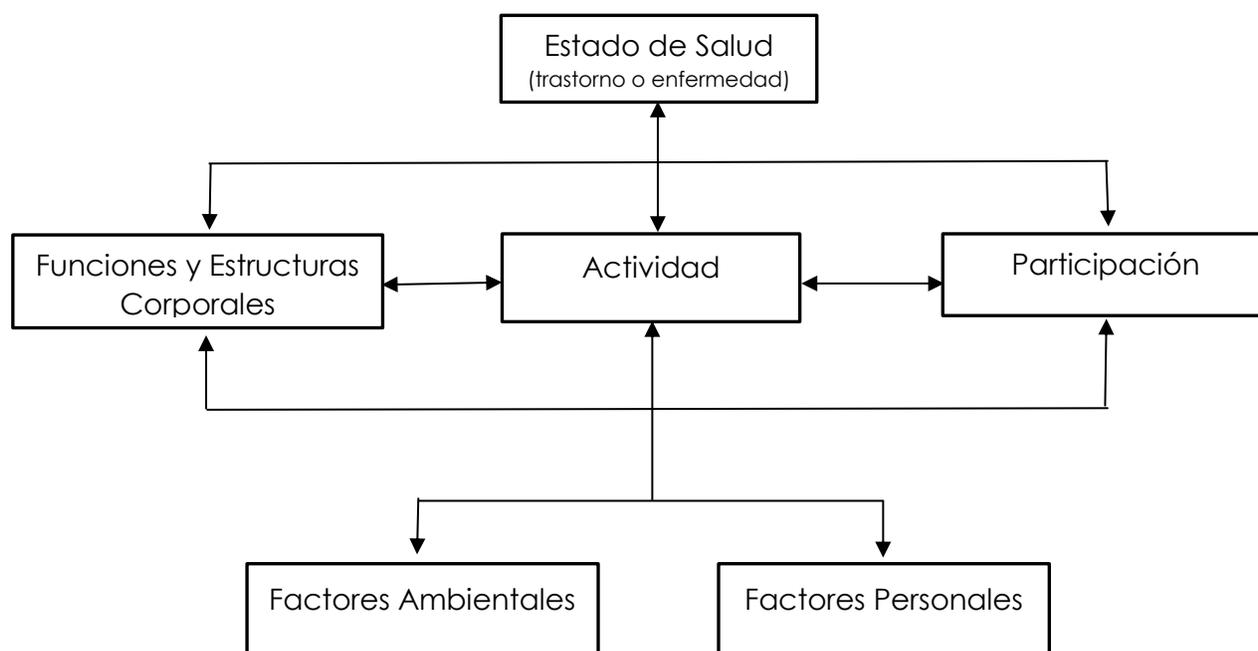


Figura 4: Modelo CIF.

Fuente: OMS. (2001). Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud.

La Clasificación Internacional de Funcionamiento se encuentra dividida de la siguiente forma:

**a. Funcionamiento y Discapacidad**

- Funciones y estructuras corporales
  - Cambios en las funciones corporales
  - Cambios en las estructuras corporales
- Actividades y participación
  - Capacidad
  - Desempeño/Realización

**b. Factores Contextuales**

- Factores ambientales
- Factores personales

El siguiente diagrama muestra la nueva estructura de la clasificación:

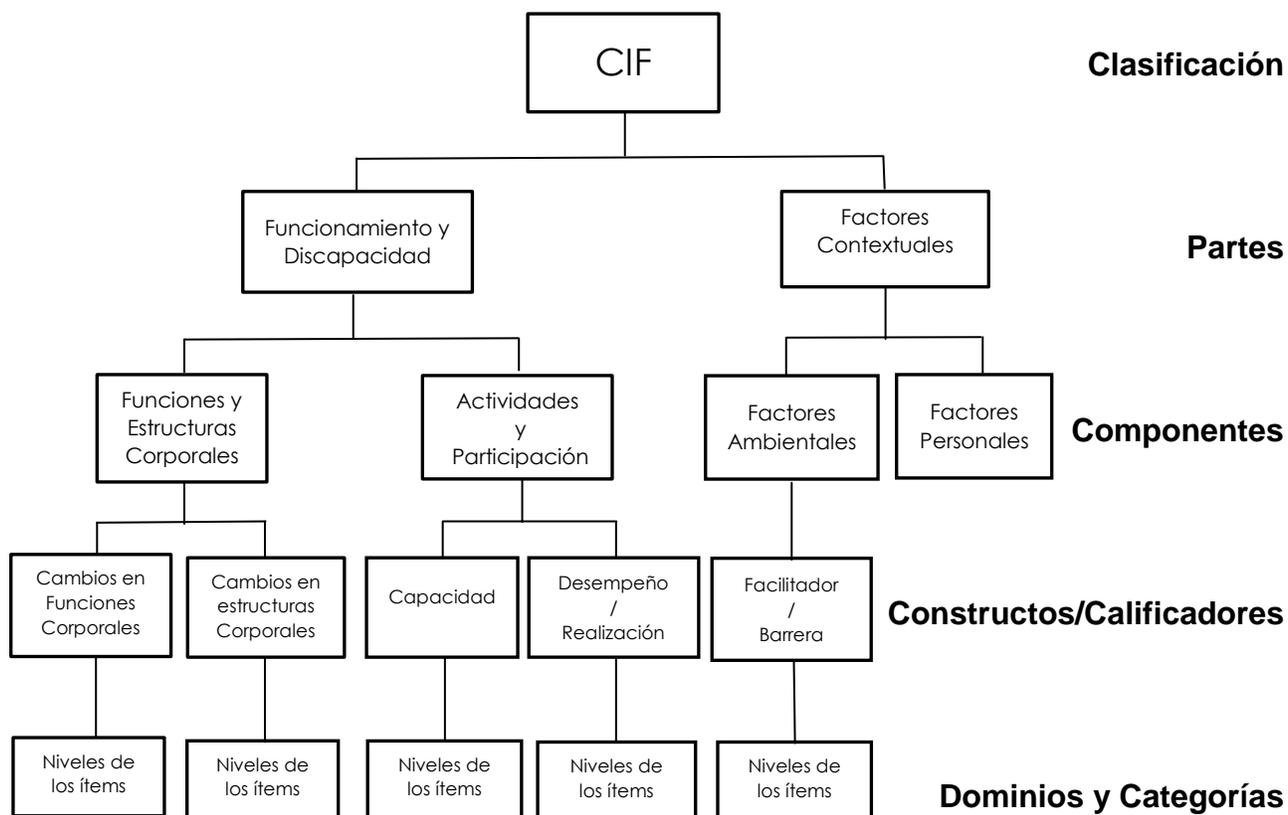


Figura 5: Categorías del Modelo CIF.

Fuente: OMS. (2001). Clasificación Internacional de Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud.

---

Como se puede apreciar la complejidad del nuevo esquema [Figura 4] ha aumentado además de que se han incorporado nuevos términos, conceptos, calificadores y niveles. La incorporación de estos nuevos términos y calificadores para describir los estados relacionados con las capacidades residuales de los individuos posibilita un mejor entendimiento a nivel mundial sobre los conceptos a los cuales hacen referencia y son de gran utilidad para describir con mayor precisión el contexto de las personas con discapacidad siendo de gran utilidad para el presente estudio, algunos de ellos son:

- **Bienestar** es un término general que engloba todo el universo de dominios de la vida humana incluyendo los aspectos físicos, mentales y sociales.
- **Condición de salud** es un término genérico que incluye enfermedad, trastorno, traumatismo y lesión.
- **Funcionamiento** es un término genérico que incluye funciones corporales, estructuras corporales, actividades y participación.
- **Discapacidad** es un término genérico para las perspectivas corporal, individual y social, lo que incluye deficiencias, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación.
- **Funciones corporales** son las funciones fisiológicas de los sistemas corporales incluyendo las funciones psicológicas.
- **Estructuras corporales** son las partes anatómicas o estructurales del cuerpo como órganos, miembros y sus componentes clasificados en relación con los sistemas corporales.
- **Deficiencia** es la anormalidad o pérdida de una estructura corporal o de una función fisiológica incluyendo las funciones mentales.
- **Actividad** es la realización de una tarea o acción por una persona, representa la perspectiva del individuo respecto al funcionamiento.
- **Limitaciones en la actividad** son las dificultades que un individuo puede tener para realizar actividades, abarca desde una desviación de leve a grave en términos de cantidad o calidad en la realización de la actividad.
- **Participación** es la implicación de una persona en una situación vital, representa la perspectiva de la sociedad respecto al funcionamiento.
- **Restricciones en la participación** son los problemas que puede experimentar un individuo para implicarse en situaciones vitales, la presencia de una restricción en la participación viene determinada por la comparación de la participación de esa persona con la participación esperable de una persona sin discapacidad en esa cultura o sociedad.

- 
- **Factores contextuales** son los factores que constituyen conjuntamente el contexto completo de la vida de un individuo y en concreto el trasfondo sobre los que se califican los estados de salud.
  - **Factores ambientales** son los aspectos del mundo externo que forma el contexto de la vida de un individuo, incluyen al mundo físico natural y al mundo físico creado por el hombre, así como a las demás personas con las que se interactúa, las actitudes, valores, servicios y sistemas sociopolíticos, así como sus reglas y leyes.
  - **Factores personales** son los factores contextuales que tienen que ver con el individuo como son la edad, el sexo, el estado civil o el nivel social entre otros.
  - **Facilitadores** son aquellos factores en el entorno de una persona que cuando están presentes mejoran el funcionamiento y reducen la discapacidad, como la accesibilidad física, la disponibilidad de tecnología asistencial adecuada, las actitudes positivas de la población respecto a la discapacidad, así como los servicios, sistemas y políticas que aumentan la participación de las personas con una condición de salud en todas las áreas de la vida.
  - **Barreras** son todos aquellos factores en el entorno de una persona que cuando están presentes o ausentes limitan el funcionamiento y generan discapacidad, entre ellos se encuentran la inaccesibilidad física, la ausencia de tecnología asistencial, las actitudes negativas de la población respecto a la discapacidad y los servicios, sistemas y políticas que dificultan la participación de las personas con una condición de salud en todas las áreas de la vida.

El estudio de la Clasificación Internacional de Funcionamiento “CIF” resulta en primera instancia una tarea indispensable para todo proyecto relacionado con el tema de la discapacidad debido a que esta clasificación proporciona un lenguaje unificado y estandarizado que permite la comunicación y el intercambio de conocimientos entre diferentes tipos de disciplinas y sectores sociales en todo el mundo.

Por otro lado, la “CIF” provee un marco conceptual que permite codificar un amplio rango de información relacionada con la salud y que resulta muy necesario para el planteamiento y la descripción de los estados de salud de las personas, como son el diagnóstico, el funcionamiento, la discapacidad y los diferentes motivos para contactar con los servicios de salud.

La relevancia de la “CIF” como una herramienta para la clasificación de aspectos relacionados con la salud es tal que en la actualidad es empleada en diversos medios como la seguridad social, las compañías de seguros, el sistema laboral, la economía, la educación, la política social o las modificaciones ambientales, por lo que es aceptada como un instrumento para implementar las regulaciones nacionales e internacionales sobre los derechos humanos de las personas con discapacidad.

---

Dentro de los objetivos específicos de la “CIF” se encuentran:

- Proporcionar una base científica para la comprensión y el estudio de la salud
- Establecer un lenguaje común para describir la salud y los estados relacionados con ella, para mejorar la comunicación entre distintos usuarios, profesionales de la salud, investigadores, diseñadores de políticas sanitarias y la población en general
- Permitir la comparación de datos entre países, entre disciplinas sanitarias, entre los servicios y en diferentes momentos a lo largo del tiempo
- Proporcionar un esquema de codificación sistematizado para ser aplicado en los sistemas de información y política sanitaria, en evaluación de la calidad asistencial, y para la evaluación de consecuencias en diferentes culturas

Algunas de las aplicaciones de la “CIF” son:

- Como herramienta estadística para la recopilación y registro de datos
- Como herramienta de investigación para medir resultados, calidad de vida o factores contextuales
- Como herramienta clínica en la valoración de necesidades, para asociar tratamientos, en la valoración vocacional, en la rehabilitación y en la evaluación de resultados
- Como herramienta de política social, sistemas de compensación y para el diseño de políticas
- Como herramienta educativa, para la puesta en marcha de actividades sociales

En conclusión, la Clasificación Internacional del Funcionamiento (CIF) es una herramienta clínica orientada a los pacientes diseñada para unificar y estandarizar el lenguaje requerido para la descripción de la salud, con el objetivo de mejorar la comunicación entre profesionales del ámbito clínico, estadístico, político, educacional y de la investigación, que permite determinar el perfil de la discapacidad y facilita el entendimiento multidisciplinario.

Si bien la utilización de esta herramienta requiere de un profundo estudio y familiarización de sus conceptos, el empleo adecuado de las 1454 categorías que la comprenden posibilita describir con precisión las características biopsicosociales de las personas ya sea con fines de rehabilitación, de estudio o de comunicación.

---

## 1.3 ESCENARIO INTERNACIONAL

### 1.3.1 ORGANISMOS INTERNACIONALES INVOLUCRADOS

La atención a la discapacidad ha sido un tema constante por parte de las organizaciones internacionales constituidas a partir del fin de la segunda guerra mundial, quienes preocupadas por las continuas violaciones de los derechos humanos de las personas con discapacidad comenzaron a trabajar en su defensa y rehabilitación con el objetivo de promover la igualdad de oportunidades y la participación social.

La existencia de estas instituciones resulta muy importante porque son las encargadas de formular las iniciativas necesarias para la toma de acuerdos y lineamientos en favor del bienestar de las personas con discapacidad a nivel mundial, como son las leyes, normas y reglamentos para garantizar el ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad o garantizar los ajustes y adecuaciones en materia de accesibilidad para afianzar la igualdad de condiciones en todos los ámbitos del desarrollo humano.

De estos organismos internacionales se desprenden las líneas o pautas para la atención de la discapacidad, son las responsables de crear los mecanismos y protocolos para la cooperación interinstitucional en las naciones del mundo.

El estudio de estas organizaciones resulta necesario para toda investigación en materia de discapacidad debido a que son la fuente que promueve su conocimiento y desarrollo, además de sentar las bases para todas las políticas y consensos que determinan la condición de vida de las personas con discapacidad y sus familias.

La revisión de su esquema e historia nos permite entender de mejor forma el origen y la dirección de las políticas de atención social que se aplican actualmente debido a que son quienes lideran la vanguardia en la investigación y generan la evolución de la cultura de la discapacidad a nivel internacional.

Las organizaciones internacionales más relevantes en materia de discapacidad son:

- **Organización de Naciones Unidas “ONU” (1945)**

En el año de 1948 emite “La Declaración Universal de los Derechos Humanos” en donde por primera vez se realizan en tratados de ámbito internacional, menciones expresas a la discapacidad, afirmando que: **“las personas con discapacidad deben poder ejercer sus derechos civiles, políticos, sociales y culturales en igualdad de condiciones con el resto de los ciudadanos.”** (ONU, 1948)<sup>11</sup> Posteriormente promueve acciones de asistencia a los gobiernos para la prevención de la discapacidad y la rehabilitación por medio de misiones de asesoramiento, creación de grupos de estudio, intercambio de información y de experiencias, así como formación de personal técnico y apoyo para la creación de centros de rehabilitación.

---

<sup>11</sup> ONU. (1948). *Declaración Universal de Derechos Humanos*. París: Organización de Naciones Unidas.

---

- **Organización Internacional del Trabajo “OIT” (1946)**

Organismo creado por las Naciones Unidas para el fomento de la justicia, en su inicio promueve una política integradora en favor de las personas con discapacidad. Esta organización promueve la facilitación del acceso al trabajo para las personas con discapacidad, así como prohíbe la discriminación en el empleo por este motivo. Las normas internacionales del trabajo de la “OIT” imponen a los estados la obligación de adoptar las medidas necesarias, de acuerdo con sus recursos, para garantizar que toda persona con alguna discapacidad goce del derecho a la igualdad de oportunidades en el mercado laboral.

- **Organización Mundial de la Salud “OMS” (1948)**

Organismo especializado en la gestión de políticas de prevención, promoción e intervención en la salud a nivel mundial. Dentro de sus principios la “OMS” establece que: *la salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades y que el goce del grado máximo de salud que se pueda lograr es uno de los derechos fundamentales de todo ser humano sin distinción de raza, religión, ideología política o condición económica o social.* (OMS, 2014)<sup>12</sup> La “OMS” es el organismo “oficial” responsable del estudio y la divulgación del fenómeno de la discapacidad que ha establecido las bases y lineamientos que han influenciado tanto en la percepción del concepto social de la discapacidad como en la creación de políticas de tratamiento a nivel internacional.

- **Organización de Estados Americanos “OEA” (1948)**

Bajo los principios de democracia, derechos humanos, seguridad y desarrollo la “OEA” promueve la completa integración de personas con discapacidad en las sociedades de los países americanos, ayudando a eliminar la discriminación en contra de todas las personas con discapacidad.

La Asamblea General de la “OEA” declaró el Decenio de América por los Derechos y la Dignidad de las Personas con Discapacidad 2006-2016, con el objetivo de lograr el reconocimiento y el ejercicio pleno de los derechos y la dignidad de las personas con discapacidad y su derecho a participar en la vida económica, social, cultural, política y en el desarrollo de sus sociedades, sin discriminación y en pie de igualdad con los demás. En su programa de acción para las personas con discapacidad la “OEA” trabaja de manera conjunta con sus estados miembros tanto a nivel civil como gubernamental.

Además de estas instituciones internacionalmente reconocidas existen también un gran número de pequeñas, medianas y grandes organizaciones civiles que trabajan en otros campos de acción difundiendo conocimientos y estableciendo redes de contacto, algunas de ellas son:

---

<sup>12</sup>OMS. (2014). *Documentos Básicos*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

- 
- Rehabilitación Internacional
  - Internacional de Personas con Discapacidad
  - Alianza Global para la Discapacidad y el Desarrollo
  - Acuerdo Internacional de Discapacidad
  - Red Global de Investigación sobre Discapacidad

### 1.3.2 ACUERDOS INTERNACIONALES SOBRE DISCAPACIDAD

- **Normas Uniformes sobre la igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad**

En el año de 1994 la Asamblea General de las Naciones Unidas “ONU” como resultado de las acciones realizadas durante la “Década de las Personas con Discapacidad” 1983-1992, emite un conjunto de 22 normas que sirven como modelo de legislación para promover la igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad en el mundo.

Estas normas promueven el compromiso moral y político de los gobiernos respecto de la adopción de medidas encaminadas a lograr la igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad y son un instrumento para la formulación de políticas que sirven de base para la cooperación técnica y económica. No obstante, aunque las Normas Uniformes representan un gran punto de partida no son un instrumento jurídicamente vinculante por lo que su aplicación depende totalmente de la voluntad política de cada nación y no se puede exigir su cumplimiento.

Si bien la “ONU” estableció desde 1948 dentro de la “Declaración de Derechos Humanos” que todas las personas nacen libres en igualdad de derechos y dignidad, en la realidad la violación continua de los derechos de las personas con discapacidad es origen de discriminación y marginación, por tal motivo surge la necesidad de lograr una convención internacional que los respalde.

- **Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad “CDPD”**

La “CDPD” es una propuesta mexicana aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 13 de diciembre de 2006 como respuesta a la necesidad de hacer valer de manera efectiva la aplicación de los derechos humanos de las personas con discapacidad en el mundo es un instrumento internacional destinado a proteger los derechos humanos y la dignidad.

Se trata del primer convenio internacional del siglo XXI que entró en vigor el 3 de mayo de 2008 y que actualmente ha sido firmado y ratificado por 173 países de los cuales 92 también han ratificado su protocolo el cual reconoce la competencia del comité para examinar denuncias particulares sobre la violación de los derechos de las personas con discapacidad.

---

Los principios rectores de la “CDPD” son:

- El respeto de la dignidad inherente, la autonomía individual, incluida la libertad de tomar las propias decisiones y la independencia de las personas.
- La no discriminación.
- La participación plena y efectiva en la sociedad.
- El respeto por la diferencia y la aceptación de las personas con discapacidad como parte de la diversidad y la condición humanas.
- La igualdad de oportunidades.
- La accesibilidad.
- La igualdad entre el hombre y la mujer.
- El respeto a la evolución de las facultades de los niños y las niñas con discapacidad y de su derecho a preservar su identidad.

La “CDPD” está integrada de forma temática por 50 artículos donde se describen los derechos, libertades, obligaciones y acciones que deben observar los gobiernos a nivel regional, nacional e internacional, con el fin de garantizar que las personas con discapacidad los ejerzan plenamente sin discriminación y en igualdad de oportunidades. La “CDPD” reconoce que: ***la discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, así como en igualdad de condiciones con los demás.*** (ONU, 2006)<sup>13</sup>

En la “CDPD” se esbozan los derechos civiles, culturales, políticos, sociales y económicos de las personas con discapacidad. Los estados miembros que han suscrito la convención acuerdan promover, proteger y garantizar el disfrute pleno y equitativo de los derechos humanos y las libertades fundamentales para las personas con discapacidad, así como el respeto sistemático de su dignidad inherente.

Todos estos principios y resoluciones encaminados a incrementar la calidad de vida de las personas con discapacidad se manifiestan físicamente en una serie de servicios, productos y adecuaciones, como son la creación de centros de rehabilitación, la fabricación de equipos de asistencia tecnológica o la proyección accesible de los espacios arquitectónicos.

En este sentido el diseño como un configurador de soluciones interviene para la proyección de productos, equipos y sistemas para la atención de la discapacidad. Mediante el estudio y la integración de diversos factores técnicos, sociales, económicos y culturales, el diseño tiene un amplio campo de acción para la innovación de aplicaciones prácticas orientadas a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad y sus familias.

---

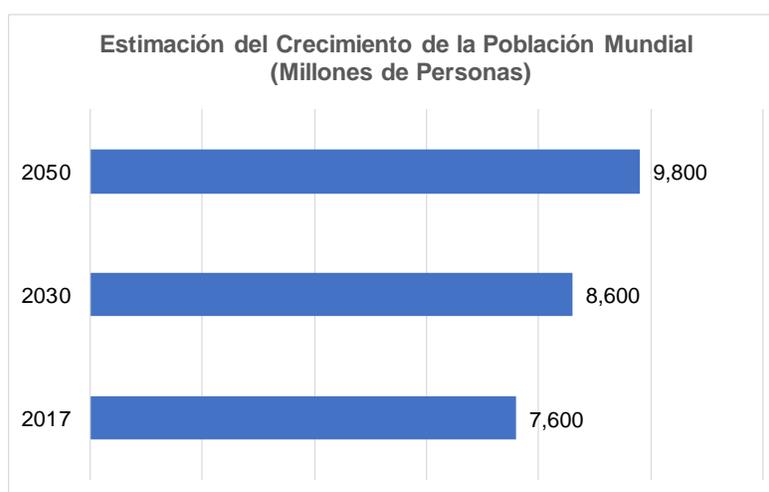
<sup>13</sup> ONU. (2006). *Convención sobre los Derechos de las personas con Discapacidad*. Nueva York: Organización de Naciones Unidas.

### 1.3.3 TENDENCIA DE CRECIMIENTO INTERNACIONAL DE LA DISCAPACIDAD

De acuerdo con el Informe Mundial sobre la Discapacidad de la “OMS” realizado en el año 2011 se estima que más de mil millones de personas en el mundo viven con algún tipo de discapacidad, cifra que representa el 15% de la población mundial del 2010. Esta cifra es superior a las estimaciones previas de la Organización Mundial de la Salud realizadas en 1970 cuando se estimó el 10%. (OMS, 2011)<sup>14</sup>

Este es un tema muy delicado como lo enuncia el informe ya que las personas con discapacidad son las que presentan los índices de salud y educación más bajos, así como también son quienes exhiben la menor participación económica y presentan las tasas de pobreza más altas en comparación con las personas sin discapacidad.

Según las estimaciones de la “OMS” [Gráfica 1] la población actual en 2017 es de 7,600 millones de personas y se estima que para el año 2030 llegará a 8,600 millones y para el 2050 serán 9,800 millones de personas, esto representa un aumento en la población de 83 millones al año pese a una disminución constante en los niveles de fertilidad y a una tendencia al envejecimiento de la población. (ONU, 2017)<sup>15</sup>



Gráfica 1: Estimación del Crecimiento de la Población Mundial.  
Fuente: ONU. (2017). *Perspectivas de la Población Mundial*.

En este sentido no es difícil pronosticar que el alto porcentaje de personas con discapacidad que existe en el mundo aumentará considerablemente en los años por venir por el simple hecho de que la población mundial está envejeciendo y con ello el riesgo de contraer una discapacidad es considerablemente mayor.

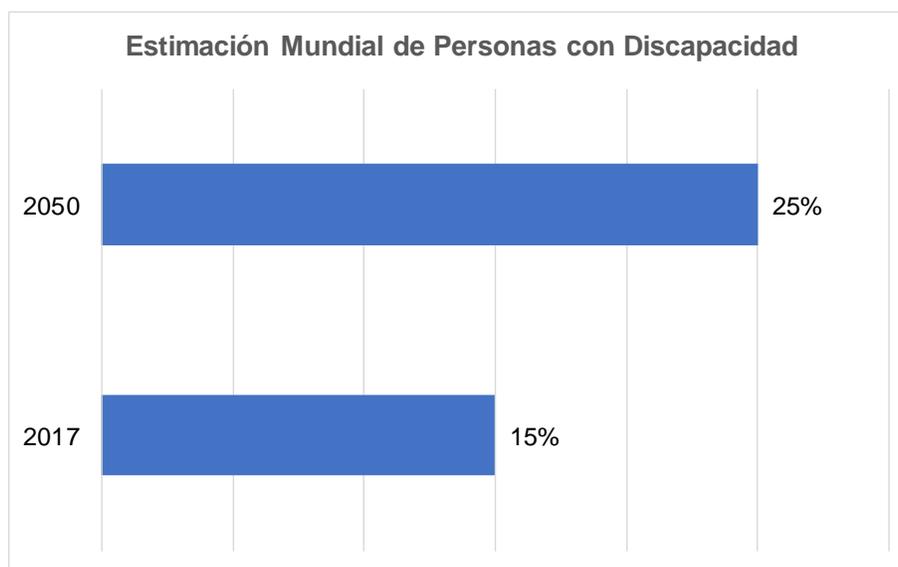
<sup>14</sup> OMS. (2011). *Informe mundial sobre la discapacidad*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

<sup>15</sup> ONU. (2017). *Perspectivas de la población mundial*. Nueva York: Organización de Naciones Unidas. Obtenido de <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>

En la revisión de las proyecciones de la población mundial del 2017 realizado por la Organización de Naciones Unidas “ONU” se muestra que la tendencia en la concentración del crecimiento se encuentra ubicada en los países pobres en los cuales se concentra el 80% de las personas con discapacidad en el mundo.

Además, el aumento en el envejecimiento de la población y el incremento global de los problemas crónicos de salud presupone un crecimiento significativo de la estimación actual de alrededor 15% de las personas con discapacidad en el mundo. (ONU, 2017)<sup>16</sup>

De acuerdo con estas tendencias el aumento en el porcentaje de las personas con discapacidad en el mundo [Gráfica 2] para el año 2050 podría estar entre 5-10%, es decir que para este año cerca del 25% de la población del mundo presentaría algún tipo de discapacidad lo cual representa un serio desafío para los servicios de salud y protección social en muchos países.



Gráfica 2: Estimación Mundial de Personas con Discapacidad.  
Fuente: ONU. (2017). *Perspectivas de la Población Mundial*

#### 1.3.4 RECOMENDACIONES DE LA OMS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA

La “OMS” en su Informe Mundial Sobre la Discapacidad del 2011 ya citado, realiza una serie de recomendaciones a los países para adoptar medidas que mejoren la calidad de vida de las personas con discapacidad ya que según se indica en el reporte *“muchos de los obstáculos a que se enfrentan las personas con discapacidad son evitables, y que pueden superarse las desventajas asociadas a la discapacidad.”* (OMS, 2011, pág. 18)<sup>17</sup>

<sup>16</sup> ONU. (2017). *Perspectivas de la población mundial*. Nueva York: Organización de Naciones Unidas. Obtenido de <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>

<sup>17</sup> OMS. (2011). *Informe mundial sobre la discapacidad*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

---

De esta forma la OMS recomienda;

- Posibilitar el acceso a todos los sistemas y servicios convencionales
- Invertir en programas y servicios específicos para las personas con discapacidad
- Adoptar una estrategia y un plan de acción nacionales sobre discapacidad
- Asegurar la participación de las personas con discapacidad
- Mejorar la capacidad de recursos humanos
- Proporcionar financiación suficiente y mejorar la asequibilidad
- Fomentar la sensibilización pública y la comprensión de la discapacidad
- Mejorar la recopilación de datos sobre discapacidad
- Reforzar y apoyar la investigación sobre discapacidad

El informe también hace énfasis en que para poner en práctica estas recomendaciones se requiere de la implicación de diferentes sectores públicos de salud, educación, protección social, trabajo, transporte y vivienda, así como de diferentes organizaciones de la sociedad civil, de personas con discapacidad, profesionales, sector privado, medios de comunicación y público en general, para adaptar las medidas recomendadas a los contextos específicos, fomentando la cooperación internacional.

## **1.4 CONTEXTO NACIONAL SOBRE LA DISCAPACIDAD**

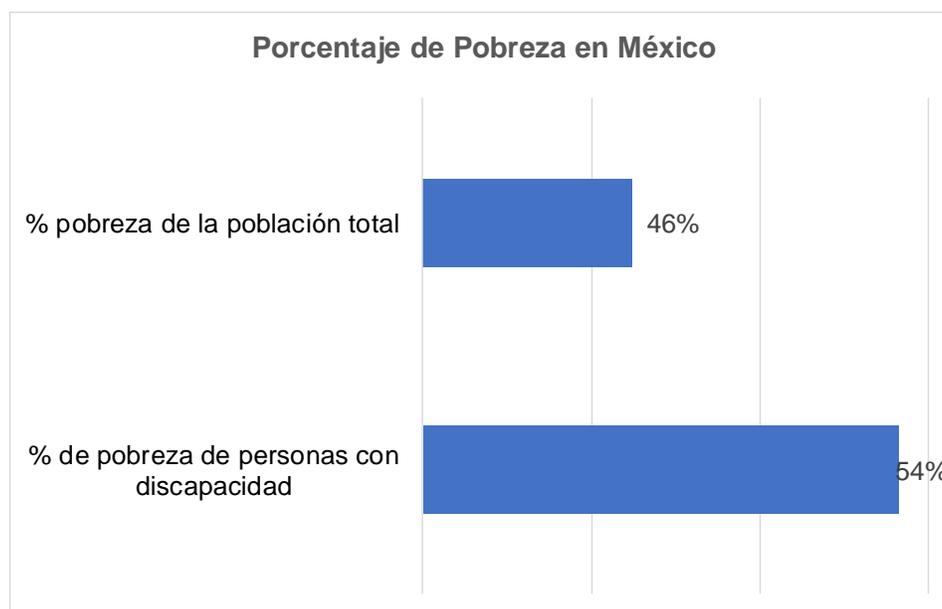
### **1.4.1 SITUACIÓN DE LA DISCAPACIDAD EN MÉXICO**

El panorama nacional según lo reportado por el Diagnóstico sobre la Situación de las Personas con Discapacidad en México 2016 realizado por la Secretaría de Desarrollo Social revela que la población de personas con discapacidad en el país es considerablemente menor a las estimaciones de la Organización Mundial de la Salud.

Este informe basado en los datos recabados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía en el 2014 estima que sólo el 6.4% de la población total del país es decir 7.65 millones de personas reporta tener al menos una discapacidad, por lo que se observa una discrepancia menor al 50% con relación a las estimaciones mundiales, lo cual no resulta muy convincente si se tiene en cuenta que el nivel de pobreza es un factor que contribuye al aumento de la discapacidad y que en México, [Gráfica 3] de acuerdo con el mismo diagnóstico, el 54.1% de las personas con discapacidad se encuentran en condición de pobreza, cifra aún mayor a la tasa de prevalencia nacional de pobreza que es del 46.2%. (SEDESOL, 2016)<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> SEDESOL. (2016). *Diagnóstico sobre la situación de las personas con discapacidad en México*. México D.f.: Secretaría de Desarrollo Social. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126572/Diagnostico\\_sobre\\_la\\_Situacion\\_de\\_las\\_Personas\\_Con\\_Discapacidad\\_Mayo\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126572/Diagnostico_sobre_la_Situacion_de_las_Personas_Con_Discapacidad_Mayo_2016.pdf)



Gráfica 3: Porcentaje de Pobreza en México.  
Fuente: SEDESOL. (2016). Diagnóstico sobre las Personas con Discapacidad en México.

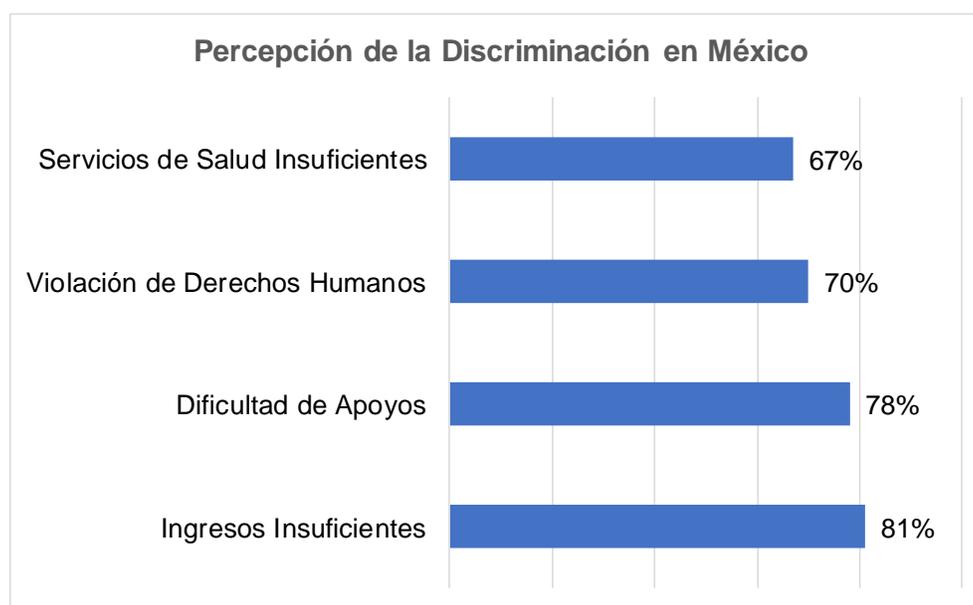
En el mismo diagnóstico se revela que **“las personas con discapacidad no tienen garantizado el pleno ejercicio de sus derechos sociales y humanos”** (SEDESOL, 2016, pág. 19)<sup>19</sup> e identifica como las causas principales de ello la deficiente educación, la baja participación en el mercado laboral, la limitada atención de los sistemas de salud y a la incipiente accesibilidad a los sistemas públicos y privados.

Si bien es cierto que en México se han realizado grandes avances dentro del campo de la discapacidad como son la ratificación del Tratado Internacional de los Derechos de las Personas con Discapacidad, la Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad o la creación del Programa Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las personas con Discapacidad, esto marca sólo el comienzo pues todavía queda mucho por hacer. Según datos del Programa Nacional para el Desarrollo 2014-2018 el porcentaje de la población con discapacidad con rezago educativo es del 50.4% lo que significa que por lo menos la mitad de las personas con discapacidad en México no tienen acceso a la educación, problema que promueve la exclusión social y dificulta la integración laboral de los individuos, cuestión que se ve reflejada en el bajo índice de participación económica (27.1%) presentado por la población con discapacidad en el país. (CONADIS, 2014)<sup>20</sup>

<sup>19</sup> SEDESOL. (2016). *Diagnóstico sobre la situación de las personas con discapacidad en México*. México D.f.: Secretaría de Desarrollo Social. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126572/Diagnostico\\_sobre\\_la\\_Situacion\\_de\\_las\\_Personas\\_Con\\_Discapacidad\\_Mayo\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126572/Diagnostico_sobre_la_Situacion_de_las_Personas_Con_Discapacidad_Mayo_2016.pdf)

<sup>20</sup> CONADIS. (2014). *Programa Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad 2014-2018*. México D.F.: Consejo Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad. Obtenido de [https://www.educacion.especial.sep.gob.mx/pdf/doctos/1Legislativos/15PROG\\_Nac\\_Desarrollo\\_Inclusion\\_Personas\\_Discapacidad.pdf](https://www.educacion.especial.sep.gob.mx/pdf/doctos/1Legislativos/15PROG_Nac_Desarrollo_Inclusion_Personas_Discapacidad.pdf)

De igual manera en lo que se refiere a la percepción de la discapacidad por la población general los datos no son muy alentadores. Dentro la Encuesta Nacional sobre Discriminación en México 2010 (CONAPRED, 2010)<sup>21</sup> realizada por el Consejo Nacional para Prevenir la Discriminación encontramos que el 70% de la población percibe que los derechos de las personas con discapacidad no se respetan y que al 78% de esta población les resulta muy difícil recibir los apoyos del gobierno. La encuesta expone que para el 67% de las personas con discapacidad les resultan insuficientes los servicios de salud y que para el 81% de ellos sus ingresos son insuficientes para cubrir las necesidades básicas. [Gráfica 4]



*Gráfica 4: Percepción de la Discriminación en México.*

*Fuente: CONADIS. (2014). Programa Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad.*

Como si fuera poco, en esta encuesta también se menciona que el 23.5% de la población total en México “no” estaría dispuesta a que en su casa viviera una persona con discapacidad, además de señalar que entre los mayores problemas que las personas con discapacidad enfrentan se encuentran el desempleo, la discriminación y las dificultades para ser autosuficientes, lo que vuelve evidente la existencia de un gran rezago público nacional en materia de discapacidad ya que todos somos corresponsables de la construcción del ambiente para que las personas con discapacidad sean tratadas con justicia, dignidad y respeto en nuestro país.

<sup>21</sup> CONAPRED. (2010). *Encuesta Nacional sobre Discriminación en México*. México D.F.: Consejo Nacional para Prevenir la Discriminación.

---

## 1.4.2 INSTITUCIONES GUBERNAMENTALES RESPONSABLES

Así como es importante el estudio de la historia y los fundamentos que rigen la evolución de las políticas internacionales en materia de discapacidad, también resulta necesario la revisión de la estructura y organización de las instituciones nacionales de atención, con la finalidad de entender la forma en la cual se aplican las diferentes resoluciones internacionales sobre las personas con discapacidad en nuestro país.

### - **Secretaría de Desarrollo Social “SEDESOL”**

En enero de 2013 el gobierno federal establece mediante decreto a la Secretaría de Desarrollo Social como responsable de la política de estado para el desarrollo integral de la sociedad, particularmente la atención a los grupos vulnerables en donde se encuentran las personas con discapacidad.

El objetivo de esta institución pública federal es garantizar el cumplimiento de los derechos sociales de todas las personas sin importar su condición social, económica, étnica, física o de cualquier otra índole, posibilitando la participación social y laboral equitativa en un entorno digno, que les permita obtener un adecuado nivel de vida.

Con este propósito la Secretaría de Desarrollo Social se establece como el organismo responsable para la elaboración de políticas de desarrollo social que promuevan la participación equitativa de todos sus integrantes, en especial la de los grupos más desprotegidos de la población entre los que se encuentran las personas que viven en pobreza, las poblaciones indígenas, los niños y jóvenes en situación de calle, los adultos mayores y las personas con discapacidad.

Para esto, la “SEDESOL” se encarga de garantizar el cumplimiento de los derechos mediante la elaboración de políticas para el desarrollo social y el fomento en la generación de oportunidades para la creación de un entorno favorable combatiendo así la pobreza, la vulnerabilidad y la exclusión social.

### - **Consejo Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad “CONADIS”**

La “CONADIS” es un organismo autónomo suscrito a la Secretaría de Desarrollo Social para la atención de las personas con discapacidad que trabaja en coordinación con diversas instituciones del gobierno federal, así como con organizaciones de personas con discapacidad, expertos y académicos.

Esta institución tiene como objetivo establecer la política pública para atender a las personas con discapacidad, así como promover sus derechos humanos y garantizar su plena participación e inclusión en todos los ámbitos de la vida. La “CONADIS” está integrada por una Dirección General, una Junta de Gobierno y una asamblea Consultiva que colabora para fortalecer los proyectos destinados a la creación de políticas públicas, también cuenta con un comité especializado para la coordinación interinstitucional y la difusión social.

---

- **Comité Técnico Especializado en Información de Discapacidad “CTEID”**

Este comité técnico creado por la “CONADIS” es la instancia para la coordinación interinstitucional cuyo objetivo es desarrollar acciones para la captación, integración, producción, procesamiento, sistematización y difusión de la información sobre el tema de la discapacidad. Es el espacio que reúne a las dependencias, organismos, organizaciones de la sociedad civil y órganos autónomos que atienden o generan información sobre el tema.

El “CTEID” es el encargado de dar respuesta a los compromisos nacionales e internacionales, sobre los derechos de las personas con discapacidad y establecer políticas para el cumplimiento de las obligaciones derivadas de los tratados internacionales.

- **La Comisión Nacional de los Derechos Humanos “CNDH”**

La Comisión Nacional de los Derechos Humanos de México es el principal organismo autónomo encargado de promover y proteger los derechos humanos ante los abusos cometidos por las personas o por el estado. Esta institución está acreditada ante las Naciones Unidas para la promoción y protección de los derechos humanos.

Conforme con la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad de la “ONU”, en marzo de 2011 la “CNDH” crea la Dirección General de Atención a la Discapacidad que tiene como objetivo el cumplimiento del artículo 33 de la Convención que se refiere a la aplicación y el seguimiento nacional del convenio mediante la creación de mecanismos independientes para promover, proteger y supervisar la protección y promoción de los derechos humanos de las personas con discapacidad.

***\*Nota:** El presente trabajo de investigación fue realizado en el año 2018 meses antes del nuevo cambio de gobierno por lo que las instituciones gubernamentales y los programas públicos de asistencia mencionados corresponden a las políticas de la administración pasada. En lo que va de enero de 2019 la Secretaría de Desarrollo Social ha sido substituida por la Secretaría de Bienestar quien será la responsable de dar atención a las personas con discapacidad y que tiene como líneas de acción la prevención de las causas de la discapacidad asociadas a enfermedades degenerativas y accidentes, así como la eliminación de obstáculos, para que las personas con discapacidad puedan participar de manera activa, productiva y de forma independiente en la vida social y económica de sus comunidades, a fin de evitar su marginación.*

*Para poder alcanzar este fin el actual gobierno ha destinado para el año 2019 un presupuesto estimado de 10 mil millones de pesos y se ha creado la Pensión para el Bienestar de las Personas con Discapacidad como uno de los programas con sensibilidad y sentido humano, para evitar que la discapacidad sea un motivo de exclusión. Hasta la fecha de impresión de esta investigación (12-02-2019), los planes y programas del Sistema Nacional de Bienestar se encuentran en fase de construcción por lo que la nueva secretaría ha anunciado que los programas sociales que estaban a cargo de la Secretaría de Desarrollo Social seguirán funcionando hasta nuevo aviso.*

---

### 1.4.3 LEGISLACIÓN VIGENTE EN MATERIA DE DISCAPACIDAD

#### **Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad “LGIPD”**

El gobierno mexicano en diciembre de 2007 ratifica la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad de la ONU y su protocolo facultativo, esto da paso al proceso de armonización de la legislación nacional y en mayo de 2011 se publica la Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad. (CNDH, 2015)<sup>22</sup>

Esta ley armoniza las disposiciones de la Convención y es reglamentaria del artículo 1o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos constituyéndose en el instrumento legal que permite la adopción de medidas legislativas, administrativas y de otra índole, para hacer efectivos los derechos de las personas con discapacidad.

Los principios rectores alrededor de los cuales gira esta ley son:

- La equidad
- La justicia social
- La igualdad de oportunidades
- El respeto a la evolución de las facultades de los niños y las niñas con discapacidad y de su derecho a preservar su identidad
- El respeto de la dignidad inherente, la autonomía individual, incluida la libertad de tomar las propias decisiones y la independencia de las personas
- La participación e inclusión plenas y efectivas en la sociedad
- El respeto por la diferencia y la aceptación de la discapacidad como parte de la diversidad y la condición humana
- La accesibilidad
- La no discriminación
- La igualdad entre mujeres y hombres con discapacidad

---

<sup>22</sup> CNDH. (2015). *Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad*. México D.F.: Comisión Nacional de los Derechos Humanos.

---

#### 1.4.4 ESQUEMA DE ATENCIÓN A LA DISCAPACIDAD

##### **Programa Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de Personas con Discapacidad “PNDIPD”**

Este Plan Nacional de Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad es el programa encargado de impulsar acciones que fomenten el respeto de los derechos de las personas con discapacidad y contribuyan a su desarrollo integral en la sociedad. Este programa fue elaborado por el Consejo Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad “CONADIS” conforme al Plan Nacional de Desarrollo “PND” 2013-2018 y es la institución encargada para darle cumplimiento en un periodo de 4 años.

El programa busca impulsar la realización de políticas públicas que garanticen el pleno ejercicio de los derechos de la población con discapacidad con la intención de generar una cultura de la discapacidad en todos los órdenes de la vida nacional y transformar el entorno público, social y privado respecto de las personas con discapacidad.

El “PNDIPD” es la vía para lograr que las personas con discapacidad cuenten con apoyos y servicios indispensables generados por las dependencias y entidades de los tres órdenes de gobierno. (CONADIS, 2014)<sup>23</sup>

Los temas que cubre este programa son salud, educación, trabajo, accesibilidad, turismo, legislación, justicia, deporte, cultura, asuntos indígenas y asuntos internacionales, entre otros y sus objetivos principales son:

- Incorporar los derechos de las personas con discapacidad en los programas o acciones de la administración pública.
- Mejorar el acceso de las personas con discapacidad a los servicios de salud y a la atención de salud especializada.
- Promover el diseño e instrumentación de programas y acciones que mejoren el acceso al trabajo de las personas con discapacidad.
- Fortalecer la participación de las personas con discapacidad en la educación especial, la cultura, el deporte y el turismo.
- Incrementar la accesibilidad en espacios públicos, el transporte y las tecnologías de la información para las personas con discapacidad.
- Armonizar la legislación para facilitar el acceso a la justicia y la participación política y pública de las personas con discapacidad.

---

<sup>23</sup> CONADIS. (2014). *Programa Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad 2014-2018*. México D.F.: Consejo Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad. Obtenido de [https://www.educacion.especial.sep.gob.mx/pdf/doctos/1Legislativos/15PROG\\_Nac\\_Desarrollo\\_Inclusion\\_Personas\\_Discapacidad.pdf](https://www.educacion.especial.sep.gob.mx/pdf/doctos/1Legislativos/15PROG_Nac_Desarrollo_Inclusion_Personas_Discapacidad.pdf)

Estos objetivos del programa tienen como propósito:

- Impulsar la realización de políticas públicas que garanticen el pleno ejercicio de los derechos de la población con discapacidad
- Generar una cultura de la discapacidad en todos los órdenes de la vida nacional
- Transformar el entorno público, social y privado
- Promover el cambio cultural y de actitud en el gobierno y la sociedad respecto de las personas con discapacidad.

Toda investigación o proyecto que se realice en México sobre la discapacidad se encuentra intrínsecamente vinculado al Plan Nacional de Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad sin importar su nivel de alcance o repercusión social, sólo por el simple hecho de intervenir directamente en el desarrollo del conocimiento y de la cultura del tema en nuestro país de acuerdo con los principios y objetivos propios del programa.

El estudio del “PNDIPD” resulta imprescindible para poder entender el funcionamiento de los mecanismos institucionales que fomentan el desarrollo del entorno social de las personas con discapacidad en México, por medio de la participación de nuevas ideas y conocimientos producto de investigaciones públicas y/o privadas.

De acuerdo con lo anterior, podemos concluir que en México existe una sólida base de políticas y legislaciones que procuran los derechos de las personas con discapacidad y promueven la participación equitativa de este colectivo en la sociedad, de esta forma el trabajo realizado promete una perspectiva de cambio para años venideros, sin embargo la teoría todavía se encuentra muy alejada de la realidad y la velocidad de la generación de una cultura de la discapacidad todavía no resulta ser la deseada.

En este sentido, se necesita redoblar esfuerzos para poder lograr un cambio cualitativo en la actitud social que promueva con mayor efectividad la participación de las personas con discapacidad en la vida activa del país, mediante el empeño de los diferentes órdenes de la vida nacional y la continua aportación de iniciativas para estimular la aceleración del proceso de construcción cultural.

### 1.4.5 ESTADÍSTICAS SOBRE DISCAPACIDAD EN MÉXICO

Según los datos ofrecidos por el reporte de La Discapacidad en México del 2014 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2014)<sup>24</sup> la prevalencia de la discapacidad en el país es de 6% lo que significa que 7.1 millones de habitantes del país presenta alguna condición discapacitante.

En cuanto a la incidencia por género el informe reporta que la población femenina con discapacidad es de 6.2%, ligeramente mayor en comparación con el 5.7% de los hombres.

De acuerdo con la información publicada dentro de dicho reporte, la estructura de la población con discapacidad está directamente relacionada con el proceso de envejecimiento de esta debido a que casi la mitad de las personas con discapacidad (47.3%) son adultos mayores de 60 años.

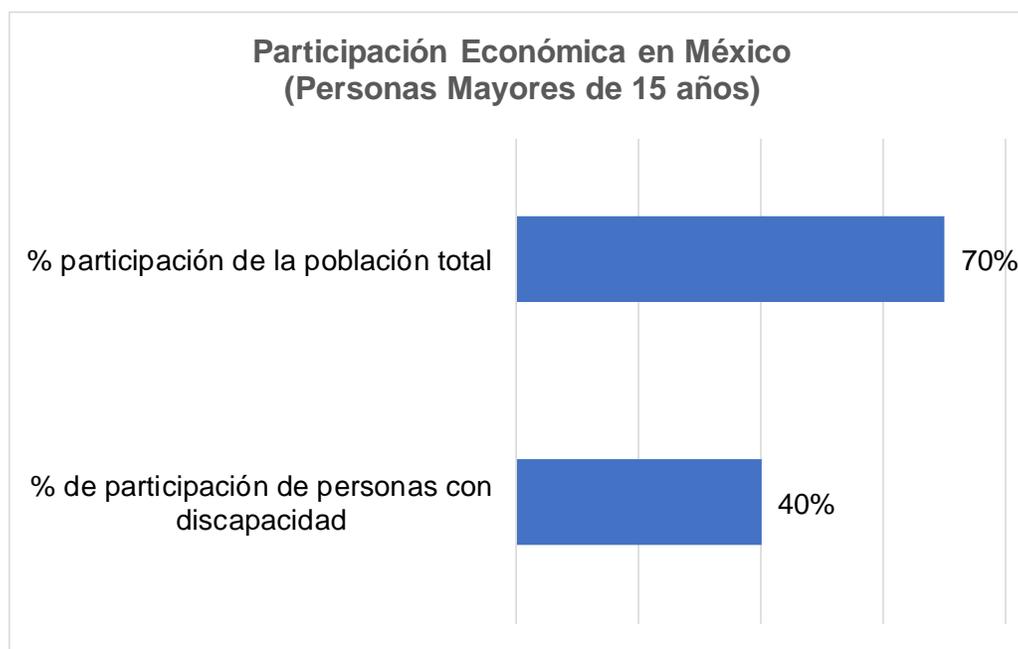
En cuanto al origen de la discapacidad en la población nacional [Gráfica 5] encontramos que entre los principales factores discapacitantes se encuentran las enfermedades con el 41%, la edad avanzada con el 33%, el nacimiento con el 11%, los accidentes con el 9%, la violencia el 1% y otras causas el 5%.



Gráfica 5: Origen de la Discapacidad en México.  
Fuente: INEGI. (2014). *La Discapacidad en México datos al 2014*.

<sup>24</sup> INEGI. (2014). *La Discapacidad en México, datos al 2014*. México D.F.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Por otra parte, el nivel de participación económica reportado en el país [Gráfica 6] indica que sólo 4 de cada 10 personas con discapacidad mayores de 15 años participan en alguna actividad económica, lo que representa un poco más de la mitad comparado con la participación de 7 de cada 10 personas sin discapacidad de la misma edad.



Gráfica 6: Participación Económica en México.  
Fuente: INEGI. (2014). *La Discapacidad en México datos al 2014*.

En este ámbito laboral sólo el 32.4% de las personas mayores de 15 años que no pueden caminar y/o subir y bajar usando sus piernas reporta tener empleo.

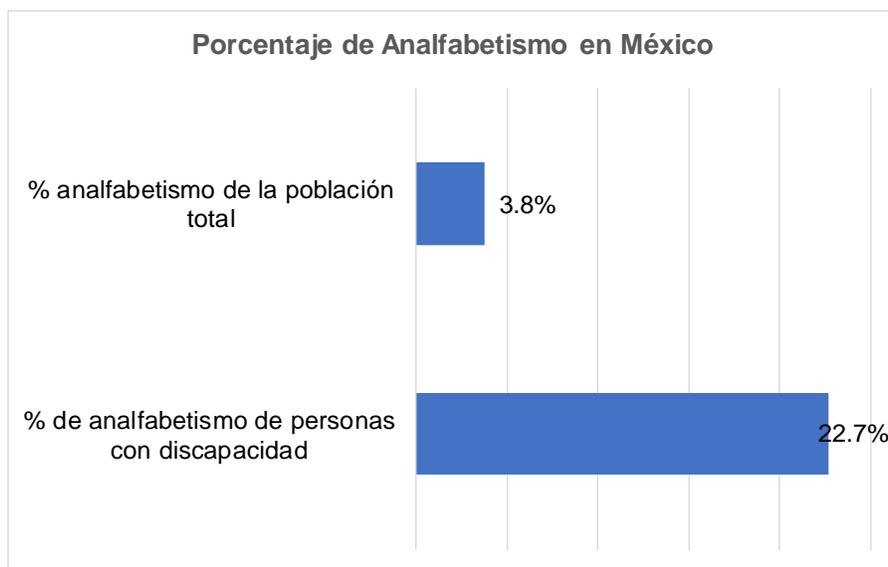
En cuanto al nivel de educación de las personas con discapacidad [Gráfica 7] el reporte indica que sólo el 46.5% de las personas con discapacidad de entre 3 y 29 años tienen participación escolar en contraparte con el 60.6% de las personas sin discapacidad lo cual indica por la diferencia de participación que este grupo de la población presenta mayores barreras para acceder a la educación.

El reporte sobre *La Discapacidad en México en el 2014* del INEGI no hace mayor referencia acerca del nivel educativo de la población sin discapacidad, así como tampoco presenta un estudio más profundo sobre el grado de educación de las personas de acuerdo con el tipo de discapacidad por lo que la falta de esta información impide observar un panorama más completo sobre este tema.



Gráfica 7: Participación Escolar en México.  
Fuente: INEGI. (2014). La Discapacidad en México datos al 2014.

Otros datos relevantes del mismo informe indican que la población con discapacidad analfabeta [Gráfica 8] es del 22.7% lo cual supera por mucho el porcentaje de analfabetismo de la población sin discapacidad que es del 3.8%. Lo cual presupone un gran obstáculo para la participación laboral y económica de las personas con discapacidad en México.



Gráfica 8: Porcentaje de Analfabetismo en México.  
Fuente: INEGI. (2014). La Discapacidad en México datos al 2014.

De acuerdo con esta información se puede concluir que el envejecimiento y las enfermedades son los factores que más influyen en la adquisición de una discapacidad y que la escasa participación social de las personas con discapacidad se encuentra directamente relacionada con la falta de acceso a la educación y la baja inclusión laboral.

---

## 1.5 DISCAPACIDAD MOTRIZ

Dentro de la clasificación de los tipos de discapacidad enunciados por la OMS se encuentra en primer lugar la discapacidad motriz en la siguiente forma:

- 1) Discapacidad Física - Motriz
- 2) Discapacidad Sensorial - Auditiva
- 3) Discapacidad Sensorial - Visual
- 4) Discapacidad Psíquica
- 5) Discapacidad Intelectual
- 6) Otros

La discapacidad física o motriz es una condición que afecta el control y el movimiento del cuerpo, constituye una alteración de la capacidad del movimiento que afecta en distinto nivel las funciones de desplazamiento, manipulación o respiración, lo que limita a los individuos en su desarrollo personal y social.

La discapacidad motriz ocurre cuando hay una alteración en los músculos, huesos o articulaciones, o cuando existe un daño en el cerebro y/o sistema nervioso impidiendo a las personas a moverse de forma adecuada.

### 1.5.1 DEFINICIÓN DE LA DISCAPACIDAD MOTRIZ

Según la Clasificación Internacional de Enfermedades “CIE” emitida por la Organización Mundial de la Salud “OMS” la discapacidad se refiere a *“cualquier restricción o falta de capacidad -como consecuencia de una deficiencia física- para llevar a cabo una actividad de la manera o nivel considerado normal para un individuo en su situación sociocultural específica.”* (OMS, 1995, pág. 9)<sup>25</sup>

De acuerdo con la “Clasificación de Tipo de Discapacidad – Histórica” elaborada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática “INEGI” la discapacidad motriz pertenece al grupo 2, subgrupo 210 de discapacidades de las extremidades inferiores, tronco, cuello y cabeza, la cual: *comprende a las personas que tienen limitaciones para moverse o caminar debido a la falta total o parcial de sus piernas... también a aquellas que aun teniendo sus piernas no tienen movimiento en éstas, o sus movimientos tienen restricciones que provocan que no puedan desplazarse por sí mismas, de tal forma que necesitan la ayuda de otra persona o de algún instrumento como silla de ruedas, andadera o prótesis.* (INEGI, 1999, pág. 22)<sup>26</sup> Sin embargo esta definición resulta ser poco precisa e incompleta.

---

<sup>25</sup> OMS. (1995). *Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

<sup>26</sup> INEGI. (1999). *Clasificación de Tipo de Discapacidad-Histórica*. México D.F.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

---

La discapacidad motriz engloba un gran número de trastornos que se manifiestan en múltiples formas y grados, por lo cual, no es posible generalizar los síntomas o manifestaciones que la caracterizan, para ello se necesita realizar una clasificación más detallada con el fin de especificar particularmente cada una de las patologías.

Trastornos motores producen una lesión, enfermedad o secuela del sistema nervioso o bien del aparato locomotor en articulaciones, huesos y músculos de las extremidades inferiores y pueden ser originados por agentes traumáticos, metabólicos, infecciosos o genéticos ya sea de carácter permanente o transitorio, así como pueden presentar diferentes niveles de afectación o grados de severidad de la discapacidad de acuerdo con el grado de autonomía e independencia del individuo.

### 1.5.2 LESIONES DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

Pueden afectar la movilidad de la cabeza, columna y extremidades superiores e inferiores de los individuos, así como el funcionamiento de los aparatos musculoesquelético, respiratorio, cardiovascular, digestivo y urinario además de los sistemas metabólico e inmunológico.

Dependiendo de la gravedad y la localización estas afectaciones se clasifican de acuerdo con el número de extremidades y partes del cuerpo que afectan por lo que se denominan de la siguiente forma:

- **Monoplejia:** parálisis de una sola extremidad
- **Hemiplejia:** parálisis de un lado del cuerpo
- **Paraplejia:** inmovilidad en la mitad inferior del cuerpo
- **Tetraplejia:** inmovilidad de todas las extremidades del cuerpo

De acuerdo con el “Programa Nacional de Activación Física” para las personas con discapacidad motriz de la Comisión Nacional del Deporte (CONADE, 2002)<sup>27</sup> la discapacidad puede clasificarse según el grado o nivel de afectación en:

- **Discapacidad Leve:** afecta a la persona en un miembro inferior o superior, pero le permite deambular por su propio pie o con la ayuda de un bastón, prótesis o implemento mínimo.
- **Discapacidad Moderada:** afecta a los dos miembros inferiores, pero le permite a la persona deambular por sí misma con ayuda de muletas, prótesis o en silla de ruedas.
- **Discapacidad Severa:** afecta a dos o más miembros del cuerpo e impide al individuo deambular y realizar las actividades de la vida diaria, por lo que requiere del apoyo de otra persona.

---

<sup>27</sup> CONADE. (2002). *Programa Nacional de Activación Física*. México D.F.: Comisión Nacional del Deporte.

---

Dentro de la clasificación médico-deportiva realizada por la Federación Internacional de Deportes en Silla de Ruedas y Amputados (IWAS, 2018)<sup>28</sup> fundadora de los Juegos Paralímpicos en 1952, se agrupa a las personas con lesión medular traumática, mielomeningocele, secuela de polio, amputados o dismelias, dentro de seis diferentes categorías dependiendo del nivel de afectación medular [Imagen 3] y función muscular de la siguiente manera:

- **Categoría 1A:** lesionado medular entre las cervicales C4 y C6 con la obvia afectación de los cuatro miembros. Los músculos del tríceps no son funcionales.
- **Categoría 1B:** lesionado medular a la altura de la cervical C7 con la afectación de los cuatro miembros. Tiene un tríceps bueno o normal, además de pobre flexión y extensión de la muñeca.
- **Categoría 1C:** lesionado medular a la altura de la cervical C8 con la afectación de los cuatro miembros. Buena o normal musculatura en tríceps y la función es buena o normal en los extensores y flexores de la muñeca.
- **Categoría 2:** lesión medular torácica entre T1 y T5, con afección del tronco y de las extremidades inferiores, sin función de los músculos abdominales. Ningún equilibrio en la silla.
- **Categoría 3:** lesión medular torácica entre T6 y T10, con presencia de buenos músculos abdominales superiores, pero sin función en los músculos abdominales inferiores y los extensores del tronco. Capacidad ligera de mantener el equilibrio en la silla.
- **Categoría 4:** las lesiones pueden ser torácicas o lumbares entre la T11 y L3, sin funcionalidad en los miembros inferiores, pero buena musculatura espinal en músculos abdominales, dorsales y extensores. El equilibrio sentado es bueno y también se puede o no movilizar con muletas.
- **Categoría 5:** la lesión medular lumbar entre L4 y L5, los músculos abdominales son buenos. Buen equilibrio sentado y se puede movilizar con muletas.
- **Categoría 6:** la lesión medular sacra entre S1 y S3, sin funcionalidad en una o dos de las extremidades inferiores. Buen equilibrio sentado y se puede movilizar en muletas, así como con sólo apoyo mínimo.

---

<sup>28</sup> IWAS. (8 de Marzo de 2018). *International Wheelchair & Amputee Sports Federation*. Obtenido de <http://iwaf.com/iwaf>

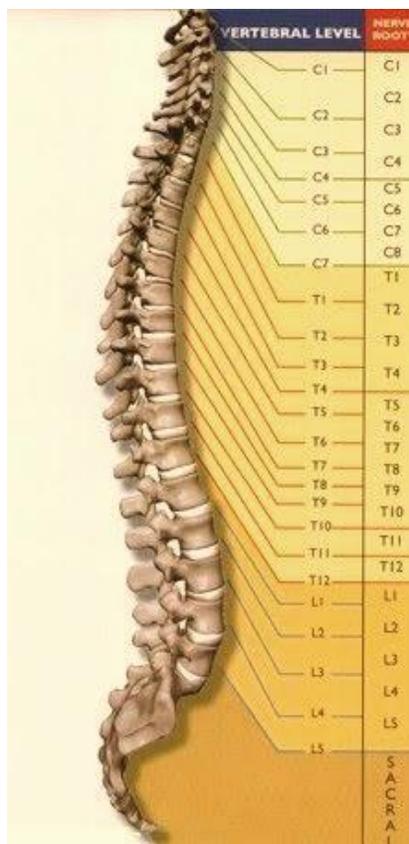


Imagen 3: Niveles de Lesión Vertebral.

Fuente: (2014). 210977 tn. Recuperado de [http://www.medhelp.org/personal\\_pages/user/1613542](http://www.medhelp.org/personal_pages/user/1613542)

Para las personas amputadas la clasificación se realiza en diferentes clases que van de A1 a A9 dependiendo de los miembros afectados y el nivel de amputación de la extremidad [Imagen 4] en la siguiente forma:

- **Clase A1 AK doble:** ambas piernas amputadas sobre la rodilla
- **Clase A2 AK:** una pierna amputada sobre la rodilla.
- **Clase A3 BK doble:** ambas piernas amputadas debajo de la rodilla.
- **Clase A4 BK:** una pierna amputada debajo de la rodilla.
- **Clase A5 AE doble:** ambos brazos amputados sobre el codo.
- **Clase A6 AE:** un brazo amputado sobre el codo.
- **Clase A7 SEA doble:** ambos brazos amputados debajo del codo.
- **Clase A8 SEA:** un brazo amputado debajo del codo.
- **Clase A9:** son las diferentes combinaciones de amputaciones de las extremidades inferiores y/o superiores.

Las abreviaturas posteriores a la “Clase” de amputación indican lo siguiente:

**AK** - Sobre o a través de la articulación de la rodilla.

**BK** - Debajo de la rodilla, pero a través o sobre la articulación del tobillo.

**AE** - Sobre o a través de la articulación del codo.

**SEA** - Debajo del codo, pero a través o sobre la articulación de la muñeca.

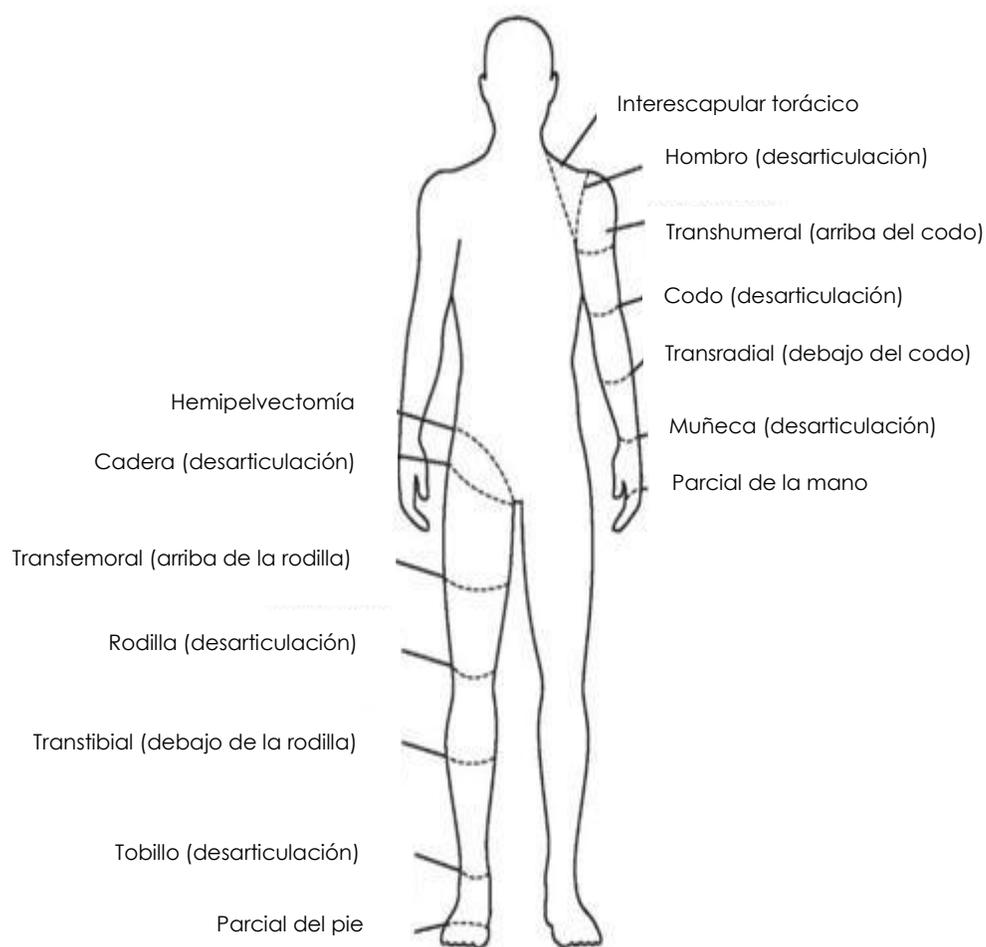


Imagen 4: Niveles de Amputación.

Fuente: (2011). 156.jpg. Recuperado de [http://www.ebrary.net/imag/med/alex\\_pedreh/image156.jpg](http://www.ebrary.net/imag/med/alex_pedreh/image156.jpg)

---

### 1.5.3 CAUSAS DE LA DISCAPACIDAD MOTRIZ

La discapacidad motriz puede ser consecuencia de una condición genética, de accidentes o traumatismos, así como del resultado de afectaciones al cerebro, la médula espinal o el aparato musculoesquelético, algunas de las causas más comunes dependiendo del origen son:

#### A. Daños cerebrales:

- **Daño Cerebral Adquirido:** lesión repentina en el cerebro que aparece de forma abrupta y puede presentar una gran variedad de secuelas.
- **Parálisis cerebral:** afectación crónica en el desarrollo cerebral de origen prenatal o postnatal que produce graves efectos en la motricidad.

#### B. Daños en la médula espinal:

- **Lesión en la médula espinal:** lesión producida por una contusión, laceración, compresión o sección de la médula espinal de origen traumático o degenerativo que causa alteraciones de la función motriz y sensorial.
- **Espina bífida:** formación incompleta de la espina dorsal del feto causante de alteraciones en las extremidades inferiores.
- **Esclerosis múltiple:** daño de la capa de mielina que recubre la médula espinal que puede ocasionar la disfunción del sistema locomotor.

#### C. Daños en la musculatura:

- **Distrofia muscular:** conjunto de trastornos que conducen a la debilidad y pérdida de la masa muscular dificultando la locomoción y el funcionamiento general de las funciones vitales.
- **Amputación:** pérdida de extremidades o partes del cuerpo que limitan el funcionamiento habitual de una persona.

De acuerdo con la guía de Discapacidad Motriz del Consejo Nacional de Fomento Educativo (CONAFE, 2010)<sup>29</sup> las causas de la discapacidad [Tabla 1] pueden ser clasificadas de acuerdo con su etiología, etapa y origen de la siguiente forma:

---

<sup>29</sup> CONAFE. (2010). *Discapacidad Motriz*. México D.F.: Consejo Nacional de Fomento Educativo.

<b>Según la Etiología</b>	-Transmisión genética -Infecciones -Accidentes -Origen desconocido	
<b>Según la etapa de origen</b>	Prenatales Perinatales Postnatales	
<b>Según el origen de la lesión</b>	Cerebral	Parálisis cerebral Traumatismo craneoencefálico Tumores
	Medular	Poliomielitis Mielomeningocele -Espina bífida- Lesiones medulares degenerativas Traumatismo medular - Paraplejia - Tetruplejia
	Muscular	Miopatía Distrofia muscular
	Óseo-articulario	Malformaciones congénitas Amputaciones Luxaciones Distrofias: - Condrodistrofia - Osteogénesis imperfecta Microbianas: - Osteomielitis aguda - Tuberculosis - Osteo-articular Reumatismos infantiles Lesiones óseo-articulares - Cifosis - Escoliosis - Lordosis

Tabla 2: Causas de la Discapacidad Motriz.

Fuente: CONAFE. (2010). Discapacidad Motriz. México D.F.: Consejo Nacional de Fomento Educativo.

---

## 1.6 REFLEXIONES SOBRE DISCAPACIDAD

- La construcción de la cultura de la discapacidad requiere de la participación de todos los integrantes de la sociedad y es de carácter internacional.
- Los derechos de las personas con discapacidad deben ser respetados en todo momento promoviendo la participación y la igualdad de oportunidades.
- La discapacidad es más que una condición de salud, es un concepto que comprende limitaciones en la actividad y restricciones para la participación social por factores personales y ambientales.
- El modelo de “Rehabilitación Basada en la Comunidad” “RBC” es una estrategia creada específicamente para los países en desarrollo que promueve el progreso comunitario, la igualdad de oportunidades y la participación social de las personas con discapacidad y sus familias.
- La dimensión humana no está definida por las capacidades de las personas por lo que la utilización del término “Diversidad Funcional” propone un cambio cultural positivo en donde la “variedad” es la norma y no la excepción, el respeto por la diferencia y la aceptación de las personas con discapacidad es parte de la diversidad y la condición humana.
- Es responsabilidad de las organizaciones nacionales e internacionales la creación de acuerdos y políticas sociales de cooperación para que las personas con discapacidad puedan ejercer efectivamente sus derechos civiles, políticos, sociales y culturales en igualdad de condiciones con el resto de los ciudadanos tanto a nivel local como global.
- La Convención de los Derechos de las Personas con Discapacidad de la “ONU” establece los derechos civiles, culturales, políticos, sociales y económicos de las personas con discapacidad para promover, proteger y garantizar sus derechos humanos y libertades fundamentales.
- De acuerdo con el Informe Mundial sobre la Discapacidad de la “OMS” la incidencia de la discapacidad en el 2011 fue del 15% del total de la población mundial es decir más de mil millones de personas, por lo que de acuerdo con la proyección en el crecimiento de la tasa de población se estima que para el año 2050 cerca del 25% de las personas en el mundo presentarán algún tipo de discapacidad.

- En las Proyecciones de Población Mundial del 2017 de la “ONU” se muestra que la tendencia en la concentración del crecimiento se encuentra ubicada en los países pobres en los cuales se concentra el 80% de las personas con discapacidad en el mundo.
- El Diagnóstico sobre la Situación de las Personas con Discapacidad en México del 2016 elaborado por “SEDESOL” revela que las personas con discapacidad no tienen garantizado el pleno ejercicio de sus derechos sociales y humanos por motivos de educación, participación laboral y acceso a servicios de salud.
- La Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad en México del 2011 establece dentro de sus principios rectores la equidad, la justicia social, la igualdad de oportunidades, la participación plena en la sociedad y la aceptación de la discapacidad como parte de la diversidad de la condición humana.
- El Plan Nacional de Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad en México de la “CONADIS” promueve políticas públicas para garantizar los derechos de los involucrados con el objetivo de crear una cultura de la discapacidad y promover un cambio de actitud en el gobierno y la sociedad.

---

## CAPÍTULO 2. ASISTENCIA TECNOLÓGICA



Ilustración 3: Personas Usando Equipos Ortopédicos.

Fuente: Jovanovic, D. (2016). 744662332. Recuperado de <http://www.shutterstock.com/es/image-vector/set-icons-wich-represent-people-using-744662332>

---

***Hace falta generar contextos más flexibles, crear entornos en donde las personas con discapacidad puedan ser y hacer a su modo sin tener que parecerse a nadie... lo que hace falta hacer es simple, hacer más fácil lo que de por sí ya es difícil.***  
Constanza Orbaiz (Orbaiz, 2017)<sup>30</sup>

---

<sup>30</sup> Orbaiz, C. (3 de Noviembre de 2017). Discapacidad, Poder distinto. Buenos Aires, Río de la Plata, Argentina.

---

## 2.1 INTRODUCCIÓN

La genuina preocupación por dar solución a la problemática social que la discapacidad representa da origen a la creación de estrategias y políticas públicas con el propósito de ofrecer mejores soluciones a los problemas de movilidad que las personas con discapacidad presentan en su vida cotidiana.

En este sentido, la Asistencia Tecnológica “AT” surge como resultado de una serie de regulaciones públicas y civiles dirigidas a contribuir por medio de la aplicación de nuevos conocimientos, equipos y sistemas al progreso de la cultura del tratamiento de la discapacidad, promoviendo la participación de organismos gubernamentales, académicos y privados en el desarrollo de la investigación de productos o servicios de asistencia pública para mejorar la salud y la calidad de las condiciones de vida de las personas con discapacidad.

La Asistencia Tecnológica promueve la independencia de los individuos al facilitar la mejora en el funcionamiento y la reducción de la discapacidad por medio de la utilización de equipos y sistemas que combaten las limitaciones en la actividad ocasionadas por las barreras del entorno y los factores ambientales que dificultan la participación social, económica y cultural.

La silla de ruedas es la Asistencia Tecnológica más empleada para mejorar la movilidad de las personas con discapacidad motriz y posibilitar la vida independiente. Su uso se remonta varios siglos atrás en la historia de la humanidad y actualmente tanto su utilidad funcional como su trascendencia social son ampliamente reconocidas, tan es así que el símbolo que representa a un usuario de silla de ruedas es ampliamente empleado como el ícono internacional de la accesibilidad.

La silla de ruedas como equipo de Asistencia Tecnológica para la movilidad de las personas con discapacidad motriz promueve un mayor desplazamiento del individuo dentro de su entorno, al mismo tiempo que contribuye favorablemente al mantenimiento de su condición de salud. Además, el uso de la silla de ruedas como medio de asistencia para facilitar la movilidad faculta al individuo para poder salir de casa y conseguir una mayor presencia social.

La elección de estos equipos de Asistencia Técnica está determinada principalmente por las necesidades particulares de los individuos de acuerdo con su discapacidad, el nivel de sus funciones residuales, el tipo de actividad que realizan y el estilo de vida de las personas con discapacidad y sus núcleos familiares.

---

## 2.2 CONCEPTO DE ASISTENCIA TECNOLÓGICA

El término de Asistencia Tecnológica también conocida como “AT” proviene del inglés “Assistive Technology” y se refiere a la aplicación o utilización de diversos recursos tecnológicos para el mejoramiento en general de la calidad de vida de las personas con discapacidad. La “AT” en su concepto más amplio consiste en diversos instrumentos, programas, herramientas o servicios que tienen como objetivo mejorar las habilidades de los individuos y compensar las limitaciones causadas por su discapacidad. En una forma simple de expresar se puede entender a la “AT” como todo aquello que puede asistir a una persona con discapacidad para realizar alguna actividad que no podría llevar a cabo sin esa ayuda. De esta forma, la asistencia tecnológica puede ser un auxiliar de la comunicación, de la movilidad, del aprendizaje, del juego y en general de cualquier actividad que un individuo realice en su vida sin importar su edad, tipo de discapacidad o nivel funcional.

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Funcionamiento “CIF” de la “OMS” la asistencia tecnológica forma parte de los factores ambientales que modifican el funcionamiento de las personas con discapacidad en su vida diaria y es en especial el componente clave para el desempeño académico, laboral y sociocultural.

**La Asistencia Tecnológica a diferencia de la tecnología de rehabilitación no se encuentra dirigida a la habilitación o rehabilitación de la persona, sino más bien a la compensación funcional de las áreas en las que se presenta algún tipo de limitación.** Mientras que la tecnología de rehabilitación se vale de la tecnología como una herramienta terapéutica, la “AT” la utiliza como un medio para promover la independencia.

El nacimiento de la idea de Asistencia Tecnológica se origina a principios de la década de los 70’s en los Estados Unidos con el propósito de proteger los derechos de las personas con discapacidad, en el año de 1973 el Congreso de los Estados Unidos promulgó la “Ley de Rehabilitación” que garantiza el acceso equitativo a los servicios y equipos de asistencia tecnológica, así como a la atención adecuada para las personas con discapacidad, éste es el antecedente directo del concepto actual de asistencia tecnológica.

El término de Asistencia Tecnológica “AT” se utiliza por primera vez en los Estados Unidos dentro de la “Ley de Asistencia Relacionada con la Tecnología para Individuos con Discapacidad” de 1988 -“The Technology Related Assistance for Individuals with Disabilities Act”-, la cual posteriormente fue reformada por el congreso en el año de 1998 bajo el nombre de “Ley de Asistencia Tecnológica” -“Assistive Technology Act”- y cuya última enmienda se realizó en el 2004 y que comúnmente se conoce como “La Ley AT” “AT Act”.

Esta ley atiende a cualquier persona con discapacidad en los Estados Unidos sin importar su edad y tiene como principios:

- Concientizar sobre la necesidad que tienen las personas con discapacidad por servicios y productos de asistencia tecnológica.
- Facilitar políticas y procedimientos para la adquisición de asistencia tecnológica.
- Mejorar el financiamiento de asistencia tecnológica
- Aumentar el conocimiento y aplicación de los productos de asistencia tecnológica
- Promover la interacción entre agencias públicas del estado y entidades privadas para proveer servicios y productos de asistencia tecnológica.

Con el fin de cumplir estos objetivos la ley impulsa una variedad de mecanismos como son el financiamiento gubernamental a corto y mediano plazo, así como actividades académicas y apoyos técnicos para elevar la calidad y promover la competitividad en la implementación de los servicios de asistencia.

Esta ley coordina el esfuerzo de diferentes organizaciones para el desarrollo de asistencia tecnológica, al mismo tiempo que intenta crear alternativas financieras para la adquisición de equipos con el propósito de desarrollar nuevos modelos de acercamientos de intervención en los servicios de asistencia tecnológica.

Esta ley entiende a la discapacidad como una parte natural de la experiencia humana la cual no limita los derechos de las personas para:

- Vivir con independencia
- Tomar sus propias decisiones
- Acceder a la educación
- Ejercer una profesión

Y sobre todo para poder disfrutar de la participación en la vida económica, política, social y cultural en completa participación con la sociedad.

Del mismo modo esta ley hace hincapié en la importancia de la tecnología actual para el funcionamiento de todos los ámbitos de la vida humana y del papel que juega como motor impulsor de la actividad económica, por lo que describe a la innovación tecnológica como factor primordial de desarrollo para el individuo y la nación.

## 2.3 DEFINICIÓN DE ASISTENCIA TECNOLÓGICA “AT”

De acuerdo con la Ley de Asistencia Tecnológica anteriormente mencionada se entiende a la Asistencia Tecnológica como todo tipo de equipo o servicio que puede ser utilizado para aumentar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de las personas con discapacidad.

Los equipos de “AT” son aquellos objetos, sistemas o productos adquiridos comercialmente, adaptados o contruidos con base en las características y necesidades particulares de cada persona con discapacidad.

Algunos ejemplos de equipos de “AT” son los bastones, andaderas, grúas [Imagen 5], sillas de ruedas, muletas [Imagen 6], tableros de comunicación, lectores de pantalla, sistemas de reconocimiento de voz, pantallas táctiles, software de predicción de palabras, Joysticks, TrackBall, grabadoras, cojines de asiento y audífonos entre otros.



Imagen 5: Muleta-Soporte.  
Fuente: (2014). Sit-and-Stand-crutch-290x290.jpg.  
Recuperado de  
[http://www.medgadget.com/orthopedic\\_surgery](http://www.medgadget.com/orthopedic_surgery)



Imagen 6: Grúa para Traslado.  
Fuente: (2016). Man-in-Hoist1\_63gs\_ur.jpg. Recuperado de  
<http://www.dorset-nursing.co.uk/patient-care/hoists-and-slings/ardoo-portable-hoist>

Las aplicaciones de la asistencia tecnológica están disponibles para todas las discapacidades, edades y niveles de funcionamiento, el extenso abanico de posibilidades de asistencia tecnológica permite que la limitación de cada individuo pueda ser atendida de manera particular por medio de la adaptación de dispositivos existentes o de la fabricación especial de equipo, por lo que una nueva asistencia tecnológica se desarrolla todos los días.

Existe una gran variedad de equipos de asistencia tecnológica que van desde los más sencillos de baja tecnología como un abotonador de alambre para camisas o un calzador de zapatos con extensión, pasando por los más elaborados o de tecnología intermedia como un andador [Imagen 7] o un verticalizador [Imagen 8], hasta llegar a los equipos más complejos o de alta tecnología como una computadora adaptada o un robot de asistencia personal.



*Imagen 7: Andadera.*

*Fuente: Reyes, R; Laustsen, S. M. (2016). Ugo Project. Recuperado de <http://www.tuvie.com/ugo-project-aids-children-with-cerebral-palsy-to-move-and-play-without-any-assistance>*



*Imagen 8: Verticalizador Eléctrico.*

*Fuente: (2018). wozek-quickie-jive-up.jpg. Recuperado de <http://mediplus.pl/40-wozki-inwalidzkie-elektryczne>*

En el particular caso de las personas con discapacidad motriz por causa de alguna lesión medular existen en la actualidad diferentes alternativas de órtesis o equipos de asistencias tecnológicas que permiten mejorar o corregir el funcionamiento de las extremidades inferiores por medio de mecanismos y sistemas electrónicos para asistir el movimiento de las piernas.

Este es el caso de los exoesqueletos [Imagen 9] que son estructuras o armazones rígidos empleados principalmente para brindar soporte y apoyo a la marcha, permitiendo que la persona que los usa pueda volver a ponerse en pie, caminar, mantenerse de pie, realizar movimientos laterales, subir escaleras y sentarse por sí mismos.

La evidente mejora funcional que promueve la utilización de estos exoesqueletos como equipos de apoyo para la movilidad también fomenta la mejora integral en la salud de las personas ya que entre otros beneficios mejora los procesos digestivos, incrementa la circulación sanguínea, fortalece la resistencia de los huesos e interviene en el refuerzo de la confianza, así como de la salud psicológica del individuo en lo general.

No obstante, estos equipos todavía no consiguen reemplazar plenamente la amplitud en el desplazamiento que posibilita una silla de ruedas.



*Imagen 9: Exoesqueleto.  
Fuente: (2017). Roki. Recuperado de  
<http://www.rokirobotics.com/copia-de-beneficios>*

Sin embargo, esta tecnología robótica abre grandes perspectivas para el futuro ya que puede ayudar a aquellas personas con limitaciones de movilidad para ser más independientes aunque por el momento los exoesqueletos son equipos de asistencia de alta tecnología que tienen grandes costos de producción por lo que su adquisición resulta inaccesible para la gran mayoría de las personas con discapacidad en nuestro país ya que el precio de venta de estos equipos está entre \$20,000.00 y \$70,000.00 dólares.

Por otro lado, aparte de la existencia de los Equipos de Asistencia Tecnológica se encuentran los Servicios de Asistencia Tecnológica que son las cosas que la gente hace para asegurarse de que la “AT” esté disponible, que funcione y que se encuentre especialmente dirigida para la atención de las personas con discapacidad y sus familias.

Un servicio de “AT” es toda aquella ayuda o asistencia ofrecida a la persona con discapacidad y/o a su familia para promover la independencia y la autosuficiencia en la comunidad.

Algunos ejemplos de Servicios de Asistencia Tecnológica son la orientación sobre equipos de asistencia disponibles y dónde adquirirlos, las alternativas de financiamiento para obtener estos equipos, la orientación para determinar qué equipo podría cumplir con las necesidades de las personas con discapacidad y/o su familia, así como el adiestramiento en el uso y el mantenimiento del equipo entre otros.

Estos servicios, como en el caso de las aplicaciones de “AT” también pueden ir de lo simple como una recomendación de equipo de movilidad, hasta lo más complejo como un programa personalizado de actividades diarias para el individuo y su familia.

---

## 2.4 SILLA DE RUEDAS

### 2.4.1 CONCEPTO DE LA SILLA DE RUEDAS

La silla de ruedas forma parte de la gran lista de equipos de Asistencia Tecnológica “AT” que existen para el apoyo de las personas con discapacidad y se distingue por ser el principal medio para permitir la movilidad de los individuos con problemas de locomoción debido a una lesión o enfermedad discapacitante.

La especialización funcional en el diseño de sillas de ruedas ha ido creciendo durante los últimos años logrando una significativa evolución de estos equipos de “AT”, actualmente las tecnologías alternativas para la propulsión de sillas de ruedas han cobrado mucha importancia debido a que los estudios realizados sobre la biomecánica de la propulsión “tradicional” de la silla de ruedas manual han evidenciado un bajo desempeño funcional, así como han alertado sobre las diferentes afectaciones fisiológicas por sobreuso relacionadas con el alto estrés en los sistemas musculoesquelético y cardiorrespiratorio.

La silla de ruedas es una “AT” que no sólo permite un mejor desempeño en la movilidad del usuario sino también le aporta considerables beneficios tanto para su salud como para su desempeño funcional. Por dar un ejemplo, una adecuada silla de ruedas participa directamente en el mejoramiento de los procesos de respiración y digestión del individuo, así como en la disminución en el desarrollo de las deformaciones por postura y las úlceras por presión.

Por otra parte, la falta en la capacidad de desplazamiento de una persona presupone una limitación para poder acceder a diversos espacios físicos y ambientes sociales, si bien es cierto que la utilización de una silla de ruedas puede facilitar la independencia y autonomía, también es conocido que puede ser un factor limitante para su participación social. Estas limitaciones provocadas por el uso de la silla de ruedas son consecuencia de la falta de accesibilidad que experimentan diariamente las personas con discapacidad en nuestro país debido a que muy pocos espacios públicos cuentan con adaptaciones eficientes para el uso de estos equipos de “AT”.

En primera instancia la mayoría de las instituciones y de los espacios públicos o privados sólo presentan elementales lineamientos arquitectónicos de accesibilidad como un mero requisito para obtener el permiso de operación, pero en la realidad se demuestra que la gran parte de estas adaptaciones se encuentran mal diseñadas o implementadas y que no cumplen con el objetivo de facilitar el acceso a plenitud.

---

Un ejemplo de ello es la ferviente construcción de rampas en algunas vías públicas del país donde no se respetan las dimensiones y pendientes mínimas requeridas y donde su instalación no soluciona el problema central de la irregularidad en el nivel de las aceras, lo que realmente dificulta e impide el desplazamiento sobre silla de ruedas y obliga a las personas a rodar a nivel de calle con todos los riesgos que ello implica.

De la misma forma, la falta de acceso a un eficiente sistema de transporte urbano adaptado para personas usuarias de sillas de ruedas aumenta enormemente la dificultad para su desplazamiento y limita significativamente su capacidad de acción. En gran medida, la dificultad para poder trasladarse de un lugar a otro con plena autonomía y relativa facilidad impide a los individuos tener acceso equitativo a la educación, al deporte, al trabajo, a la recreación y en general a todas las actividades socioculturales, lo que agrava aún más la situación de las personas con discapacidad al fomentar la exclusión social.

De esta forma, la escasa presencia social que tienen las personas usuarias de sillas de ruedas en todos los ámbitos de la vida nacional propicia una lenta evolución de la cultura de la discapacidad en nuestro país, la falta de interacción social entre personas con y sin discapacidad se convierte en un importante factor que promueve la permanencia de actitudes negativas y prejuicios discriminatorios dentro de la cultura social.

La restricción en la participación que experimentan a diario las personas con discapacidad influye directamente sobre su autoestima y desarrollo personal, la carencia en la igualdad de oportunidades laborales, las restricciones económicas y la trasgresión continua de sus derechos humanos esenciales, factores que deterioran el desempeño psicológico y emocional de los individuos.

El sólo empleo de una silla de ruedas como instrumento para la movilidad conlleva una serie de inconvenientes que las personas con discapacidad deben de superar cotidianamente, como son las dificultades para desplazarse de forma independiente, la gran existencia de barreras físicas y sociales que limitan su participación, así como las fallas mecánicas o los problemas de reparación y mantenimiento de los equipos de "AT".

De la misma forma, la gran mayoría de los usuarios de sillas de ruedas en nuestro país no disponen del equipo adecuado de asistencia tecnológica que les permita lograr un mejor desempeño funcional debido en gran medida a la falta de recursos económicos, así como también a la dificultad para acceder a los limitados programas de asistencia social, estos factores propician la persistencia de un círculo vicioso en donde las personas por falta de recursos carecen de oportunidades para acceder a la educación y el trabajo con lo que se vuelven dependientes y se complica su subsistencia.

## 2.4.2 REVISIÓN HISTÓRICA

A lo largo de la historia grafica de la humanidad aparecen registros en donde se representan los primeros equipos de “AT” inventados por el hombre, de esta forma encontramos grabados chinos que datan de 500 años A.C. [Imagen 12] o vasijas griegas y romanas del siglo III [Imagen 11] con representaciones de imágenes de objetos para el cuidado de personas cuya función parece ser similar a la de una silla de ruedas. Pero no es sino hasta el año de 1595 que aparece el primer dibujo de un equipo especialmente diseñado para el Rey Felipe II [Imagen 10] que muestra una silla con ruedas pequeñas con reposabrazos y reposapiés.



Imagen 10: Grabado Chino.  
Fuente: (2016). Confucius and children.jpg. Recuperado de <http://www.wheelchair.ch/fra/info/histoire-handicap.html>



Imagen 12: Dibujo Griego.  
Fuente: (2016). 20110613-1.jpg.  
Recuperado de <http://www.wheelchair.ch/fra/info/histoire-handicap.html>



Imagen 11: Felipe II.  
Fuente: (2008). King-Phillip.jpg.  
Recuperado de <http://www.newdisability.com/functionalitytoindivid.html>

Tiempo después aparecen registros de un vehículo propulsado por manivelas diseñado por un relojero alemán de nombre Stephan Farffler [Imagen 13] cuyo parecido con una actual *handbike* es asombroso. Más tarde en 1783 el fabricante inglés John Dawson crea la silla “Bath” [Imagen 14] de tres ruedas cuyo uso fue ampliamente difundido, sin embargo, no es sino hasta 1869 que se registra la primera patente de una silla de ruedas de funcionamiento manual de acuerdo con las características actuales de este producto.

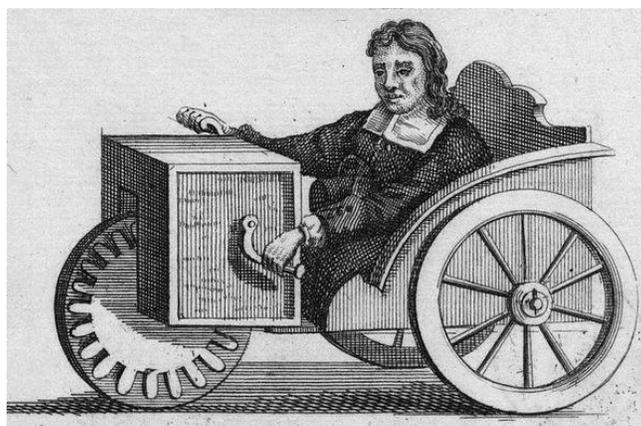


Imagen 13: Stephan Farffler.  
Fuente: (2016). stephan farffler.pgn. Recuperado de <http://www.wheelchair.ch/fra/info/histoire-handicap.html>



Imagen 14: Silla Bath.

Fuente: (2013). [hommedia.ashx](http://hommedia.ashx). Recuperado de <http://broughttolife.sciencemuseum.org.uk/broughttolife/objects/search?mode=filtersearch&page=6&people&perpage=12&place&theme=106&time>

Por influencia de la invención de la bicicleta para finales del siglo XIX y principios del siglo XX se realizan mejoras tecnológicas en los materiales y los componentes de las sillas de ruedas con lo que se facilita su producción en serie y para el año de 1932 en Estados Unidos el ingeniero Harry Jennings y su amigo parapléjico Herbert Everest fundan la compañía Everest & Jennings, empresa que diseña y produce la primera silla de ruedas manual plegable conocida popularmente como “Hospitalaria” [Imagen 15] cuyo diseño continúa hoy en día en producción y que ha sido la base para la evolución moderna de esta “AT”.



Imagen 15: Everest & Jennings.

Fuente: (2013). [everestjennings.jpg](http://everestjennings.jpg). Recuperado de <http://wheelchairbeyondlimits-wordpress-com.cdn.ampproject.org>

Pero fue a mediados del siglo XX que el desarrollo de las sillas de ruedas emprendió su avance debido al empuje del sistema de rehabilitación médico promovido en todo el mundo. De esta forma, durante el transcurso de las últimas décadas se han llevado a cabo un gran número de investigaciones que han aumentado el conocimiento sobre las sillas de ruedas y sus usuarios.

Durante la década de los años 60's se puede observar que los estudios se centraron en un principio en las características físicas de los individuos, posteriormente entre los años 70's y 80's las investigaciones se enfocaron más en la mecánica de los materiales y la ingeniería de manufactura principalmente.

Durante las últimas dos décadas del siglo XX se exploró la necesidad por estudiar los aspectos fisiológicos de los usuarios y más recientemente durante lo que va del siglo XXI el objetivo se encuentra centrado en los aspectos biomecánicos de la propulsión.

En la actualidad existe una gran variedad de sillas de ruedas que abarcan prácticamente todas las necesidades posibles de los usuarios, no obstante, el desarrollo de las nuevas tecnologías [Imagen 16] promueve la continua invención de soluciones para los mismos problemas por lo que el grado de especialización hoy en día es muy alto, en este sentido el deporte y la recreación son factores que han propulsado la investigación y el desarrollo en la calidad de las nuevas aportaciones.

Para el futuro podemos esperar que estos equipos de "AT" sean cada vez más ligeros y compactos en donde la ingeniería de materiales [Imagen 17] ocupará un lugar central en el diseño y la producción estos equipos de AT.



Imagen 16: Silla de Impresión 3d.

Fuente: techcrunch. (2016). compare.jpg. Recuperado de [http://techcrunch.com/2016/05/19/3d-printed-bespoke-wheelchair-debuts-at-design-week-in-london/?ncid=mobilerecirc\\_recent](http://techcrunch.com/2016/05/19/3d-printed-bespoke-wheelchair-debuts-at-design-week-in-london/?ncid=mobilerecirc_recent)

Las sillas de ruedas como equipos de “AT” deben de promover la independencia de los usuarios y aumentar su calidad de vida al mismo tiempo que adaptarse al estilo de vida de los individuos dependiendo de las necesidades particulares relacionadas con su discapacidad, habilidades y actividades.

En este sentido la personalización de estas “AT” juega un papel muy importante en la industria del diseño de sillas de ruedas y ofrece cada vez más la diversificación de opciones mediante la especialización de las funciones.



Imagen 17: Concepto Futurista.

Fuente: trendhunter. (2014). Shape Shifting Wheelchair 25567 1 230c.jpeg. Recuperado de <http://www.trendhunter.com/trends/transformer-wheelchair-getting-around-on-odd-shapes-wheels>

### 2.4.3 CLASIFICACIÓN DE LAS SILLAS DE RUEDAS

Desde el punto de vista de la **FUNCIÓN** que cumplen las sillas de ruedas se pueden clasificar dependiendo de las necesidades particulares de los usuarios o actividades específicas a realizar, de esta forma encontramos los siguientes tipos:

#### A. Sillas de ruedas manuales

Son aquellas sillas de ruedas accionadas directamente por el usuario o un ayudante y que cuentan con grandes ruedas traseras que los usuarios pueden propulsar mediante el uso de los aros impulsores o de mano [Imagen 18]. Para operar exitosamente estas sillas de ruedas los usuarios deben poseer una adecuada coordinación y fuerza muscular en sus brazos y hombros, este tipo de sillas se emplean para la movilidad independiente en ambientes arquitectónicos interiores y en espacios exteriores con superficies lisas y planas.



Imagen 18: Silla Manual.

Fuente: (2015). manuelle-rolstuhl-zusammenklappbar-76828-7497497.jpg. Recuperado de [http://www.medicalexpo.de/prod/meyra/product-76828-526289.html#product-item\\_526283](http://www.medicalexpo.de/prod/meyra/product-76828-526289.html#product-item_526283)

## B. Sillas de ruedas para tránsito

Las sillas para tránsito generalmente tienen ruedas traseras pequeñas sin aros para empujar [Imagen 19], estos equipos requieren necesariamente de la ayuda de un tercero para movilizar al usuario, este tipo de sillas de ruedas son muy utilizadas en edificios públicos o privados como aeropuertos u hospitales para el control del traslado asistido de personas.



*Imagen 19: Silla para Tránsito.  
Fuente: (2013). Recuperado de  
<http://ilsau.com.au/product/auscare-shooper-12wheelchair-transit>*

## C. Sillas de ruedas eléctricas

Las sillas de ruedas con motor eléctrico son recomendadas para personas que no poseen la fuerza o la habilidad para utilizar una silla manual, operan mediante el uso de baterías recargables que suministran la energía para el funcionamiento de motores eléctricos que impulsan las ruedas [Imagen 20]. Su operación puede ser personalizada dependiendo de las necesidades particulares del punto de control del individuo.



Imagen 20: Silla Eléctrica.

Fuente: quickie. (2014). rumba.aspx. Recuperado de <http://www.sunrisemedical.co.uk/powerd-wheelchairs/quickie/power-wheelchairs/tango>

#### D. Sillas de plataforma o tipo “scooter”

Este tipo de sillas motorizadas se caracterizan por tener tres o cuatro pequeñas ruedas montadas sobre una plataforma baja que varía de acuerdo con la discapacidad y las necesidades particulares de la persona [Imagen 21], algunas incluso son fabricadas a partir de un molde de la postura sentada del individuo, por lo general poseen un asiento giratorio que permite el acceso desde cualquier lado.



Imagen 21: Silla de Plataforma.

Fuente: activecare. (2017). 0053626 activecare-cobalt-x23-power-wheelchair.jpeg. Recuperado de <http://www.activeforever.com/mobility-aids216/power-chair>

## E. Sillas de ruedas deportivas

El uso de este tipo de sillas de ruedas se ha popularizado a partir de la década de los años 70 y su especialización funcional es cada vez mayor con la finalidad de alcanzar mejores resultados deportivos [Imagen 22]. La apariencia de estas sillas de ruedas puede lucir muy diferente entre sí dependiendo del tipo de deporte para el que este dirigida pero usualmente se caracterizan por su gran ligereza, solidez y estabilidad.



Imagen 22: Silla Deportiva.

Fuente: (2017). *sportska-invalidska-invader-basketball-omc crop.jpg*. Recuperado de <http://www.omc.hr/prodajni-program/ortopedski-program/invalidska-kolica/sportska-invalidska-kolica-invader-basketball>

## F. Sillas de ruedas de bipedestación

Las sillas de bipedestación permiten al usuario a pararse y tener soporte completo de su cuerpo en posición de pie mediante la asistencia mecánica [Imagen 23], neumática o hidráulica. Este tipo de sillas de ruedas posibilita al individuo a efectuar actividades imposibles de realizar en posición sentada, así como promueve una mayor interacción con su entorno físico y social.



Imagen 23: Silla de Bipedestación.

Fuente: (2016). pegasus.jpg. Recuperado de <http://www.mymobilityscooters.co.uk/pegasus-ii-power-stand-sit-a-semi-power-standing-wheelchair-that>

## G. Sillas de ruedas para subir escaleras

El objetivo específico de este tipo de sillas de ruedas está enfocado en el desafío máximo de poder subir y bajar escaleras en forma autónoma y de librar barreras físicas o arquitectónicas de gran tamaño [Imagen 24]. Por lo general se trata de sofisticados equipos motorizados que operan con sistemas de oruga o ruedas múltiples para poder salvar obstáculos.



Imagen 24: Silla para Escaleras.

Fuente: (2016). 30C71E080000578-3426338-image-a-68 1454327437748.jpg. Recuperado de <http://www.daily.co.uk/sciencetech/article-3426338/The-wheelchair-built-like-TANK-11-500-TopChair-S-uses-caterpillar-tracks-scale-fights-stairs.h>

## H. Sillas de ruedas para exteriores

La proyección de estos equipos está dirigida para poder moverse en ambientes exteriores [Imagen 25] y desplazarse sobre superficies tradicionalmente difíciles para una silla de ruedas convencional como son la arena, la nieve, las piedras o el barro. Este tipo de sillas de ruedas tienen en común el uso de llantas anchas para poder rodar sobre dichas superficies sin hundirse o atascarse.



Imagen 25: Silla para Exteriores.

Fuente: (2010). 9101.jpg. Recuperado de [http://www.spinlife.com/Natural-Access\\_Landeez-All-Terrain-Pool-and-Beach-Wheelchairs/spec.cfm?productID=1974](http://www.spinlife.com/Natural-Access_Landeez-All-Terrain-Pool-and-Beach-Wheelchairs/spec.cfm?productID=1974)

## I. Sillas de ruedas bariátricas

Se trata de sillas especialmente diseñadas para resistir altas cargas de peso [Imagen 26] de entre 120 a 500 Kg que las sillas de ruedas convencionales no pueden soportar de forma segura. Este tipo de sillas se caracterizan por ser equipos de dimensiones y resistencia mayor a la común, que permiten tener un mayor rango en el cambio postural de los usuarios para permitir sentarse, reclinarse o acostarse.



Imagen 26: Silla Bariátrica.

Fuente: (2016). bariatricwheelthumb-240x239.jpg. Recuperado de <http://www.karmanhealthcare.com/wheelchair.with-brakes>

## J. Sillas de ruedas pediátricas

Como su nombre lo indica se trata de sillas de ruedas diseñadas para niños [Imagen 27] que además de tener la característica de ser más pequeñas son proyectadas de acuerdo con el tipo particular de discapacidad y cuentan con un alto grado de ajuste para brindar la mayor seguridad y libertad funcional posible.



Imagen 27: Silla Pediátrica.

Fuente: (2016). pediatricwheelthumb-240x240.jpg. Recuperado de <http://www.karmanhealthcare.com/wheelchair-with-brakes>

Por otra parte, desde el punto de vista de la **PROPULSIÓN** y de la tecnología empleada para su funcionamiento las sillas de ruedas se pueden clasificar en tres tipos:

### 1. Manuales “activas”

Estas sillas de ruedas son las más utilizadas y se caracterizan por tener aros de propulsión manual o “hand-rim” en la parte exterior de las ruedas traseras [Imagen 28], pueden ser empleadas tanto en interiores como exteriores y se utilizan principalmente en la realización de actividades para la vida cotidiana, así como para la práctica de deportes. Se estima que el 90% del total de las sillas de ruedas que existen en el mundo pertenecen a esta categoría debido a que se pueden encontrar en una gran variedad de precios y modelos que van desde los más económicos producidos en acero y aluminio hasta los más especializados fabricados con materiales de alta tecnología como la fibra de carbono o el titanio.



*Imagen 28: Silla de Ruedas Manual.*

*Fuente: (2016). fauteuil-roulant-Ti-Lite-TR p.jpg. Recuperado de <http://www.adaptel.ca/proddetail.php?prod=TiLite-TR>*

### 2. Eléctricas “pasivas”

Son sillas de ruedas de mayor tecnología que están dirigidas a las personas que carecen de movilidad o fuerza en los brazos para poder emplear una silla manual, utilizan un motor para su propulsión y cuentan con una batería eléctrica como fuente de energía [Imagen 29]. Existen diferentes versiones de estas sillas de ruedas dependiendo de la tecnología empleada, que van desde las más sencillas con motores eléctricos directos y respaldos reclinables, hasta las más complejas integradas por sofisticados equipos electrónicos que cuentan con gran fuerza motriz, velocidad variable y elevadores para asiento, piernas o brazos que promueve un amplio confort en los usuarios.

El control o interfaz silla-usuario puede ser personalizada dependiendo de las capacidades funcionales del usuario o “punto de control” lo cual puede ser de tipo manual por medio de una palanca de mando, de tipo bucal mediante tubos de soplido, de tipo óptico mediante el uso de lentes o cámaras, así como a través de órdenes verbales por medio del reconocimiento de voz e inclusive por el pensamiento a través de diademas para impulsos eléctricos cerebrales.

Debido a su alto grado de complejidad tecnológica este tipo de “AT” resulta prácticamente inaccesible para la gran mayoría de los usuarios en México ya que su costo puede ser de 3 a 10 veces más alto que el de las sillas de ruedas manuales convencionales.

Por otra parte, la autonomía funcional de este tipo de sistemas depende en gran medida del tipo y capacidad de su batería eléctrica por lo que la movilidad del usuario está condicionada a su duración, además de que los requerimientos para su transportación son mayores ya que se trata de equipos más grandes, rígidos y pesados que tienen que ser trasladados en automóviles adaptados con rampas o elevadores.



*Imagen 29: Silla de Ruedas Eléctrica.*

*Fuente: (2013). 164x200xibot.jpgpagespeed.ic.hQxQ35Hy2X.jpg. Recuperado de <http://mikeindustries.com/blog/archive/2005/06/the-accessibility-chronicles>*

### 3. Híbridas “activas-pasivas”

Este tipo de silla de ruedas se caracteriza por la utilización de sistemas de propulsión mecánica que amplifican la fuerza física del usuario [Imagen 30], reduciendo el gasto de energía y facilitando su funcionamiento, por lo que resultan muy útiles para personas con debilidad muscular o para aquellas que necesitan recorrer largas distancias. Su estructura básica es parecida a la de las sillas manuales y la mayoría de sus componentes mecánicos provienen de la tecnología de bicicletas. Son equipos de “AT” que pueden ser empleados tanto en interiores para la realización de actividades de la vida cotidiana, así como en exteriores para la práctica de deportes o la recreación. Este tipo de silla de ruedas tiene la virtud de que se vale de mecanismos simples como engranes, palancas o manivelas para producir una ventaja mecánica para el funcionamiento, además de que su costo es similar al de las sillas de ruedas manuales por lo cual resulta una atractiva alternativa.



Imagen 30: Silla de Ruedas Híbrida.

Fuente: wijit. (2014). [thewijitwheelchairleverdrivingandbreakingsystem.jpg](http://livingspinal.com/active-mobility/the-wijit-wheelchair-lever-driving-and-braking-system). Recuperado de <http://livingspinal.com/active-mobility/the-wijit-wheelchair-lever-driving-and-braking-system>

Es importante mencionar que estos tres tipos de propulsión implican diferentes requerimientos anatómo-fisiológicos de los usuarios para su correcto desempeño. En este sentido se puede mencionar que los únicos equipos que pueden ser utilizados por cualquier persona sin importar de su grado de discapacidad o nivel de afectación medular y función muscular, son los sistemas Eléctricos o “pasivos” ya que su propulsión es totalmente motorizada y su sistema de control es adaptable a cualquier función residual del individuo sin la necesidad de que este realice esfuerzo alguno.

---

Por otro lado, tanto los equipos Manuales como los sistemas Híbridos requieren de un determinado rango de control, movilidad y fuerza física por parte de los usuarios para poder ser utilizados.

En este sentido las sillas de ruedas Activas o Manuales son las que demandan el empleo de una mayor capacidad física para su desempeño, estos sistemas requieren que el usuario presente una buena o normal musculatura en pectorales y tríceps, así como una función normal en los extensores y flexores de la muñeca, además de presentar cuando menos músculos abdominales superiores funcionales y una capacidad moderada para mantener el equilibrio sobre la silla.

Por último, en el caso de los equipos Híbridos o “activos-pasivos” los requerimientos funcionales son menores debido al aporte de la ventaja mecánica de su sistema de propulsión. Estas sillas de ruedas pueden ser utilizadas por individuos con afección del tronco y sin función de los músculos abdominales que no presentan equilibrio sobre la silla pero que tienen una capacidad por lo menos moderada en tríceps.

## **2.5 USUARIOS DE SILLAS DE RUEDAS**

Como hemos visto anteriormente el gran número de padecimientos causantes de discapacidad motriz es muy amplio lo cual implica que el porcentaje de personas potencialmente susceptibles a contraer este tipo de discapacidad sea muy alto.

De acuerdo con la encuesta Mundial de Salud, efectuada por la Organización Mundial de la Salud en 2011, se estima que más de mil millones de personas en el mundo padecen algún tipo de discapacidad y se cree que el 10% de esa población requiere de una silla de ruedas para su movilidad. Otros estudios (OMS, 2010)<sup>31</sup> indican que cerca de 20 millones de personas con discapacidad motriz carecen de esta asistencia tecnológica y que de las personas que necesitan una silla de ruedas en los países en desarrollo sólo una minoría logra tener acceso a una y no necesariamente al tipo adecuado para su discapacidad.

En lo que se refiere a nuestro país, no existe un registro preciso que determine el tipo de afectación funcional de las personas con discapacidad motriz, solo se tienen datos generales sobre este sector de la población. El “INEGI” en sus estadísticas (INEGI, 2014)<sup>32</sup> reporta que el 64.1% de las personas con discapacidad en México presenta problemas para subir o bajar escaleras usando sus piernas y que de ese total el 37% utiliza una silla de ruedas como equipo de “AT” para la movilidad, lo que representa cerca de 1.7 millones de personas.

---

<sup>31</sup> OMS. (Octubre de 2010). *World Health Organization South-East Asia*. Obtenido de Fact sheet on wheelchairs: [http://www.searo.who.int/entity/disabilities\\_injury\\_rehabilitation/wheelchair\\_factsheet.pdf](http://www.searo.who.int/entity/disabilities_injury_rehabilitation/wheelchair_factsheet.pdf)

<sup>32</sup> INEGI. (2014). *La Discapacidad en México, datos al 2014*. México D.F.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

---

Esta cantidad conforma un grupo demográfico muy grande el cual se encuentra en crecimiento constante debido diferentes factores como el envejecimiento y el aumento de algunas enfermedades, por este motivo la investigación sobre nuevas tecnologías para la elaboración de equipos de “AT” como las sillas de ruedas representa un asunto de salud nacional. Muchas de las dificultades de movilidad en las personas con discapacidad pueden ser mejoradas si se cuenta con los equipos adecuados de atención que favorezcan al máximo las capacidades personales del individuo.

Para el funcionamiento de una silla de ruedas manual los usuarios representan el factor central o “motor” ya que la eficiencia mecánica de la silla de ruedas depende entre muchas otras cosas de la capacidad física del usuario, de su habilidad, fortaleza y resistencia. Por esto, resulta de suma importancia el conocimiento de las capacidades funcionales del usuario ya que la eficiencia de la silla de ruedas varía dependiendo del grado de discapacidad de la persona, así como también de las condiciones ambientales del entorno en el que interactúa. [Figura 5]

El desempeño físico de los usuarios de sillas de ruedas está influenciado por varios factores como son la creación de energía o fuerza de empuje que está relacionada con la capacidad aeróbica y la respuesta anaeróbica del individuo, así como con la masa muscular, la fuerza, la coordinación o economía de movimiento además de los factores ambientales. (Lin, 2016)<sup>33</sup>

Por otra parte, los aspectos psicológicos y sociales de los usuarios también influyen en gran medida en el desempeño funcional de estos equipos de “AT”. Encontrarse ante una situación de discapacidad por primera vez puede ser una experiencia muy angustiante y traumática para cualquier persona sin importar su edad o experiencia ya que nadie está preparado para la discapacidad.

La pérdida de cualquier capacidad funcional, pero en particular la de locomoción presupone un momento de dificultad existencial en donde la autoestima de una persona puede verse seriamente afectada, lo que puede conducir al surgimiento de un proceso depresivo y a la generación de sentimientos de temor, inseguridad o vulnerabilidad ante la vida. Aunado a esto, la respuesta social ante una situación de discapacidad continúa siendo en la actualidad muy deficiente y su progreso no resulta acorde con las más de siete décadas de creación y evolución de la cultura de la discapacidad ya que todavía las personas siguen siendo victimizadas, estigmatizadas y menospreciadas por esta condición.

---

<sup>33</sup> Lin, J.-T. (2016). *The Influence of Wheelchair Mechanical Parameters and Human Physical Fitness on Propulsion Effort*. Georgia: Georgia Institute of Technology.

Por esto, los programas de rehabilitación resultan de gran importancia para la asistencia y el desarrollo de las personas con discapacidad y sus familias, ya que mediante el apoyo físico y psicológico se promueve el objetivo por recuperar en la medida de las posibilidades las capacidades funcionales de los individuos, así como generar sentimientos de seguridad, autonomía e independencia que consigan impulsar su regreso a la participación social.

En este sentido los beneficios que los usuarios de sillas de ruedas obtienen a través de la aplicación de un adecuado programa de rehabilitación pueden ser:

- **Físicos:** mejoramiento de la condición física, mantenimiento del estado corporal general y prevención de complicaciones en la salud.
- **Psicológicos:** reducción del estrés y la ansiedad, sentimiento de independencia y bienestar general e incremento de la autoestima y la motivación.
- **Sociales:** mayor integración y participación social en general.
- **Funcionales:** mejora de las capacidades físicas, mayor desempeño funcional, aumento de la autonomía y la participación laboral.

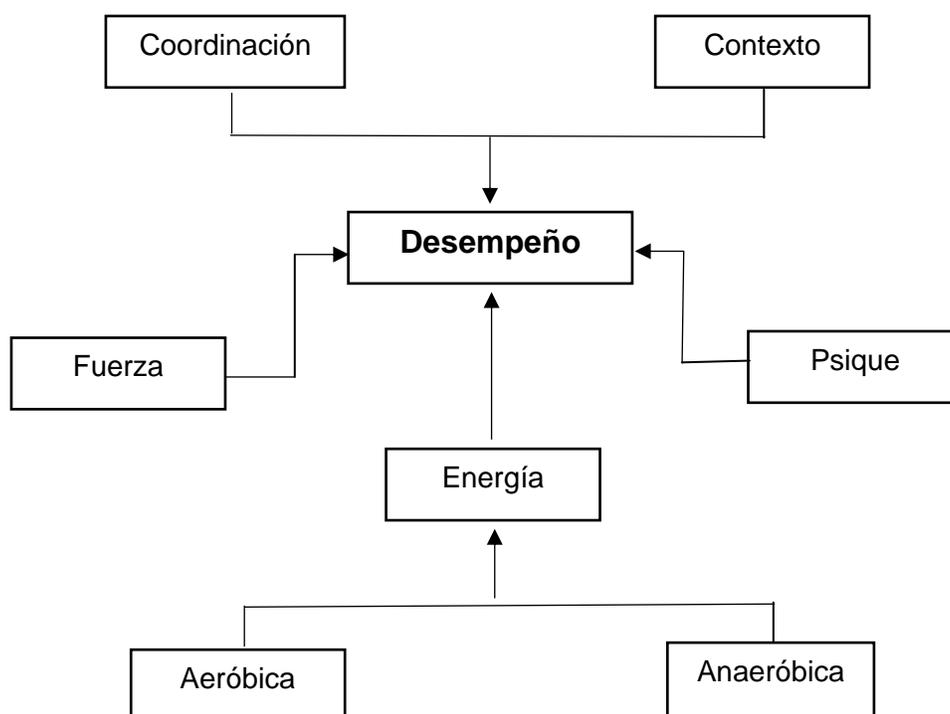


Figura 6: Factores que intervienen en el desempeño físico del usuario.

Fuente: Lin, J.T. (2016). *The Influence of Wheelchair Mechanical Parameters and Human Physical Fitness on Propulsion Effort*. Georgia: Georgia Institute of Technology

---

En estudios sobre el costo energético de la propulsión (Beekman, Miller-Porter, & Shoneberger, 1999)<sup>34</sup> realizados en personas con paraplejia y tetraplejia para medir la velocidad, distancia y consumo de oxígeno durante el uso de la silla de ruedas, se aprecia que el factor velocidad está directamente relacionado con el nivel de la lesión medular de los individuos.

Mientras más bajo sea el nivel de lesión medular más músculos estarán involucrados en la producción de fuerza por lo que el aumento en el control de la estabilidad del cuerpo se verá reflejado en el aumento de la velocidad. El mismo estudio muestra que los usuarios con tetraplejia presentan menores valores de velocidad y distancia recorrida en comparación con los resultados obtenidos por las personas con paraplejia, además de que muestran un mayor consumo de oxígeno en la prueba.

De acuerdo con este modelo factorial, el usuario de la silla de ruedas es considerado como el “motor” propulsor de esta asistencia tecnológica mediante la producción de:

- **La longitud de empuje:** extensión de brazos durante la propulsión.
- **La frecuencia de empuje:** cantidad de movimientos de propulsión por minuto.
- **La fuerza máxima de empuje:** capacidad máxima del movimiento de propulsión.
- **La efectividad mecánica de empuje:** eficacia en el movimiento de propulsión.

En conclusión, se puede decir que el proceso de rehabilitación de una persona con discapacidad motriz es una experiencia particular que depende de la intervención de diversos factores físicos, psíquicos, sociales y ambientales, en donde el equipo de asistencia tecnológica para el apoyo de la movilidad debe de ser elegido y/o configurado de acuerdo al tipo de actividad y a las capacidades funcionales de cada persona, con el objetivo de lograr la mejor relación de eficiencia y desempeño entre el usuario y la silla de ruedas.

---

<sup>34</sup> Beekman, C. E., Miller-Porter, L., & Shoneberger, M. (1999). Energy Cost of Propulsion in Standard and Ultralight Wheelchairs in People With Spinal Cord Injuries. *Physical Therapy*. vol 79 no. 2, 146-157.

## 2.6 INTERACCIÓN DEL USUARIO CON LA SILLA DE RUEDAS

### 2.6.1 DESEMPEÑO DE LA SILLA DE RUEDAS

La interacción silla–usuario determina la eficiencia en la transferencia de energía del usuario o “motor” a la silla de ruedas o “máquina”, en donde el usuario es visto como el productor de la fuerza de propulsión y la mecánica de la silla de ruedas es quien determina la energía necesaria para el movimiento. El movimiento de propulsión es estudiado como un movimiento cíclico que puede ser medido en términos de costos de energía, poder, trabajo, fuerza, torque, etc. El poder de propulsión es creado por el trabajo del tronco y son los brazos y las manos quienes transmiten la fuerza de empuje a la silla de ruedas, por esto, la eficiencia mecánica de la silla de ruedas depende en gran medida de la capacidad física del usuario.

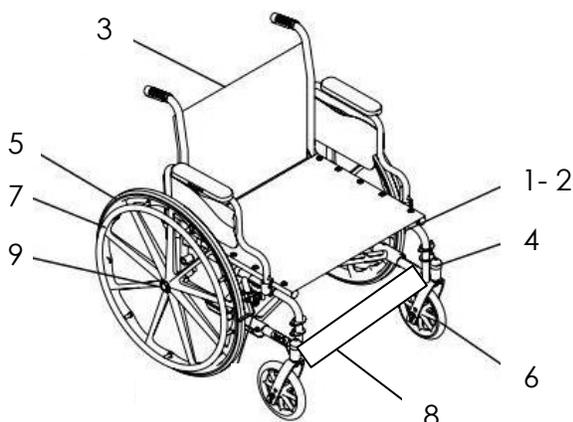
El funcionamiento mecánico de las sillas de ruedas manuales es relativamente simple sin embargo existen una serie de factores que intervienen en el desempeño de esta “AT” y que afectan la movilidad, entre ellos se encuentran primeramente los que se relacionan con la fricción del sistema, como la resistencia a la superficie, al viento y mecánica. La facilidad en el desplazamiento de una silla de ruedas está íntimamente ligada a los coeficientes de fricción interna y externa de ésta.

Otros factores que influyen en la movilidad de la silla de ruedas son el peso de la silla, el centro de gravedad, la inclinación de las ruedas, los rodamientos de las ruedas, la posición del eje de las ruedas, el ángulo entre el asiento y el respaldo o las condiciones del terreno entre otros.

### 2.6.2 CONFIGURACIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS

El diseño de una silla de ruedas es el resultado de la unión de distintos elementos que se encuentran presentes dependiendo de la función para la cual ha sido creada de acuerdo con las funciones corporales y los factores personales del usuario, sin embargo, se pueden observar algunos componentes elementales que están presentes en toda silla de ruedas sin importar su tipo:

- 1) Asiento
- 2) Cojín
- 3) Respaldo
- 4) Cuadro
- 5) Llantas traseras
- 6) Ruedas delanteras
- 7) Aro de mano
- 8) Reposapiés
- 9) Eje trasero



Estos diferentes elementos de la silla de ruedas tienen aspectos comunes que afectan directamente la movilidad del usuario sobre todo aquellos relacionados con la geometría del equipo, es decir de la posición espacial que presenta cada elemento tanto de manera independiente como en su conjunto. Esta interrelación entre componentes es la causante de modificar el comportamiento general del sistema en términos de mecánica, estabilidad y propulsión. A continuación, se analizan sus características:

### a. Altura del respaldo

El respaldo [Imagen 31] es un componente de gran importancia en la configuración y funcionamiento de la silla de ruedas debido a que brinda el soporte y control del tórax que facilita el movimiento de las extremidades superiores. Un respaldo alto resulta muy conveniente para las personas con poco control de tronco, pero reduce el rango de movimiento de los brazos, por otro lado, un respaldo bajo propicia una mayor libertad de movimiento, pero reduce la estabilidad del cuerpo.



*Imagen 31: Altura de Respaldo.*

*Fuente: (2016). J3-Back.aspx. Recuperado de <http://www.sunrisemedical.com/seating-positioning/jay/back>*

### b. Ángulo entre asiento y respaldo

La combinación entre estos dos elementos [Imagen 32] determina la postura y el balance del usuario sobre la silla de ruedas e influye directamente en su desempeño funcional. Es importante mencionar que no existe una configuración única o perfecta para estos elementos ya que su posición depende en gran medida de los gustos y necesidades particulares de los usuarios, sin embargo, es común encontrar sillas de ruedas donde la posición del respaldo crea un ángulo de entre  $90^\circ$  a  $110^\circ$  con relación a la línea horizontal y donde el asiento forma un ángulo de  $0^\circ$  a  $12^\circ$  con relación a la misma referencia.

Esta combinación en la inclinación del asiento y del respaldo determina la postura del usuario en la silla de ruedas misma que modifica la propulsión y el funcionamiento. Por ejemplo, un ángulo menor entre el asiento y el respaldo propicia una postura más activa promoviendo una mayor movilidad de tórax y brazos, pero aumenta la presión en las piernas, por otro lado, un ángulo mayor disminuye la presión en las piernas, pero propicia una postura más pasiva.



*Imagen 32: Ángulo entre Asiento y Respaldo.*

*Fuente: (2014). mustang.jpeg. Recuperado de <http://www.momentumhealthcare.ie/mobility-products/wheelchairs/gtm-mustang-wheelchair>*

### **c. Posición del eje de las llantas traseras**

La posición de este eje determina tanto la estabilidad como el movimiento de la silla de ruedas y puede variar en dimensión horizontal y vertical [Imagen 33]. Cuando el eje de las llantas se mueve hacia atrás en el sentido horizontal la silla de ruedas adquiere mayor estabilidad, pero el ángulo de empuje de los brazos se reduce aumentando el riesgo de lesiones. De forma contraria, al adelantar el eje se pierde estabilidad, pero el rango de movimiento de las extremidades superiores aumenta lo cual resulta muy conveniente en términos de eficiencia en la propulsión.

En el sentido vertical la posición del eje modifica la ubicación de la altura del asiento, de esta forma un asiento bajo aumenta el ángulo de empuje incrementando el rango de movilidad de los brazos, por otra parte, un asiento alto reduce el riesgo por esfuerzo en las extremidades superiores, aunque aumenta la frecuencia del empuje.



Imagen 33: Posición del Eje Trasero.

Fuente: etac. (2013). etacelite.jpg. Recuperado de <http://www.etac.com/products/product-archive/wheelchairs/etac-elite>

#### d. Ángulo de caída o inclinación de las llantas traseras

El ángulo de caída de las llantas comúnmente conocido como “Camber” es el ángulo que forma el eje de las llantas en relación con la vertical [Imagen 34] y puede ser negativo, positivo o neutro. El ángulo de caída de las llantas interviene en la estabilidad de la silla de ruedas, un ángulo negativo donde la parte inferior de la llanta se inclina hacia el exterior aumenta la base de sustentación generando una mayor estabilidad. La variación del ángulo de caída puede ser entre 0° y 10° dependiendo de las necesidades funcionales del equipo de “AT”.

La inclinación de las llantas está relacionada con la maniobrabilidad de la silla, a mayor inclinación mayor resistencia de rodado, por lo que un ángulo neutro o totalmente vertical maximiza la aceleración y velocidad de desplazamiento.

Estudios (Medola, Carril Elui, Santana, & Fortulan, 2014)<sup>35</sup> indican que la inclinación más empleada es de 6° porque resulta óptima en términos de estabilidad lateral en pendientes, comodidad para el empuje y desempeño funcional en general. Es importante mencionar que cualquier inclinación se ve reflejada en el ancho de la silla de ruedas y puede causar problemas de accesibilidad en espacios interiores.

<sup>35</sup> Medola, F. O., Carril Elui, V. M., Santana, C. D., & Fortulan, C. A. (2014). Aspects of Manual Wheelchair Configuration Affecting Mobility: A Review. *Journal of Physical Therapy Science*. vol 26 no. 2, 313-318.



*Imagen 34: Inclinación de Llantas Traseras.*

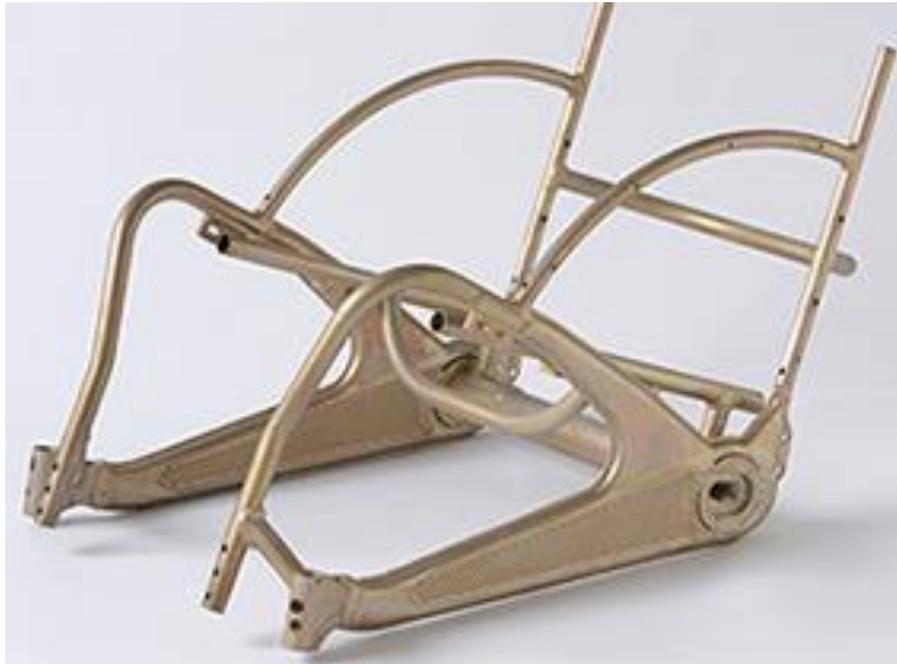
*Fuente: (2009). wc14.jpg. Recuperado de <http://designboom.com/wheelchair-design>*

#### **e. Diseño del cuadro**

El cuadro, marco, armazón o chasis [Imagen 35] es el componente estructural de la silla de ruedas que une y sostiene a los demás elementos del equipo y se puede decir que es el cuerpo del sistema. De acuerdo con su diseño pueden ser plegables o rígidos y su utilización depende del tipo de vida de los usuarios, los plegables facilitan su transportación y tienen buena estabilidad en dirección delantera y son más utilizados por personas con menor actividad, por otra parte, los cuadros rígidos son más ligeros, maniobrables y en general promueven un mejor desempeño.

Otro factor importante que condiciona el desempeño de la silla de ruedas es el peso del chasis y está determinado en gran medida por el material de su manufactura, el más empleado por su ligereza es el aluminio ya que no requiere de una tecnología especial para su fabricación y su relación de peso-resistencia es mayor que la del acero.

Mientras más ligero sea el cuadro menor será la fuerza de empuje necesaria por lo que los cuadros ultraligeros son recomendados para las personas más activas. Materiales como el titanio o la fibra de carbono tienen la cualidad de absorber de mejor forma los golpes y las vibraciones beneficiando así la aceleración, sin embargo, el alto grado de especialización de estos materiales aumenta significativamente el precio de estos equipos de "AT".



*Imagen 35: Diseño de Cuadro.*

*Fuente: (2011). mcx.jpg. Recuperado de <http://www.hashimoto-eg.com/mcx>*

#### **f. Tipo de llantas traseras**

De las llantas traseras [Imagen 36] dependen diferentes factores como la movilidad o la transmisión de energía, para ello el tamaño de las ruedas influyen directamente en el desplazamiento, por ejemplo, unas ruedas pequeñas aumentan la fricción y la frecuencia de empuje. El diámetro más común de las ruedas traseras es de 22 a 26 pulgadas y se fabrican en diferentes materiales como acero, aluminio, plástico o fibra de carbono.

El material de su fabricación determina el peso de las ruedas lo cual es un factor determinante para la movilidad, las llantas más ligeras permiten acelerar con mayor rapidez, por otra parte, las ruedas más pesadas conservan mejor la inercia del movimiento debido a su mayor masa.

Los recubrimientos o cubiertas de las llantas pueden ser neumáticas o sólidas. Las primeras tienen la cualidad de absorber mejor los golpes o vibraciones y presentan un índice menor de fricción, no obstante, requieren de un alto mantenimiento y son susceptibles a las pinchaduras. Por otra parte, las cubiertas sólidas o rígidas están fabricadas con gomas duras que aumenta la resistencia al rodado pero que no requieren de ningún tipo de mantenimiento.



*Imagen 36: Llantas Traseras.*

*Fuente: (2014). Self-Propelled\_Wheelchair\_Wheels-for-U-Go\_Esteem\_range.jpg. Recuperado de <http://www.wheelchaircompany.co.uk/accessories/tyres-and-inner-tubes/self-propelled-wheelchair-puncture-proof-wheels-for-u-go-esteem.html>*

#### **g. Tipo de ruedas delanteras**

Las configuraciones de las ruedas orientables o giratorias [Imagen 37] influyen en la estabilidad, maniobrabilidad y comodidad de la silla de ruedas. Al igual que las llantas traseras pueden tener diferentes dimensiones, los diámetros más comunes van de 3 a 8 pulgadas. Mientras mayor sea el tamaño de estas ruedas habrá un aumento en la fricción por lo cual su resistencia al rodado será mayor, sin embargo, de forma contraria disminuirá su dificultad para superar obstáculos.

Los recubrimientos de las ruedas delanteras pueden ser neumáticos o sólidos, cabe mencionar que al tener un tamaño mucho menor que las llantas traseras la dificultad para absorber los golpes es mucho mayor por lo cual las ruedas con recubrimiento suaves resultan una mejor alternativa, así como aquellas que tienen algún sistema mecánico de amortiguación que reducen la fricción y mejoran el desplazamiento.

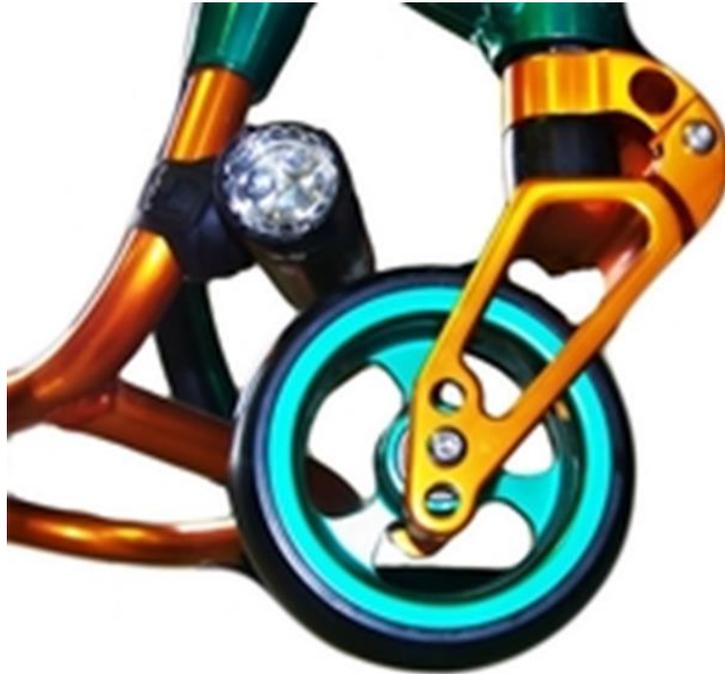


Imagen 37: Ruedas Delanteras.  
Fuente: (2010). froglegs1on1.jpg. Recuperado de  
<http://livingspinal.com/wheelchair-accessories/frog-legs-1-on-1-headlight>

#### **h. Soporte de piernas y pies**

La posición de las piernas y pies [Imagen 38] determina la presión en el asiento de una silla de ruedas, con un soporte de pies bajo aumenta la presión en el asiento e incrementa la inclinación de los tobillos lo que puede ocasionar lesiones en las pantorrillas y causar pie equino. La distancia horizontal entre las piernas, los pies y las ruedas delanteras determinan la longitud de la silla de ruedas, así como la distribución de la masa, la estabilidad y el momento de inercia del sistema.

Por otra parte, el ángulo de las rodillas es una referencia para la posición de los pies. Con las rodillas totalmente flexionadas  $-120^\circ$  la longitud de la silla se reduce, el centro de masa se recorre y la resistencia al rodado disminuye.



Imagen 38: Apoya Pies.

Fuente: (2014). mono-r.jpeg. Recuperado de <http://activehs.ca/mono-r>

#### **i. Aro de mano**

La importancia de este componente radica en ser la clave para la transmisión de la fuerza en la interfaz silla-usuario [Imagen 39]. Se trata de un aro con un perfil reducido menor a 20mm con poca superficie de contacto que dificulta la transmisión de la fuerza de empuje y que reduce la efectividad mecánica. La utilización de mejores diseños de perfiles y la unión flexible con las llantas aumenta la eficiencia y disminuye las fuerzas de reacción en el empuje. Otro factor que modifica el agarre del aro de mano es la separación de este elemento con relación a la llanta, una distancia corta dificulta su empleo mientras que una separación muy grande reduce la accesibilidad.



Imagen 39: Aro de Mano.

Fuente: (2015). [ergonomichandrims.aspx](http://ergonomichandrims.aspx). Recuperado de <http://themobilityproject.com/directory/2015/03ergonomic-handrims.aspx>

Aparte de estos componentes que participan directamente en la movilidad de los usuarios de sillas de ruedas existen otros factores que intervienen en la interacción usuario-silla y que modifican de igual forma la operación de estos equipos, entre ellos se encuentran:

- **Factores Físicos:** son las características anatómicas de los usuarios que contribuyen directamente en el funcionamiento de las sillas de ruedas, las cuales se desarrollan con mayor amplitud en el apartado de Consideraciones Antropométricas del capítulo tercero de la tesis.
- **Factores Psicológicos:** son las actitudes o comportamientos que influyen en el desempeño funcional de los equipos tales como la destreza, la habilidad, la seguridad, la preparación o el adiestramiento que modifican la manera en la cual el usuario se percibe como parte del sistema.
- **Factores sociales:** son los componentes familiares, económicos, educativos, laborales y del entorno que intervienen en el desarrollo integral de las personas sobre sillas de ruedas y que pueden propiciar la creación de obstáculos o barreras de carácter material, cultural o social.

Se puede concluir que la eficiencia de un equipo de asistencia tecnológica como la silla de ruedas está determinada por la correcta adaptación en su conjunto de componentes de acuerdo con las necesidades funcionales particulares de los usuarios.

---

## 2.7 TECNOLOGÍA DE FUNCIONAMIENTO HÍBRIDA

### 2.7.1 TIPOS DE SILLAS DE RUEDAS HÍBRIDAS

El diseño de la silla de ruedas todoterreno propulsada por palancas está siendo revalorado por facilitar a los usuarios a impulsarse a mayores velocidades durante periodos de tiempo más prolongados comparado con el desempeño de una silla de ruedas manual, así como por disminuir la tensión repetitiva relacionada con las lesiones por sobreuso producidas durante la acción de propulsión manual. Estos beneficios promueven una mejora en la calidad de vida de los individuos al incrementar su rango de acción, movilidad, libertad e independencia.

Dentro de las alternativas que podemos encontrar actualmente en el mercado se encuentran por un lado aquellas que se utilizan para competencias de atletismo en pista o ruta cuya producción generalmente está personalizada y que se caracterizan por estar fabricadas con materiales ultraligeros de avanzada tecnología, estos productos cuentan con eficientes sistemas de frenos, así como de cambio de velocidades que les posibilitan conseguir altos niveles de desempeño. Por otro lado, se encuentran aquellas sillas de ruedas todoterreno especializadas en deportes de montaña y senderismo las cuales cuentan con estructuras más robustas y resistentes que se caracterizan por incorporar sistemas de amortiguación de movimiento para adaptarse mejor a las condiciones del terreno.

También existen diferentes modelos de este tipo de silla de ruedas enfocadas al uso cotidiano de las personas con discapacidad y que están diseñadas para el movimiento tanto en interiores como exteriores. Estas sillas suelen ser más compactas, ligeras y fáciles de transportar que las de uso deportivo y habitualmente operan mediante mecanismos relativamente más simples, sin embargo, también las hay de alto rendimiento que cuentan con cajas de cambio, frenos y suspensiones más complejas.

La producción de este tipo de silla de ruedas todo terreno generalmente se realiza en países industrializados de Europa y América del Norte debido al alto nivel de especialización de la tecnología empleada para su fabricación y no se ha encontrado referencias de producción nacional. Algunas de las principales marcas productoras de estos modelos son Invacare, Mountain Trike, Wijit, Renegade, Desino y Grit entre otras. Los precios de estos artículos en el mercado se encuentran entre los \$3,000 y los \$12,000 dólares por lo cual estas alternativas tecnológicas resultan prácticamente inaccesibles para la gran mayoría de las personas con discapacidad en nuestro país.

Esta particular tecnología de asistencia permite a los usuarios a desplazarse por condiciones ambientales adversas difícilmente transitables para una silla de ruedas convencional lo que podría contribuir para aumentar las posibilidades de movilidad de las personas con discapacidad en México tomando en cuenta la falta de adaptación y accesibilidad existente en la gran mayoría de los espacios públicos y privados del país.

## 2.7.2 MECÁNICA DE PROPULSIÓN HÍBRIDA

Las investigaciones de este tipo de sillas de ruedas híbridas han profundizado cada vez más en la evaluación biomecánica de la propulsión con relación a los factores del contexto ya que la mecánica de propulsión está influenciada directamente por variables como la superficie, la pendiente y la rugosidad.

Existen estudios (Lin J.-T. , 2011)<sup>36</sup> sobre la movilidad en superficies interiores y exteriores, así como en pendientes transversales y longitudinales que identifican las particularidades de los diferentes desplazamientos como son la resistencia, la frecuencia de propulsión, el torque, el consumo de oxígeno y el gasto de energía.

Cabe mencionar que el total de las investigaciones consultadas para la elaboración de esta investigación, sobre la dinámica de propulsión tradicional de la silla de ruedas manual coinciden en que sus usuarios presentan un alto riesgo a desarrollar patologías de las extremidades superiores, estudios realizados (Desroches, y otros, 2009)<sup>37</sup> indican que el 70% de las personas en sillas de ruedas manuales en Estados Unidos reporta tener dolor de hombros durante la propulsión y que el 78% de ellos presenta evidencia neurológica de padecer síndrome del túnel carpiano.

Las sillas de ruedas híbridas se pueden clasificar dependiendo del tipo de mecanismos que utilizan para su propulsión en:

### a) Volante

Es un sistema mecánico de propulsión relativamente sencillo formado por una empuñadura exterior sobre el eje de las llantas traseras similar al pedal de una bicicleta que permite realizar un movimiento continuo de la mano y brazo en forma paralela a las ruedas [Imagen 40]. Es un sistema simple, práctico y económico que ha sido usado principalmente por atletas en equipos deportivos y de entrenamiento.

---

<sup>36</sup> Lin, J.-T. (2011). Investigation of Terrain Effects on Wheelchair Propulsion and Validity of a Wheelchair Propulsion Monitor. *School of Health and Rehabilitation Science and Technology*, 1-63.

<sup>37</sup> Desroches, G., Dumas, R., Pradon, D., Vaslin, P., Lepoutre, F. X., & Chéze, L. (2009). Upper limb joint dynamics during manual wheelchair propulsion. *Clinical Biomechanics*, 299-306.

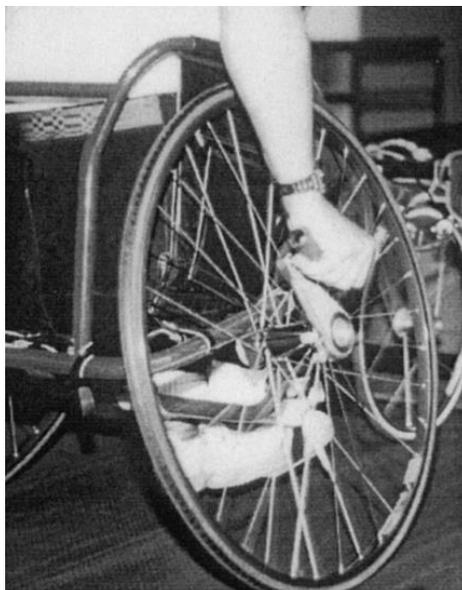


Imagen 40: Sistema de Volante.

Fuente: Woude, L.H., Dallmeijer, A.J., Janssen, T.W. & Veeger, D. (2001). *Alternative Modes of Manual Wheelchair Ambulation*. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 765-777.

Este sistema permite una aplicación continua de fuerza directo al eje rotor de la silla de ruedas lo que aumenta el torque y produce una mayor aceleración y velocidad. En cuanto a la ergonomía resulta muy bondadoso pues se adapta a los movimientos naturales de brazos y manos reduciendo el esfuerzo y maximizando la fuerza.

Durante el continuo movimiento circular del volante en este sistema de propulsión se desarrolla la acción de empujar y de jalar lo que reduce los periodos del ciclo de propulsión durante los cuales no hay transmisión de fuerza, además, este continuo movimiento circular contribuye en la flexión y extensión de los grupos musculares repartiendo la carga de trabajo con mayor uniformidad y reduciendo el esfuerzo en comparación con el sistema manual de aro de mano o propulsión.

Otro factor relevante tanto para la ergonomía como para la transmisión de fuerza es el agarre de la empuñadura del volante la cual reduce la tensión en dedos y manos comparado con el agarre del aro propulsor de una silla convencional, generando un movimiento más natural de la muñeca para contrarrestar el estrés y reducir la tensión en el túnel carpal. (Van der Woude, Dallmeijer, Janssen, & Veeger, 2001)<sup>38</sup>. Sin embargo, la utilización del sistema de volante es un poco más complicada y requiere de una mayor habilidad por parte del usuario por lo que se necesita de una adecuada capacitación y entrenamiento. Es quizás por esto que su empleo no ha sido ampliamente difundido, sin embargo, puede ser motivo de nuevas investigaciones con el objetivo de mejorar su desempeño.

---

<sup>38</sup> Van der Woude, L. H., Dallmeijer, A. J., Janssen, T. W., & Veeger, D. (2001). *Alternative Modes of Manual Wheelchair Ambulation*. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 765-777.

## b) Manivela

Este es el sistema de propulsión por mecanismos más utilizado, está conformado por dos manivelas y un juego de engranajes similares al de una bicicleta convencional [Imagen 41], se emplea en mayor medida para sillas de ruedas deportivas de alto rendimiento, así como también para el entrenamiento y el uso recreativo. El movimiento circular de las manivelas puede realizarse a diferentes velocidades tanto de forma sincrónica como asincrónica dependiendo de la capacidad funcional del usuario.



Imagen 41: Sistema de Manivela.

Fuente: (2017). *velo-a-main-top-end-xlt p-jpg*. Recuperado de <http://www.adaptel.ca/proddetail.php?prod=Top-End-XLT>

Su sistema de transmisión de fuerza presenta una alta eficiencia mecánica que reduce el esfuerzo del sistema cardiorrespiratorio, además, tanto la orientación de los brazos como el movimiento circular más cercano a los hombros y el agarre de las manos propician una cadencia suave de movimientos de gran beneficio para el acondicionamiento físico, así como positivos efectos físicos relacionados con el consumo de oxígeno, la eficiencia mecánica y el esfuerzo cardíaco.

Otro factor de gran influencia en el funcionamiento de los sistemas de propulsión por manivelas es el uso del respaldo no sólo como un elemento para el descanso, sino como una parte esencial para la estabilidad y el control del cuerpo lo cual interviene en la generación de las fuerzas de reacción que optimizan el trabajo de todo el conjunto de los grupos musculares involucrados. Los usuarios de este tipo de sistemas de propulsión reportan un índice menor de lesiones por sobreuso en comparación con los usuarios de sillas de ruedas manuales.

### c) Palanca

En este sistema la interfaz “silla-usuario” está conformada por un mecanismo simple de palancas para transmitir la fuerza de empuje hacia las ruedas [Imagen 42]. Como en el caso del sistema de manivela el movimiento de las palancas por los brazos puede realizarse de manera sincrónica o asincrónica en forma cíclica a los costados del cuerpo, es un sistema de empujar y jalar en el cual el movimiento de transmisión de la fuerza es continuo.

Este tipo de propulsión requiere de un menor gasto de energía si se compara con el sistema manual de aro ya que su mecanismo de transmisión incrementa casi en tres veces la fuerza realizada lo que aumenta también la aceleración y la velocidad, por lo que esto resulta ideal para personas con debilidad muscular o para aquellos que necesitan recorrer largas distancias.

Al igual que en el caso de la propulsión por volante, en este sistema de jalar y empujar se utilizan un mayor grupo de estructuras corporales para generar la fuerza de empuje lo cual beneficia la repartición de la carga de trabajo en los diferentes grupos musculares reduciendo el esfuerzo y la fatiga.

Por otra parte, las articulaciones prácticamente no presentan estrés por sobre uso debido a que el trabajo realizado con los brazos es mucho menor comparado con el sistema de propulsión por aro y no se realiza movimiento en las muñecas, el agarre de los dedos no requiere de tanta tensión y el movimiento de codos y hombros resulta muy natural.



Imagen 42: Sistema de Palanca.

Fuente: (2013). 584f3b688e598156fbdab85deb33aa16.jpg. Recuperado de <http://www.behance.net/gallery/4544555/Leveraged-Freedom-Chair>

Este es un excelente sistema de propulsión en términos de eficiencia y gasto de energía ya que la pérdida de energía durante la transferencia de fuerza de las manos a las ruedas es prácticamente nula en comparación con cualquier otro sistema de propulsión. Por su sencillez, economía y alto desempeño son altamente recomendables para la movilidad de personas de países en desarrollo ya que puede ser usado tanto en interiores como en exteriores.

Estudios recientes (Agarwal & Gautam, 2015)<sup>39</sup> sobre las sillas de ruedas propulsadas por palancas demuestran que este tipo de sistemas posibilitan a los usuarios a desplazarse con facilidad por todo tipo de terrenos debido a la gran eficiencia mecánica de su sistema en el aumento y transmisión de la fuerza lo que consigue incrementar significativamente las capacidades físicas del usuario.

Estudios realizados (Van der Woude, Botden, Vriend, & Veeger, 1997)<sup>40</sup> sobre la propulsión de las sillas de ruedas tradicional en comparación con las propulsadas mediante mecanismos de palancas demuestran que la propulsión manual exige una mayor demanda en los sistemas musculoesqueléticos y cardiorrespiratorios de los usuarios ya que estos presentan mayores valores de consumo de oxígeno y energía, así como un significativo aumento en la frecuencia cardiaca y una baja en la eficiencia mecánica.

Estos valores junto con factores relacionados con la discapacidad física tales como el bajo volumen de masa muscular en las extremidades superiores, la edad avanzada o la falta de entrenamiento, predisponen una alta tendencia a la fatiga y una mayor propensión al sedentarismo disminuyendo así la condición de salud de las personas.

Las sillas de ruedas propulsadas por palancas permiten al individuo conseguir una mayor velocidad con menor esfuerzo físico lo cual se refleja en periodos más largos de actividad y distancia de recorrido con lo cual aumenta la movilidad y la capacidad de participación social.

Por otra parte, este tipo de equipo de "AT" tiene la particularidad de poder realizar cambios en el sistema de engranes mecánicos lo que facilita la transmisión de energía y produce mayor eficiencia al momento de superar obstáculos y pendientes, inclusive para aquellos usuarios con baja fuerza muscular.

---

<sup>39</sup> Agarwal, S., & Gautam, S. (2015). Analysis and Optimization of All Terrain Wheelchair. *SAE Technical Paper*, 1-12.

<sup>40</sup> Van der Woude, L., Botden, E., Vriend, I., & Veeger, D. (1997). Mechanical advantage in wheelchair lever propulsion: Effect on physical strain and efficiency. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, vol. 34 no.3, 286-294.

---

## 2.8 REFLEXIONES SOBRE ASISTENCIA TECNOLÓGICA

- La Asistencia Tecnológica o “AT” promueve la independencia de las personas con discapacidad mediante la utilización de sistemas para superar las limitaciones en la actividad ocasionadas por las barreras del entorno y los factores ambientales.
- La “AT” es todo tipo de equipo o servicio utilizado para aumentar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de las personas con discapacidad, puede ser un auxiliar en la comunicación, la movilidad, el aprendizaje y en general de cualquier actividad sin importar de la discapacidad o nivel funcional.
- La silla de ruedas es el equipo de “AT” más empleado para mejorar la movilidad de las personas con discapacidad motriz lo que facilita el desplazamiento y promueve el mantenimiento de la condición de salud.
- La utilización de la silla de ruedas promueve la independencia de las personas con discapacidad, pero también puede limitar su participación social por consecuencia de la falta de accesibilidad en los espacios públicos.
- La mayoría de los usuarios de sillas de ruedas en nuestro país no disponen del equipo adecuado para su correcto desempeño funcional por lo que su participación en la educación y el trabajo se ve limitada.
- Las sillas de ruedas deben adaptarse al estilo de vida de las personas dependiendo de sus actividades y capacidades funcionales para promover la independencia y la mejora en la calidad de vida.
- La problemática en la movilidad de las personas con discapacidad puede combatirse mediante la utilización de equipos adecuados de “AT” que favorezcan al máximo las capacidades personales del individuo.
- La configuración de una silla de ruedas depende tanto de la función para la cual es creada, así como de las características particulares de los usuarios en donde también intervienen factores físicos, psicológicos y sociales.
- Los nuevos avances en la tecnología para la propulsión de sillas de ruedas posibilitan a los usuarios a desplazarse por diferentes ambientes con mayor facilidad durante periodos de tiempo más prolongados, alcanzando mayores velocidades y recorriendo distancias más largas, además de reducir el esfuerzo físico y disminuir el riesgo de lesiones.



---

## CAPITULO 3. BIOMECÁNICA



Ilustración 4: Silla de Ruedas Activa.

Fuente: Red, M. (2017). Modern wheelchair for handicap 437012443.jpg. Recuperado de [http://www.shutterstock.com/es/image-vector/modern-wheelchair-handicap-handicapped-sign-flat-437012443?irgwc=1&utm\\_medium=Affiliate&utm\\_campaign](http://www.shutterstock.com/es/image-vector/modern-wheelchair-handicap-handicapped-sign-flat-437012443?irgwc=1&utm_medium=Affiliate&utm_campaign)

---

**"Las especies que sobreviven no son las más fuertes ni las más inteligentes, sino aquellas que se adaptan mejor al cambio."** Charles Darwin. (Darwin, 1859)<sup>41</sup>

---

<sup>41</sup> Darwin, C. (1859). *El Origen de las Especies*. Cap. 5. London.

### 3.1 INTRODUCCIÓN

La biomecánica en su sentido más fundamental se trata del estudio de las fuerzas y su efecto en el organismo mediante el análisis de sus movimientos, es en este sentido que la biomecánica posibilita el conocimiento científico de los límites propios del cuerpo humano y ayuda a poder usar las habilidades para vencer las dificultades.

El auge que el estudio de la biomecánica para la propulsión de las sillas de ruedas ha experimentado en los últimos años es el resultado del interés de los especialistas por conocer el origen del notorio aumento de las lesiones por sobreuso reportadas por los usuarios de sillas de ruedas manuales en la actualidad.

La propulsión manual de una silla de ruedas resulta ser una actividad más compleja de lo que comúnmente se podría suponer, se trata de un movimiento altamente repetitivo que involucra la sincronización de un gran número de estructuras corporales que intervienen en la producción de energía y la transmisión de fuerza para generar el movimiento de propulsión de estos equipos de "AT".

Debido a la particular naturaleza de combinación de dichos movimientos las funciones fisiológicas de los sistemas corporales pueden verse comprometidas a tal grado que se pueden generar lesiones por estrés o patologías en su funcionamiento, principalmente en los sistemas cardiorrespiratorio y musculoesquelético, por esto, el estudio de las posibles consecuencias producidas por la realización de esta actividad resulta de amplio interés para la identificación de riesgos que afecten la seguridad y la condición de salud de los usuarios.

Por otra parte, mecánicamente las sillas de ruedas de propulsión manual resultan ser sistemas para la movilidad poco eficientes ya que la mayor parte de la fuerza desplegada para su accionamiento no se emplea correctamente para este fin debido a las deficiencias en la transmisión mecánica durante la fase de empuje principalmente, así como también a la disipación de energía por efectos de la resistencia a la fricción tanto interna como externa del sistema.

En este sentido el desarrollo de nuevos mecanismos de propulsión representa una oportunidad para conseguir optimizar el esfuerzo por medio de una mejor adaptación del usuario al equipo de "AT" y su contexto, por lo que la consideración de los factores humanos como la fisiología y la antropometría resultan de vital importancia para comprender de mejor manera las capacidades y limitaciones en la movilidad de los individuos.

### 3.2 PROPULSIÓN MANUAL DE LA SILLA DE RUEDAS

La propulsión manual de la silla de ruedas convencional se puede entender como un patrón cíclico de transmisión de energía mediante un repetido movimiento de propulsión realizado con el propósito de generar velocidad.

La propulsión de una silla de ruedas manual es el resultado de una fuerza de empuje producida por el trabajo de la parte superior del cuerpo que es transmitida por medio de la combinación de una serie de movimientos que involucran a todas las estructuras y articulaciones del hombro, codo y mano.

El movimiento de propulsión de una silla de ruedas se puede dividir en dos fases [Imagen 43]

- **Fase de empuje**  
Durante esta etapa las manos hacen contacto con los aros aplicando una fuerza que se trasmite a las ruedas siguiendo el movimiento circular de estas.
- **Fase de recuperación**  
En esta etapa se relajan la fuerza y se contraen los brazos para regresar a su posición inicial.

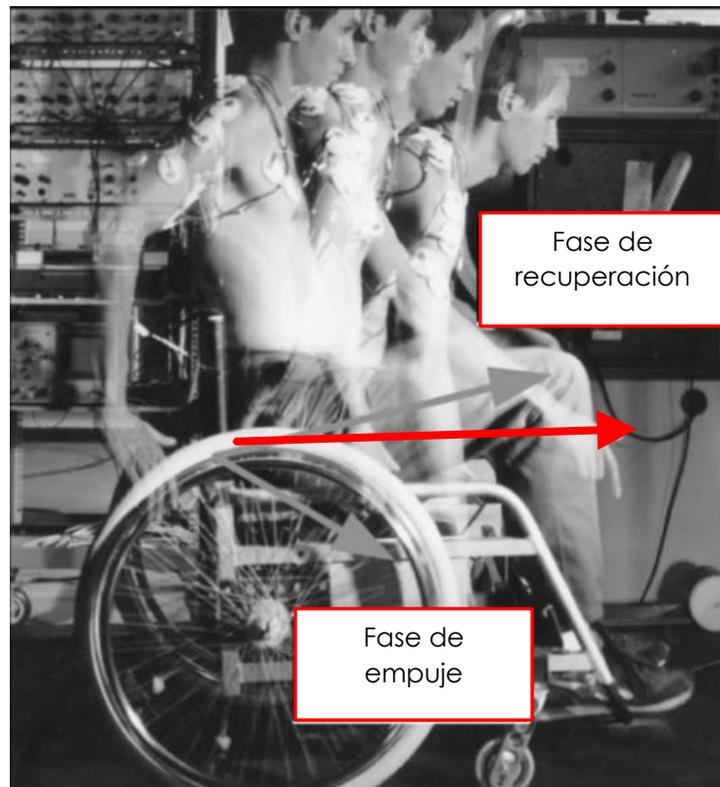


Imagen 43: Fases de la Propulsión.

Fuente: Woude, L.H., Veeger, H., Dallmeijer, A., Janssen, T., & Rozendaal, L. (201). Biomechanics and physiology in active manual wheelchair propulsion. *Medical Engineering & Physics*, 713-731

La ventaja mecánica en una silla de ruedas está determinada por el óptimo funcionamiento de los músculos para producir fuerza y velocidad de empuje que son necesarios para la eficiencia de la propulsión.

El trabajo de propulsión de una silla de ruedas manual “tradicional” se lleva a cabo mediante el empuje realizado por las manos sobre los aros de mano o “hand rims” colocados en la parte exterior de las llantas traseras, este movimiento involucra a las estructuras de la muñeca, manos y dedos en una acción muy rápida que tiene su mayor momento de fuerza en un periodo de tiempo muy corto de 0.2 a 0.6 segundos.

En este movimiento las muñecas comienzan en posición extendida con los dedos flexionados y a medida en que se realiza la acción de transmisión de fuerza la muñeca presenta una combinación de movimientos de pronación y cambio en el ángulo radial, se trata de un movimiento muy complejo si se toma en cuenta la fuerza involucrada y la dificultad en el agarre del aro, así como el viaje y la rotación de la mano que requiere de la intervención de la flexibilidad articular del hombro para generar una acción de estabilización del movimiento.

La naturaleza del movimiento de propulsión de una silla de ruedas manual es el resultado de la conjunción de fuerzas que se transmiten desde el hombro hasta la mano en una compleja trayectoria de movimientos que al repetirse en alto grado pueden causar lesiones por sobreuso en las articulaciones involucradas. [Imagen44]

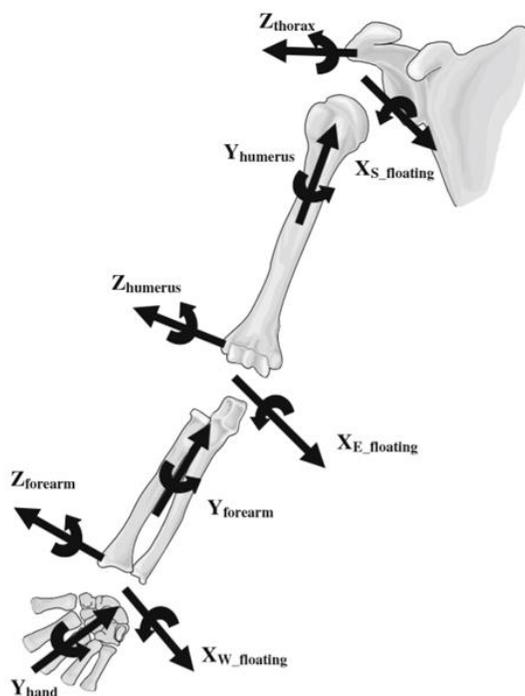


Imagen 44: Dinámica de Movimiento de la Extremidad Superior.

Fuente: Desroches, G., Dumas, R., Pradon, D., Vaslin, P., Lepoutre, F.X., & Chéze, L. (2009). Upper limb joint dynamics during manual wheelchair propulsion. *Clinical Biomechanics*, 299-306

Para realizar la propulsión de una silla de ruedas convencional es necesaria la combinación de una serie de movimientos muy especializados que difícilmente se utilizan para algún otro propósito más que para accionar una silla de ruedas, esta particularidad y dificultad de movimientos junto con el alto grado de repetición de los mismos provoca un estrés en el sistema musculoesquelético que puede derivar en dolor de muñeca y hombro principalmente y que a largo plazo puede causar lesiones por sobre uso o fatiga. Desde el punto de vista ergonómico existen dos posibilidades para reducir el estrés del sistema musculoesquelético producido por la propulsión manual tradicional de las sillas de ruedas, la primera es la reducción de los momentos de fuerza optimizando las técnicas de propulsión y la segunda la mejora de la mecánica de propulsión de la silla de ruedas

Por otro lado, estudios (Hurd, Morrow, Kaufman, & An, 2008)<sup>42</sup> sobre la evaluación biomecánica de la simetría durante la propulsión tradicional de la silla de ruedas manual revelan que esta acción se trata de un acto asimétrico de naturaleza bilateral que depende directamente de la superficie o terreno de desplazamiento. La simetría en el desempeño de los brazos en superficies interiores firmes y planas es mayor que en terrenos exteriores en los cuales mientras mayor es la irregularidad del terreno la propulsión se torna más asimétrica. Esta naturaleza bilateral de la propulsión manual presenta un riesgo de lesión por agotamiento o sobreuso que puede tener consecuencias clínicas.

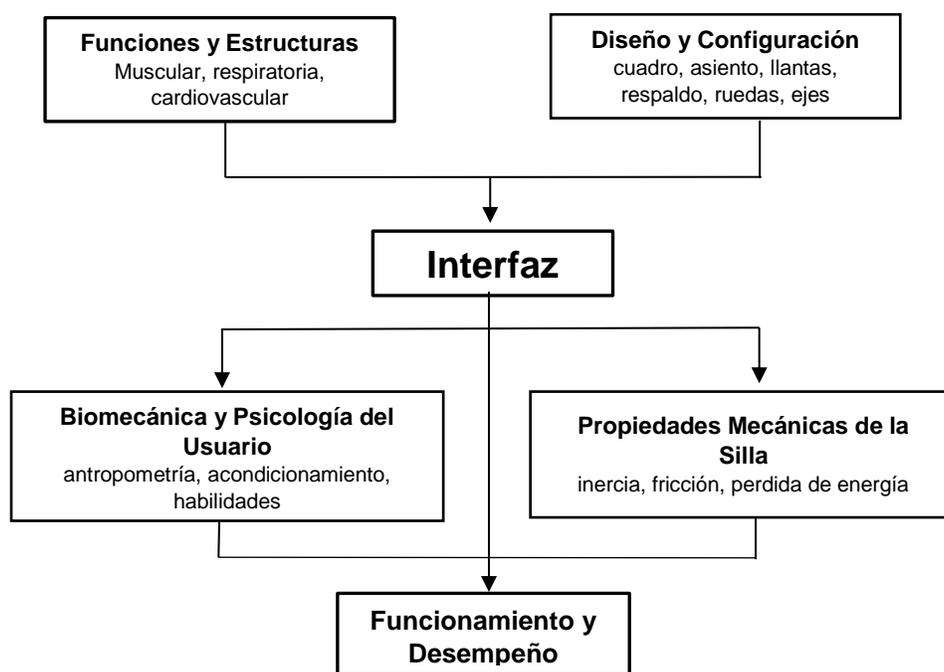


Figura 7: Factores que intervienen en el funcionamiento de la silla de ruedas.

Fuente: Lin, J.T. (2016). *The Influence of Wheelchair Mechanical Parameters and Human Physical Fitness on Propulsion Effort*. Georgia: Georgia Institute of Technology

<sup>42</sup> Hurd, W. J., Morrow, M. M., Kaufman, K. R., & An, K.-N. (2008). Biomechanical Evaluation of Upper-Extremity Symmetry During Manual Wheelchair Propulsion Over Varied Terrain. *Arch Phys Med Rehabil.* vol. 89.

### 3.3 LESIONES OCASIONADAS POR LA PROPULSIÓN MANUAL

Las estructuras de las extremidades superiores del cuerpo humano no suponen una especialización funcional para el desempeño de una labor determinada como es el caso de la movilidad producida por las extremidades inferiores para caminar, sino más bien, los brazos presentan un alto rango de movimientos de combinación que los posibilita a efectuar una gran diversidad de tareas. La compleja anatomía de las extremidades superiores está integrada inicialmente por las articulaciones del hombro, codo y muñeca e involucran a un gran número de estructuras secundarias.

El volumen de la musculatura de las extremidades superiores es considerablemente menor en comparación con el de las piernas, por lo que su potencial para la locomoción disminuye, por consecuencia de esto el esfuerzo para realizar la propulsión aumenta con lo que se produce una mayor fatiga muscular.

Según estudios (Beekman, Miller-Porter, & Shoneberger, 1999)<sup>43</sup> los usuarios de silla de ruedas con deficiente masa muscular en los brazos presentan una desventaja biomecánica para la propulsión lo cual los hace más propensos a padecer lesiones por sobreuso principalmente en hombros y muñeca.

De acuerdo con estudios (Desroches, y otros, 2009)<sup>44</sup> acerca de la dinámica articular de las extremidades superiores durante la propulsión de la silla de ruedas, se observa que el momento más alto de estrés para las articulaciones de las extremidades superiores ocurre entre la fase de empuje y la fase de recuperación del movimiento de propulsión, justo en el instante en que comienza la transmisión de la fuerza de empuje y antes del inicio de la fase de estabilización.

Es en este momento en que la mano entra en contacto con el aro de propulsión para transmitir la fuerza de empuje que se absorbe la energía de resistencia de la rueda y donde se realiza la interacción de los diferentes movimientos de las tres articulaciones:

- **Muñeca**

La muñeca está extendida y es seguida por la desviación del cúbito y la rotación externa.

- **Codo**

El codo está flexionado y es seguido de la abducción y la pronación.

- **Hombro**

El hombro está en flexión seguido de la abducción y la rotación interna.

---

<sup>43</sup> Beekman, C. E., Miller-Porter, L., & Shoneberger, M. (1999). Energy Cost of Propulsion in Standard and Ultralight Wheelchairs in People With Spinal Cord Injuries. *Physical Therapy*. vol 79 no. 2, 146-157.

<sup>44</sup> Desroches, G., Dumas, R., Pradon, D., Vaslin, P., Lepoutre, F. X., & Chéze, L. (2009). Upper limb joint dynamics during manual wheelchair propulsion. *Clinical Biomechanics*, 299-306.

---

El estudio mencionado determina que dada la complejidad del movimiento de propulsión las articulaciones no logran conseguir el máximo impulso posible lo que puede ser motivo de la baja eficiencia mecánica del movimiento y que puede ser causante de lesiones por la alta estabilización en las articulaciones.

Estudios (Wineman, 2014)<sup>45</sup> sobre los padecimientos físicos relacionados con la propulsión manual de las sillas de ruedas indican que más del 70% de los cerca de 3.2 millones de personas usuarias de sillas de ruedas manuales en los Estados Unidos, ha reportado dolor de hombros debido a la alta demanda y el estrés repetitivo durante la propulsión.

### **3.3.1 LESIONES DEL SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO**

Como se ha mencionado anteriormente un gran número de usuarios de sillas de ruedas presentan en algún momento de su vida dolor de hombro originado por el desbalance de las estructuras corporales, ya que los diferentes músculos que conforman esta articulación no comparten la carga de trabajo en forma equitativa, es decir, algunos músculos y articulaciones presentan una sobrecarga de trabajo como resultado del particular movimiento repetitivo de propulsión.

El complejo articular del hombro se encuentra integrado por cuatro articulaciones diferentes que tienen como estructura de interacción a la interfaz escapular donde se unen las articulaciones glenohumeral, acromioclavicular y esternoclavicular [Imagen 45]. Este complejo sistema de movimiento lo hace susceptible a presentar diferentes lesiones sobre todo en el manguito rotador.

Los músculos rotadores del hombro son propensos a la fatiga y a presentar lesiones por sobreuso debido principalmente a que su volumen es relativamente pequeño si se les compara con músculos como el pectoral o el deltoides.

La zona crítica de lesión en el manguito rotador está en la inserción del tendón supraespinoso con la cabeza del húmero la cual es un área altamente vascularizada, cualquier movimiento que fuerce la cabeza del húmero dentro de la articulación glenohumeral puede causar que ocurra un desplazamiento de los tendones del manguito rotador debajo del arco acromioclavicular.

Este estrés al cual es sometido el manguito rotador puede ser causado por actividades como la propulsión o el traslado de la cama a la silla de ruedas.

---

<sup>45</sup> Wineman, M. J. (2014). Design and effects on handrim kinetics of an automatic gear-shifting wheel for manual wheelchairs. *University of Illinois at Urbana-Champaign*.

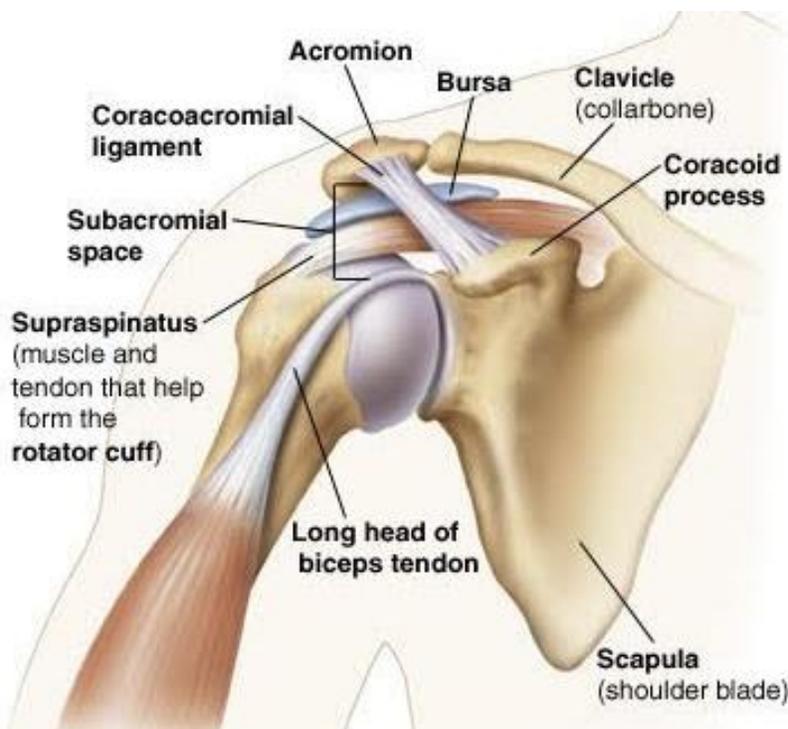


Imagen 45: Anatomía del Hombro.  
 Fuente: (2014). RotatorCuffAnatomy.jpg. Recuperado de  
<http://crazen.ga/download/Best-joint-cracking-shoulders.html>

Otros factores de riesgo de lesión son principalmente los cambios de postura del tórax durante la propulsión, así como los movimientos de traslado de la silla de ruedas al baño, a la cama, al piso o a cualquier otra superficie. Es en este momento cuando se realiza la transferencia del peso del tronco o tórax hacia la clavícula, la escápula y la cabeza del húmero.

De acuerdo con estudios (Singla, 2009)<sup>46</sup> el riesgo de contraer este tipo de lesiones en el hombro es muy alto debido a la gran repetición de movimientos que el usuario realiza cada día, por ello, resulta de vital importancia desarrollar una adecuada técnica de propulsión que disminuya las posibilidades de lesión al mínimo de acuerdo con las funciones corporales del individuo.

Por otro lado, los usuarios de sillas de ruedas son muy propensos a desarrollar el síndrome de túnel carpiano que al igual que las lesiones en el hombro afecta seriamente la movilidad de las personas. Se ha hecho mención sobre la difícil naturaleza del movimiento de propulsión manual que junto con su carácter repetitivo representan un riesgo muy alto para desarrollar lesiones en la muñeca.

<sup>46</sup> Singla, M. (2009). *Kinetic analysis of manual wheelchair propulsion under different environmental conditions between experienced and new manual wheelchair users with spinal cord injury*. Edmonton: Faculty of Rehabilitation Medicine.

De acuerdo con estudios (Veeger, Meershoek, & Van der Woude, 1998)<sup>47</sup> realizados, el síndrome de túnel carpiano en usuarios de sillas de ruedas puede ser causado por la compresión del nervio mediano [Imagen 46] debido a los repetitivos golpes de empuje que afectan a los músculos flexores de la muñeca, así como a la fuerza de agarre sobre el aro de mano y al esfuerzo de la muñeca, los dedos y la mano.



Imagen 46: Anatomía del Nervio Mediano.  
Fuente: (2010). *carpaltunnel.jpeg*. Recuperado de  
<http://www.mycarpaltunnel.com/what-is-carpal-tunnel.shtml>

Durante la fase de empuje del aro de mano la muñeca presenta una combinación de activa flexión seguida por una completa extensión en donde el túnel carpiano sufre una elevada presión que genera una isquemia afectando al nervio.

La gran desviación en los ángulos de flexión y extensión de la muñeca superan los límites que se suelen usar como valores de prevención de riesgo por lo que la probabilidad de contraer una lesión es muy grande.

Como se ha visto el riesgo de adquirir lesiones musculoesqueléticas por parte de los usuarios de sillas de ruedas es muy alto y los procesos de rehabilitación de estas pueden ser muy largos, en ocasiones las personas no consiguen recuperar su movilidad normal ni siquiera mediante la intervención quirúrgica.

Este problema de movilidad en las extremidades superiores puede ser causa del aumento de inactividad del individuo, lo cual es un problema muy serio pues el individuo puede entrar en un cuadro depresivo que contribuye a disminuir su actividad física propiciando factores de riesgo cardiovascular, así como problemas de obesidad, úlceras por presión, osteoporosis o diabetes.

---

<sup>47</sup> Veeger, D., Meershoek, L., & Van der Woude, L. (1998). Wrist motion in handrim wheelchair propulsion. *Journal of Rehabilitation Research and Development* vol.35 no. 3, 305-313.

### 3.3.2 ENFERMEDADES DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR

Dentro de la comunidad de personas usuarias de sillas de ruedas los padecimientos cardiovasculares suelen ser un punto en común, sin embargo, en la actualidad los índices de enfermedades relacionadas con el sistema cardiovascular van en aumento. Tan es así que en Estados Unidos se reporta a los padecimientos cardiovasculares como la primera causa de mortalidad en los usuarios de sillas de ruedas antes que las enfermedades renales y pulmonares que habían sido en décadas anteriores los principales motivos de morbilidad y mortalidad.

El aumento en las enfermedades cardiovasculares está relacionado con la poca actividad física de algunos de los usuarios de sillas de ruedas debido en gran medida a la falta de accesibilidad del contexto físico y social lo cual favorece el desarrollo de obesidad y de enfermedades o trastornos metabólicos.

En particular las enfermedades cardiovasculares se presentan en mayor número en personas con lesiones de la médula espinal debido a la disfunción del sistema nervioso autónomo que se presenta después de una lesión medular, que se caracteriza por generar anomalías en la presión sanguínea, arritmias cardíacas y una mala respuesta cardiovascular al ejercicio, por lo que estas personas presentan un alto riesgo de muerte por enfermedades cardíacas.

De acuerdo con estudios (Myers, Lee, & Kiratli, 2007)<sup>48</sup> la disfunción del sistema nervioso autónomo contribuye en gran medida a la aparición de enfermedades cardiovasculares y su grado de afectación depende del nivel de la lesión medular. Según estos estudios, el nivel de las lesiones tetraplégicas está asociado en un 16% a un alto riesgo por contraer hipertensión, enfermedades valvulares, trombosis y eventos cerebrovasculares, así como las personas con lesión medular parapléjica presentan un 70% de riesgo por desarrollar enfermedades de la arteria coronaria.

Otro factor de probabilidad para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares es el síndrome metabólico y la diabetes, las cuales están consideradas por la “Asociación Americana del Corazón” como los mayores riesgos de muerte cardíaca.

El síndrome metabólico es un estado de prediabetes relacionado con la obesidad o exceso de acumulación de grasa alrededor de la cintura causado por la intolerancia a la insulina que se caracteriza por incrementar la hipertensión arterial, la glucosa, los niveles elevados de triglicéridos y la disminución de los niveles sanguíneos de HDL o colesterol bueno, al igual que la diabetes y que los trastornos del metabolismo de los lípidos son enfermedades que aceleran el deterioro vascular.

---

<sup>48</sup> Myers, J., Lee, M., & Kiratli, J. (2007). Cardiovascular Disease in Spinal Cord Injury: an overview of prevalence, risk, evaluation, and management. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 1-11.

Como se ha visto el estilo de vida sedentario es un factor detonante de los problemas cardiovasculares, la falta de actividad física y la baja generación de energía promueven la disminución de la masa muscular necesaria para la movilidad lo que contribuye al aumento de la obesidad. En este sentido resulta de vital importancia la activación física y el ejercicio regular para prevenir las enfermedades cardiovasculares de las personas usuarias de sillas de ruedas.

### 3.3.3 ALTERACIONES DEL SISTEMA NERVIOSO

Como se ha visto, las personas con lesión medular presentan una disfunción del sistema nervioso autónomo encargado del control de las acciones involuntarias del cuerpo que se manifiesta con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares. Este sistema también conocido como sistema nervioso neurovegetativo está formado a su vez por el sistema simpático y parasimpático.

El sistema nervioso autónomo [Imagen 47] es un sistema eferente que transmite impulsos nerviosos desde el sistema nervioso central hacia los aparatos y sistemas orgánicos periféricos, controlando entre otras cosas el funcionamiento cardíaco y respiratorio, la contracción de los vasos sanguíneos, la digestión, el funcionamiento glandular y la micción entre otras, se trata de un sistema básico para el funcionamiento corporal.

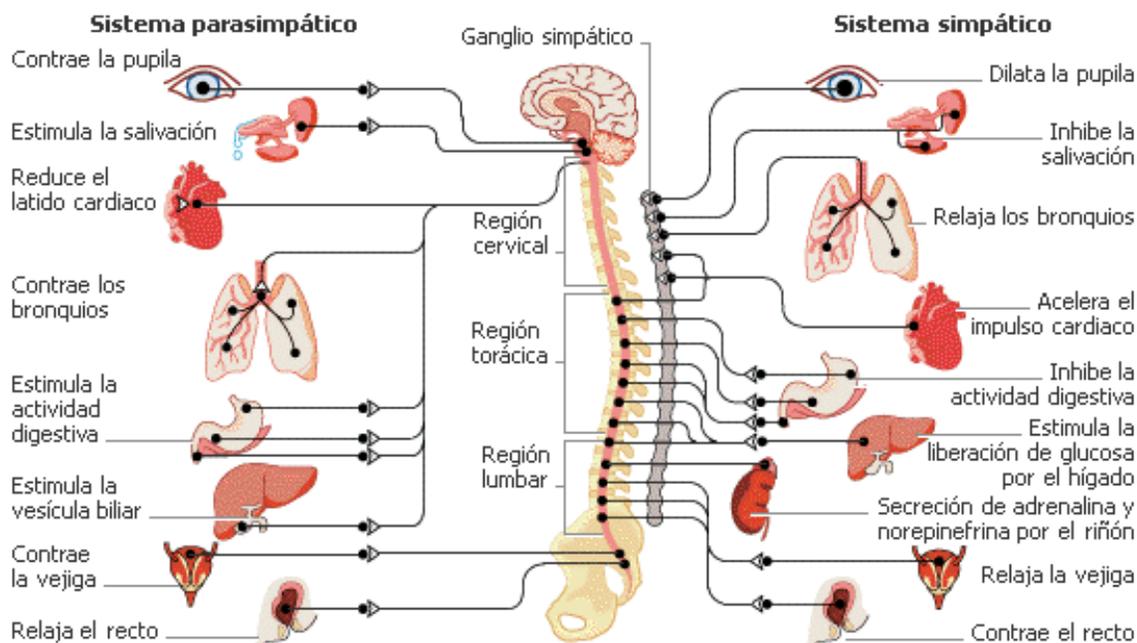


Imagen 47: Anatomía del Sistema Nervioso Autónomo.  
Fuente: (2014). *autonomic-nervous-system.gif*. Recuperado de <http://medicalterms.info/anatomy/Autonomic-Nervous-System>

---

A la disfunción de este sistema se le conoce con el nombre genérico de disautonomía y es causante de una gran cantidad de padecimientos y enfermedades. Las lesiones medulares como la tetraplejía y los niveles altos de paraplejía presentan serias alteraciones en el funcionamiento del sistema autónomo. (Teasell, Arnold, Krassioukov, & Delaney, 2000)<sup>49</sup>

La disautonomía en las personas con lesión medular depende en gran medida del nivel y grado de la lesión, mientras más alta y profunda sea la lesión en la médula esta afectará a una mayor cantidad de órganos y sistemas provocando la aparición de mayores anomalías en el funcionamiento general del organismo.

Por otra parte, las personas con lesión medular suelen también presentar dolor neuropático que es un dolor que se genera en el sistema nervioso central, cerebro y médula espinal o también en el sistema periférico o terminaciones nerviosas, debido a una anomalía o mal funcionamiento y que se manifiesta en diversas maneras como ardor, quemazón, escozor, frío intenso, hormigueo, pesadez, adormecimiento, descarga eléctrica, falta de sensibilidad o hiperalgesia. (Siddall, Taylor, & Cousins, 1997)<sup>50</sup>

Como ya se mencionó anteriormente otro padecimiento del sistema nervioso muy común entre los usuarios de sillas de ruedas es el síndrome de túnel carpiano que es una neuropatía por compresión o traumatismo que ocurre cuando se comprime el nervio mediano dentro de los huesos de la muñeca por efecto de la inflamación o el engrosamiento de los tendones, causando dolor, debilidad o entumecimiento en la mano y muñeca.

Es un padecimiento relevante para los usuarios de sillas de ruedas ya que produce la disminución de la fuerza de agarre de la mano, la dificultad del movimiento de los dedos y en ocasiones el entumecimiento o atrofia de los músculos, lo que complica y puede impedir el movimiento de propulsión de la silla de ruedas.

De acuerdo con lo anterior, se puede observar la existencia de un gran número de padecimientos, lesiones y enfermedades que se encuentran directamente relacionadas con el uso de las sillas de ruedas convencionales, mismas que pueden llegar a disminuir e inclusive desaparecer mediante el empleo de mejores tecnologías de propulsión que consigan adaptarse de mejor forma al funcionamiento integral de los usuarios.

---

<sup>49</sup> Teasell, R., Arnold, M., Krassioukov, A., & Delaney, G. (2000). Cardiovascular Consequences of Loss of Supraspinal Control of the Sympathetic Nervous System After Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil* vol. 81, 506-516.

<sup>50</sup> Siddall, P., Taylor, D., & Cousins, M. (1997). Classification of pain following spinal cord injury. *Spinal Cord* vol.35, 69-75.

---

### 3.4 PROPULSIÓN MECÁNICA POR PALANCAS

Como se ha visto, en lo general la propulsión de la silla de ruedas manual es una forma ineficiente de movimiento debido principalmente al estrés que produce en los sistemas cardiorrespiratorio y musculoesquelético, pero también al alto consumo de energía y la baja eficiencia mecánica.

Recientes estudios sobre el análisis y la optimización de la silla de ruedas propulsada por palancas revelan datos más precisos que demuestran la clara superioridad en el desempeño de esta asistencia tecnológica.

Estudios (Agarwal & Gautam, 2015)<sup>51</sup> enfocados en la ventaja mecánica de la silla de ruedas propulsada por palancas indican que la utilización de estos mecanismos requiere de una menor tensión física para producir una mayor eficiencia, comparada con la obtenida durante la propulsión de una silla de ruedas manual.

Las palancas permiten a los usuarios conseguir un incremento en su rango de acción, movilidad, libertad e independencia, además de que esta ventaja mecánica disminuye significativamente el consumo de oxígeno lo que interviene en la reducción de la sobrecarga del sistema cardiorrespiratorio.

La mayor eficiencia mecánica producida por el sistema de propulsión por palancas permite a los usuarios a desplazarse por periodos de tiempo más largos, a mayor velocidad y por consecuencia a recorrer mayores distancias, lo que a su vez promueve el incremento de su condición de salud en general.

Este estudio revela que la velocidad máxima alcanzada por este tipo de propulsión es 71.2% mayor que la conseguida en una silla de ruedas manual, así como que la distancia conseguida es 43.2% más larga, esto influye en que la eficiencia mecánica de la propulsión por palancas sea 48% mayor que la propulsión manual tradicional.

Por otra parte, el estudio anteriormente mencionado también revela que el libramiento de obstáculos aumenta debido al mayor torque o fuerza producida por el mecanismo de palanca con lo cual se posibilita un mejor desplazamiento por pendientes y superficies disperejas.

Por último, en un estudio comparativo (Rifai Sarraj, y otros, 2009)<sup>52</sup> la silla de ruedas propulsada por palancas también demostró ser superior en términos de confort, seguridad y satisfacción general de los usuarios comparada con la silla de ruedas manual, así como corroboró la teoría de la superioridad de la propulsión por palancas al obtener una mayor ganancia mecánica a un costo menor de estrés.

---

<sup>51</sup> Agarwal, S., & Gautam, S. (2015). Analysis and Optimization of All Terrain Wheelchair. *SAE Technical Paper*, 1-12.

<sup>52</sup> Rifai Sarraj, A., Massarelli, R., Rigal, F., Moussa, E., Jacob, C., Fazah, A., & Kabbara, M. (2009). Evaluation of wheelchair proptotype with non-conventional, manual propulsion. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. vol. 53, 105-117.

---

### 3.5 CONSIDERACIONES ANTROPOMÉTRICAS

La medición de las características físicas de los usuarios de sillas de ruedas es extremadamente importante para el diseño de estas asistencias tecnológicas, en este sentido la antropometría resulta indispensable para la obtención de datos estadísticos sobre la distribución de medidas corporales de la población necesarias para el desarrollo de nuevos sistemas de control que permitan optimizar las cualidades físicas de los individuos y mejorar los equipos de “AT”.

De acuerdo con la naturaleza dinámica de estas “AT” para la movilidad de las personas con discapacidad motriz, los valores antropométricos deben de recabarse tanto de forma estática como dinámica para poder determinar por una parte las medidas estructurales de los individuos, así como para establecer las dimensiones funcionales del movimiento de propulsión de la silla de ruedas.

Las dimensiones dinámicas o funcionales se deben de tomar a partir de la posición estática sentada del individuo para después asociar la movilidad o accionamiento del equipo de “AT”, de esta forma se debe de tomar en cuenta el estudio de las articulaciones de acuerdo con los movimientos de propulsión de la silla de ruedas para poder valorar la capacidad dinámica articular.

Por ejemplo, el límite de alcance del brazo no resulta correspondiente sólo a la longitud del brazo, sino que se trata de una medición más compleja ya que al realizar un movimiento los distintos segmentos del cuerpo no actúan de forma independiente, sino más bien de forma coordinada, de esta forma, al mover un brazo hay que tener en cuenta además de su longitud el movimiento del hombro, el movimiento del tronco y el agarre de la mano.

Esta variabilidad de factores hace que la resolución de los problemas espaciales en los sistemas de movilidad sean un tema complejo. Para poder llegar a un mayor entendimiento de la actividad de propulsión de la silla de ruedas, además de realizar la medición estática y dinámica de los usuarios se debe de estudiar las características físicas de los sistemas de “AT” como son el tipo de equipo, modelo, peso, material, llantas, asiento, respaldo, etc.

Algunas de las medidas estáticas sobre la silla de ruedas son: [Imagen 48]

- Altura -sentado-
- Altura de ojos
- Altura de hombros
- Altura de codos
- Anchura de hombros
- Anchura de cadera
- Anchura de pies -juntos-

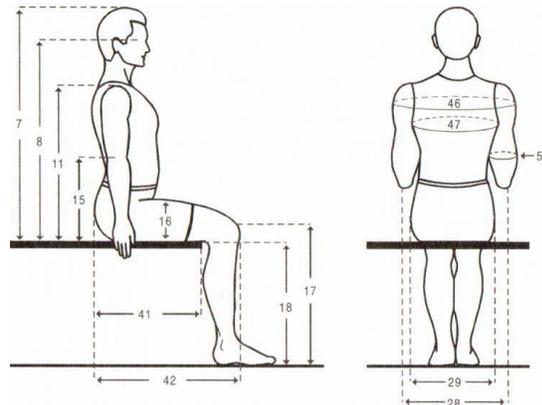


Imagen 48: Medidas Estáticas.

Fuente: Ávila, R., Prado, L.R., González, E.L. (2001). Dimensiones Antropométricas de la Población Latinoamericana. Guadalajara: Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño.

Algunas medidas de segmentos específicos del cuerpo como: [Imagen 49]

- Longitud de la mano
- Anchura de la mano
- Longitud del muslo
- Anchura del muslo
- Longitud de la pierna
- Ancho de la pierna
- Longitud del pie
- Anchura del pie

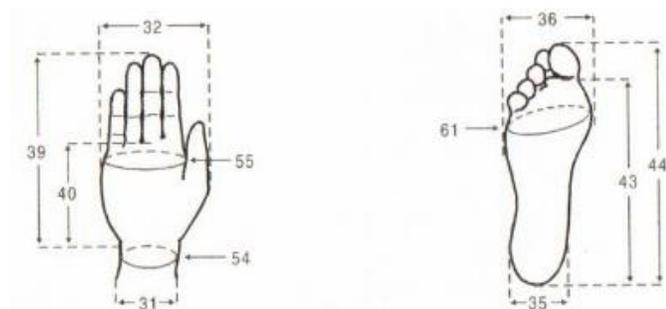


Imagen 49: Medidas de Segmentos.

Fuente: Ávila, R., Prado, L.R., González, E.L. (2001). Dimensiones Antropométricas de la Población Latinoamericana. Guadalajara: Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño.

Algunas medidas funcionales como: [Imagen 50]

- Alcance del puño -hacia adelante-
- Longitud de brazo-punta de los dedos
- Longitud de antebrazo-punta de los dedos
- Perímetro de pecho
- Perímetro de cintura
- Perímetro de brazo y antebrazo
- Perímetro de muslo y pierna

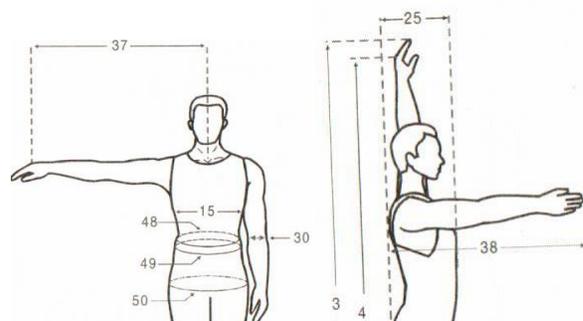


Imagen 50: Medidas Funcionales.

Fuente: Ávila, R., Prado, L.R., González, E.L. (2001). Dimensiones Antropométricas de la Población Latinoamericana. Guadalajara: Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño.

Las variables antropométricas que se deben de observar son principalmente medidas lineales realizadas en el plano sagital y frontal para determinar las distancias que relacionen al usuario con el funcionamiento de la silla de ruedas, para lo cual se deben de establecer puntos de referencia entre ellos. (Paquet & Feathers, 2004)<sup>53</sup>

---

<sup>53</sup> Paquet, V., & Feathers, D. (2004). An anthropometric study of manual and powered wheelchair users. *International Journal of Industrial Ergonomics* vol.33, 191-204.

---

### 3.6 REFLEXIONES SOBRE BIOMECÁNICA

- El creciente interés por el estudio de la biomecánica en las nuevas tecnologías de propulsión de sillas de ruedas es el resultado del creciente aumento de lesiones por sobreuso reportado por los usuarios de sillas de ruedas manuales en la actualidad.
- La propulsión manual de una silla de ruedas es una compleja actividad que involucra un gran número de estructuras fisiológicas en un movimiento altamente repetitivo para la transmisión de fuerza de empuje a los equipos de "AT".
- Por efecto de la repetición en el movimiento de propulsión los sistemas corporales cardiorrespiratorio y musculoesquelético pueden verse seriamente comprometidos al grado de generar lesiones por estrés o patologías en su funcionamiento.
- El volumen muscular de pecho y brazos es considerablemente inferior al de las extremidades inferiores por lo que su potencial para la locomoción disminuye y el esfuerzo para la propulsión aumenta propiciado una mayor fatiga muscular.
- La asistencia tecnológica para la propulsión proporciona una ventaja mecánica que reduce la cantidad de fuerza necesaria para el empuje y facilita la movilidad, además de disminuir las posibilidades de lesión.
- Las lesiones y patologías pueden ser causa de inactividad para los usuarios de sillas de ruedas conduciendo a la disminución de la actividad y el aumento de peso, lo que propicia factores de riesgo cardiovascular, osteoporosis o diabetes, así como la depresión.
- Las enfermedades del sistema cardiovascular son la primera causa de mortalidad de los usuarios de sillas de ruedas actualmente en los Estados Unidos, antes que las enfermedades renales y pulmonares reportadas en décadas anteriores.
- El aumento en las enfermedades cardiovasculares está relacionado con la poca actividad física de los usuarios de sillas de ruedas principalmente por motivo de la falta de accesibilidad del ambiente y al estilo de vida sedentario.
- Los sistemas de propulsión mecánica posibilitan a los usuarios de sillas de ruedas a incrementar su rango de acción, movilidad, libertad e independencia, reduciendo la sobrecarga en el esfuerzo físico e incrementando su condición general de salud.



---

## CAPÍTULO 4. TECNOLOGÍA TODOTERRENO

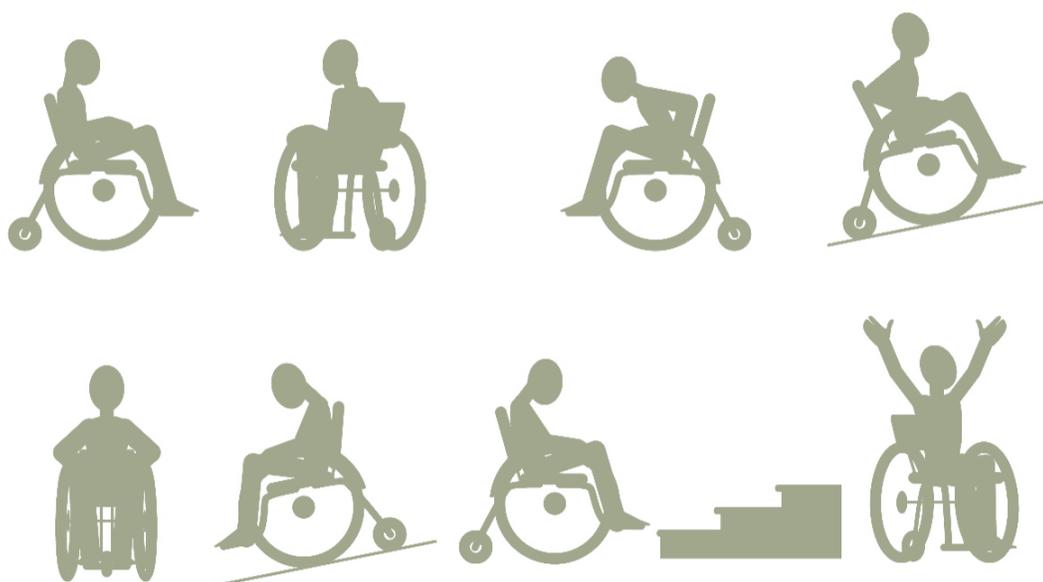


Ilustración 5: Tecnología Todoterreno.

Fuente: Mokhov, S. (2014). 228060700.jpg. Recuperado de [http://www.shutterstock.com/es/image-vector/vector-ilustration-set-disabled-icons-228060700?irgwc=1&1utm\\_medium=Affiliate&utm\\_campaign=TinEye&utm\\_source=77643](http://www.shutterstock.com/es/image-vector/vector-ilustration-set-disabled-icons-228060700?irgwc=1&1utm_medium=Affiliate&utm_campaign=TinEye&utm_source=77643)

---

**"Para las personas sin discapacidad, la tecnología facilita las cosas. Para las personas con discapacidad, la tecnología hace que las cosas sean posibles".**  
Mary Pat Radabaugh. (Radabaugh, 1993)<sup>54</sup>

---

<sup>54</sup> Radabaugh, M. P. (1993). *Council on Disability*. Armonk N.Y.: IBM National Support Center for Persons with Disabilities.

## 4.1 INTRODUCCIÓN

El auge que la tecnología de las sillas de ruedas para uso en todo tipo de terreno está experimentando en la actualidad es el resultado del interés de un gran número de personas por ampliar en mayor medida el rango de acción de sus equipos de "AT". El empleo de sillas de ruedas "Todoterreno" aumenta significativamente las posibilidades de movilidad de los usuarios permitiéndoles acceder a lugares tradicionalmente inasequibles mediante el empleo de equipos configurados exclusivamente para el uso en espacios interiores.

A medida en que los usuarios de sillas de ruedas consiguen ampliar el entorno de su actividad mediante el empleo de adecuados sistemas de asistencia tecnológica, su presencia y participación social influye en mayor medida sobre sus oportunidades para el desarrollo personal.

Las condiciones del contexto son un factor fundamental que modifica la movilidad de los usuarios de sillas de ruedas ya que condiciona directamente su funcionamiento. Las barreras ambientales limitan la actividad e impiden a las personas para conseguir de manera independiente el acceso a la educación y el trabajo, es en este sentido que la accesibilidad representa una oportunidad.

La importancia de la tecnología de asistencia todoterreno radica en facilitar la actividad de las personas con discapacidad y combatir restricciones para la participación mediante el empleo de equipos y sistemas que promueven una mayor movilidad de los usuarios en ambientes no adaptados.

La variedad de sillas de ruedas todoterreno que se producen en la actualidad depende del nivel tecnológico utilizado para su funcionamiento y van desde los equipos más sencillos de propulsión manual hasta los sistemas motorizados de mayor complejidad, pasando por los dispositivos híbridos que combinan los mecanismos simples con la fuerza de propulsión manual de los usuarios para realizar la acción de desplazamiento.

El crecimiento del mercado comercial de este tipo de asistencias tecnológicas en todo el mundo es el resultado del interés por la innovación en tecnologías alternativas por parte de ingenieros, diseñadores y profesionales en rehabilitación que forman parte de los nuevos centros y departamentos especializados en investigación y desarrollo de universidades y empresas privadas.

---

## 4.2 CONTEXTO “TODOTERRENO”

El funcionamiento de una silla de ruedas, así como el de cualquier otro equipo de “AT” utilizada para la movilidad de las personas con discapacidad depende en gran medida de las características ambientales, en este sentido las condiciones del terreno sobre el cual interactúa la silla de ruedas pueden facilitar o dificultar la movilidad de sus usuarios. La calidad del desplazamiento de una silla de ruedas está determinada en gran medida por el tipo de superficie de rodamiento, por ejemplo, los pisos lisos, planos y firmes como concreto o loseta, favorecen un adecuado desempeño de la silla de ruedas, así como las superficies ásperas o rugosas crean barreras de acceso que dificultan o limitan su utilización. Cuando se trata de superficies ásperas, rugosas, resbaladizas o de pendientes transversales, el desplazamiento sobre una silla de ruedas se vuelve más lento por lo que se requiere de mayor trabajo para poder transitar sobre ellas, con lo que aumenta la fuerza y la frecuencia del empuje, disminuyendo la efectividad mecánica del sistema.

Otro factor que está presente en los ambientes sobre todo en espacios exteriores son las pendientes que en la mayoría de los casos representan una dificultad para el desplazamiento. Las pendientes pueden ser tanto transversales como longitudinales y están presentes en la mayoría de las superficies y terrenos, además son comúnmente empleadas en la construcción de calles y banquetas para permitir el drenaje del agua. De acuerdo con las especificaciones de “Americans with Disability Accessibility” (ADA, 2010)<sup>55</sup> las pendientes transversales no deben de ser mayores a 1.15°, este parámetro está determinado para facilitar el paso de los equipos de “AT” y si bien se trata de un lineamiento para los Estados Unidos su aplicación podría sin ningún problema llevarse a cabo en cualquier parte del mundo. En este sentido podemos observar que en nuestro país pocas veces las construcciones cumplen con esta norma por lo que se pueden encontrar calles y banquetas con pendientes de 3 y 6 grados e inclusive mayores.

De acuerdo con estudios realizados (Lin J.-T. , 2011)<sup>56</sup> sobre los efectos del terreno durante la propulsión manual revelan que los movimientos a través de estas pendientes obligan al usuario de sillas de ruedas a esforzarse más para recorrer la misma distancia, por lo que se tiene que aumentar la frecuencia de empuje en un 10%, así como también el consumo de oxígeno sufre un incremento del 30% comparado con el de una superficie nivelada. Estos estudios también revelan que la cantidad de trabajo necesaria para recorrer la misma distancia en pendientes con 0°, 1° y 2° indican que se necesita de un 17% más de trabajo para recorrer la pendiente de 1° en comparación con la superficie nivelada y que el aumento es del 39% para la pendiente de 2°. Del mismo modo, también se conoce que el mayor consumo de energía en el uso de una silla de ruedas se produce al ingresar en superficies irregulares como arena, grava, lodo, césped o alfombras.

---

<sup>55</sup> ADA. (2010). *ADA Standards for Accesible Design*. Colorado: Americans whith Disabilities Act, Department of Justice.

<sup>56</sup> Lin, J.-T. (2011). Investigation of Terrain Effects on Wheelchair Propulsion and Validity of a Wheelchair Propulsion Monitor. *School of Healf and Rehabilitation Science and Technology*, 1-63.

Por otra parte, estudios realizados (McLaurin, 1990)<sup>57</sup> sobre el análisis cinético de la propulsión de la silla de ruedas manual revelan que el torque que requiere una rueda para moverse en exteriores es mayor que en interiores y que la frecuencia de los movimientos de propulsión es significativamente mayor en superficies ásperas o irregulares, también se puede observar que las superficies disparejas hacen difícil viajar en línea recta y aumentan la asimetría en la propulsión.

Otro factor determinante para el funcionamiento de la silla de ruedas en exteriores es el viento, que al igual que en las superficies ásperas presenta una resistencia al rodado que obliga al usuario a realizar un mayor esfuerzo ya que vientos en contra de 32 Km/hora aumentan la resistencia al rodado seis veces más que en circunstancias libres de viento.

Las condiciones de irregularidad de las superficies, obstáculos, pendientes y viento forman parte de la naturaleza del ambiente exterior lo cual resulta limitante en la mayoría de las ocasiones para las personas usuarias de sillas de ruedas. En este sentido la utilización de sistemas de propulsión en estos equipos puede producir una ventaja mecánica hasta tres veces mayor comparada con la propulsión manual tradicional, con esto, se puede superar la resistencia del contexto sin la necesidad de aumentar la fuerza de trabajo. A este tipo de equipos de "AT" se les conoce en la actualidad como "Todoterreno" y permiten al usuario llegar a lugares de difícil acceso como montañas, playas o ríos de manera autónoma e independiente.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, en México más de la mitad de las personas con discapacidad viven en condición de pobreza y habitan en zonas rurales o marginales donde las condiciones del contexto representan una seria limitación para la movilidad sobre las sillas de ruedas, en la mayoría de los casos se trata de ambientes desfavorables donde los caminos accesibles para el uso de sillas de ruedas son inexistentes y donde las distancias a recorrer suelen ser muy grandes, propiciando la reclusión de las personas con discapacidad en espacios interiores generalmente muy reducidos y promoviendo una situación de aislamiento y abandono.

Por otra parte, las zonas urbanas en nuestro país tampoco son garantía de accesibilidad y facilidades para la participación social de las personas en sillas de ruedas, si bien es cierto que el grado de urbanización es significativamente mayor que en las zonas rurales, la existencia de barreras físicas en los espacios arquitectónicos sigue siendo enorme inclusive en la misma vía pública donde las limitaciones para la movilidad están presentes cuando menos en cada esquina.

---

<sup>57</sup> McLaurin, C. A. (1990). Current Directions in Wheelchair Research. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 88-99.

## 4.2 ALTERNATIVAS TODOTERRENO DISPONIBLES

Existe una diversa oferta de sillas de ruedas todoterreno que tienen en común posibilitar a los usuarios para adentrarse en ambientes y superficies imposibles de flanquear por las sillas de ruedas comúnmente utilizadas para realizar actividades diarias en espacios interiores. Estos productos se distinguen entre sí de acuerdo con el tipo de tecnología empleada para su propulsión y se dividen en dos grupos principales:

- De propulsión eléctrica o motorizada
- De propulsión manual.

En el primer grupo de sillas de ruedas todo terreno propulsadas por motores eléctricos encontramos productos de alta tecnología electrónica capaces de desplazarse fácilmente por cualquier tipo de terreno [Imagen 51] sin la necesidad de que el usuario realice algún tipo de esfuerzo físico. Este tipo de dispositivos son ideales para dar solución a los problemas de movilidad de personas con discapacidades físicas como cuadriplejía, parálisis cerebral, distrofias o enfermedades medulares degenerativas entre otras. [Imagen 52]

Se trata de sistemas de “AT” altamente funcionales cuyo desarrollo y producción requiere de la inversión de grandes capitales y que por lo tanto su precio final resulta ser muy alto inclusive para aquellos sectores de mercado a los cuales se encuentran dirigidos, por lo que su adquisición requiere generalmente de la participación de diferentes sistemas y programas de financiamiento.

Por este motivo, en el presente trabajo de tesis este tipo de ayudas técnicas sólo se muestran, pero no se contempla su estudio como alternativa real pues resultan absolutamente inaccesibles para la totalidad del sector de la población nacional de escasos recursos al cual se encuentra dirigido este trabajo.



Imagen 51: Silla de Ruedas Todoterreno Eléctrica.  
Fuente: (2010). offroad tank wheelchair 2-110x160.jpg.  
Recuperado de <http://unrealitymag.com/images/is-this-the-coolest-wheelchair-or-all-time>



Imagen 52: Silla de Ruedas Todoterreno Eléctrica.  
Fuente: (2018). out-and-about-healthcare-beach-all-terrain-electric-motor-wheelchair.jpg. Recuperado de <http://new-synth.info/motorized-chair>

El grupo de sillas de ruedas todoterreno que se considera como una alternativa viable tanto por motivos económicos como tecnológicos para dar solución a los problemas de movilidad de las personas con discapacidad en nuestro país es el que depende exclusivamente de la fuerza del usuario para su funcionamiento, este grupo de ayudas técnicas se encuentra dividido en tres subcategorías que se describen a continuación dependiendo de la forma en la que se transmite la fuerza de propulsión.

#### **4.2.1 SILLAS TODOTERRENO PROPULSADAS MANUALMENTE**

Son aquellas en las que la fuerza de propulsión se transmite de los brazos hacia la silla mediante el empuje directo del aro de mano de las llantas traseras [Imagen 53], se trata de ayudas técnicas de diversas configuraciones que utilizan el sistema de propulsión “tradicional” para su funcionamiento.

Debido a las características de este tipo de propulsión su eficiencia funcional está supeditada principalmente al esfuerzo físico del usuario, es por esto que este tipo de sillas de ruedas se suelen caracterizar por su simpleza en el diseño y su sencillez tecnológica, los elementos o componentes que las conforman son los mínimos necesarios para su adecuado funcionamiento ya que necesitan ser simples y ligeras para poder facilitar el movimiento y compensar así las dificultades propias del terreno. [Imagen 54]

Para la producción de este tipo de ayudas técnicas se utilizan materiales ultraligeros de alta ingeniería como la fibra de carbono o las aleaciones de aluminio y/o titanio con lo cual se optimiza la relación peso-resistencia y se promueve un mayor desempeño. Sin embargo, debido a que su propulsión depende exclusivamente de la aplicación directa de la fuerza humana para vencer la resistencia al rodado sobre obstáculos, pendientes o superficies diversas como el pasto, grava o arena, el uso de este tipo de silla de ruedas todo terreno no resulta ser muy conveniente para aquellas personas con poca masa muscular o con movilidad reducida.

Por otro lado, si el usuario cuenta con las capacidades físicas necesarias para su utilización este tipo de silla de ruedas es muy adecuado por su funcionamiento simple, confiable y de fácil mantenimiento, además de que es totalmente personalizable y tanto su peso como sus dimensiones resultan ser muy similares a las de una silla de ruedas convencional para interiores, ideal para maniobrar en espacios reducidos y facilitar su transporte.



Imagen 53: Silla de Ruedas Todoterreno Manual.  
Fuente: (2014). Recuperado de <http://www.oracing.es/galerias/?id=10>



Imagen 54: Silla de Ruedas Todoterreno Manual.  
Fuente: (2016). [crossfire83361.jpg](http://www.spinlife.com/Top-End-Top-End-Crossfire-All-Terrain-Rigid-Wheelchair/spec.cfm?productID=83361). Recuperado de <http://www.spinlife.com/Top-End-Top-End-Crossfire-All-Terrain-Rigid-Wheelchair/spec.cfm?productID=83361>

#### 4.2.2 SILLAS TODOTERRENO PROPULSADAS POR MANIVELAS

Esta categoría de ayudas técnicas se caracteriza por la utilización de sistemas de engranes, cadenas y manivelas para aumentar la fuerza física del usuario produciendo una ventaja mecánica en el movimiento de propulsión de la silla de ruedas. Su funcionamiento es el resultado de la aplicación de la tecnología de bicicletas en los equipos de movilidad para las personas con discapacidad, se trata de mecanismos simples similares a las bielas y pedales de una bicicleta que se accionan mediante el movimiento giratorio de las extremidades superiores para generar un movimiento circular continuo de propulsión el cual representa una de las características fundamentales de este particular tipo de silla de ruedas.

Su aparición comercial se remonta a principios del siglo XX en Europa y los Estados Unidos [Imagen 55]. Los primeros modelos se caracterizan por tener el eje de las ruedas de propulsión en la parte frontal de la silla de ruedas [Imagen 56] y se distinguen por ofrecer una eficaz alternativa para la mejora del rango de movilidad e independencia de los usuarios.



Imagen 55: Silla de Ruedas de Manivelas.  
Fuente: (2015). [29298 lg.jpg](http://www.wheelchair.ch/fra/postes/post.html). Recuperado de <http://www.wheelchair.ch/fra/postes/post.html>



Imagen 56: Silla de Ruedas de Manivelas.  
Fuente: (2016). [1b2ddc01820b2cfff63ebd816c48d5f8.jpg](http://www.wheelchair.ch/fra/info/histoire-handicap.html). Recuperado de <http://www.wheelchair.ch/fra/info/histoire-handicap.html>

Si bien los primeros modelos fueron creados para el uso en espacios interiores, con el paso del tiempo y la incorporación de materiales como el acero, el caucho y el uso de nuevas tecnologías para la producción [Imagen 57], se consiguió una rápida evolución en el diseño de este tipo de ayudas técnicas, lo que permitió a las personas con discapacidad a conseguir ampliar su campo de acción en el exterior y transitar por cualquier tipo de superficie de manera independiente.

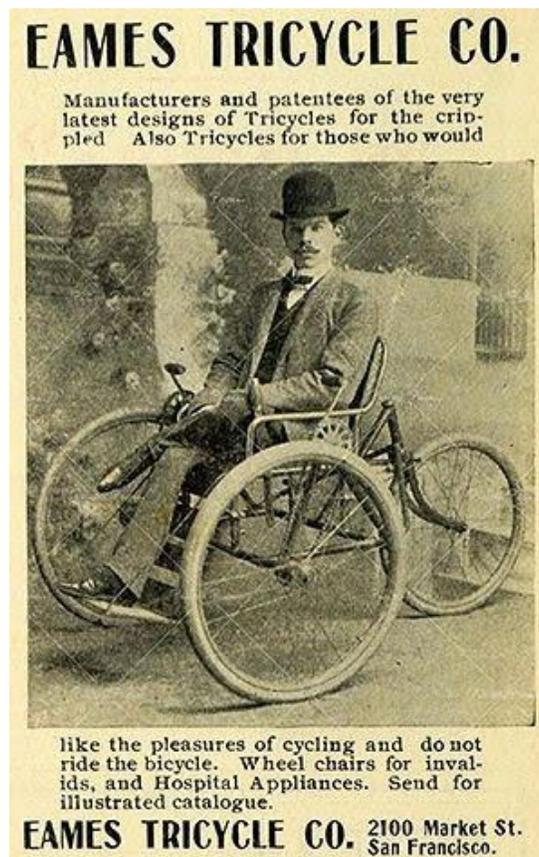


Imagen 57: Silla de Ruedas de Manivelas.  
 Fuente: (2016). 5b255fa251fe8e3b38494005509e1991.jpg. Recuperado de <http://www.wheelchair.ch/fra/info/histoire-handicap.html>

Para poder conseguir que este tipo de sillas de ruedas tuvieran un óptimo desempeño en cualquier tipo de superficie o terreno, se realizaron modificaciones en la configuración de su estructura básica como es el aumento en el diámetro de las ruedas y la ampliación de la distancia entre sus ejes, así como el reforzamiento estructural de los armazones para permitirles resistir de mejor forma los esfuerzos mecánicos y brindar al usuario una mayor estabilidad y soporte.

Del mismo modo, los sistemas mecánicos para la transmisión de fuerza en las sillas de ruedas todoterreno han evolucionado en gran medida debido al desarrollo de la industria de bicicletas deportivas cuyas tecnologías se han ido aplicando cada vez más a su diseño. [Imagen 58]

Algunos ejemplos de esto son los sistemas de amortiguación y/o suspensión, así como la incorporación de piñones y estrellas para crear complejos sistemas de cambios para alcanzar altas velocidades o el uso de sofisticados sistemas de freno de alto desempeño fabricados con materiales super resistentes que incrementan la seguridad.



Imagen 58: Silla Deportiva para Pista.

Fuente: quikie. (2016). QKEEISP5.jpg. Recuperado de <http://www.quikie-wheelchairs.com/All-Quikie-Wheelchairs/Hand-Bikes-Shark-Currently-Unavailable/3093p>

Estos avances en la configuración de las sillas de ruedas todoterreno han mejorado enormemente su funcionalidad al mismo tiempo de que han aumentado en gran medida su popularidad, hoy en día este tipo de ayudas técnicas son las favoritas de los atletas y en general de todas aquellas personas con discapacidad que buscan practicar algún deporte o actividad recreativa en el exterior, son utilizadas por atletas de alto rendimiento en competencias nacionales e internacionales como los juegos Paralímpicos o las competencias de maratón, además del senderismo y los deportes de montaña. [Imagen 59]



Imagen 59: Silla Todoterreno Extrema.

Fuente: (2012). Recuperado de <http://roughriderz.co.uk/gallery/ae-forest>

### 4.2.3 SILLAS TODOTERRENO PROPULSADAS POR PALANCAS

Al igual que el anterior grupo de ayudas técnicas propulsadas por medio de manivelas, las sillas de ruedas propulsadas por palancas se valen de la utilización de mecanismos simples para la obtención de una ventaja mecánica que amplifica la fuerza de propulsión del usuario mediante la acción de empujar y jalar con los brazos. Estos dispositivos pueden estar integrados por una o dos palancas [Imagen 61] dependiendo de su función y la transferencia de la fuerza de empuje hacia las ruedas puede realizarse de forma directa o indirecta mediante el empleo de engranes y/o cadenas de transmisión. [Imagen 60]



Imagen 61: Silla de Ruedas de Una Palanca.  
Fuente: (2018). anh-ky-la-10.jpg. Recuperado de <http://www.dkn.tv/tin-giai-tri/ban-co-dam-xem-30-buc-anh-la-nay-khong-xem-xong-nhat-dinh-gap-ac-mong.html>



Imagen 60: Silla de Ruedas de Dos Palancas.  
Fuente: (2016). 5b255fa251fe8e3b3849005509e1991.jpg. Recuperado de <http://www.wheelchair.ch/fra/info/histoire-handicap.html>

La aparición de estas sillas de ruedas es anterior a cualquier otro sistema de propulsión mecánica del mismo tipo, los primeros ejemplos de estos mecanismos aparecen a principios del siglo XIX con la revolución industrial [Imagen 62]. El funcionamiento simple de estos dispositivos permite generar un movimiento de propulsión de forma directa mediante el empleo de una cadena articulada de sólo tres elementos, lo cual posibilitó su temprana aparición en el mercado.

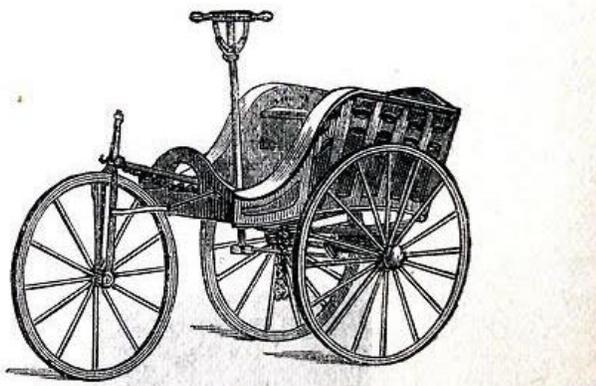


Imagen 62: Modelo Antiguo de Palanca.  
Fuente: (2012). 50429305514.jpg. Recuperado de <http://treselegant.tumblr.com/post/50429305514/a-new-acting-invalid-carriage-cassells>

En la actualidad el sistema de propulsión por palancas está siendo revalorado para el diseño de sillas de ruedas todoterreno debido principalmente a la gran ventaja mecánica producida, que como ya se ha mencionado anteriormente resulta ser notablemente mayor a la generada por los equipos de propulsión manual. [Imagen 63]



Imagen 64: Modelo Mountaintrike.  
Fuente: mountaintrike. (2016).  
6e1e514ee34781bb1b0e796f072d2638.jpg. Recuperado de  
<http://www.mountaintrike.com/products/mountain-trike>



Imagen 63: Modelo Freedom Chair.  
Fuente: gogrit. (2017). fc-3.jpg. Recuperado de  
<http://www.gogrit.us/fc-e>

Por otra parte, la incorporación de nuevos materiales para la fabricación de sus diferentes elementos y componentes, así como la aplicación de tecnologías dinámicas y neumáticas para el mejoramiento de su funcionamiento [Imagen 64], han hecho posible reducir en gran medida las pérdidas por fricción y optimizar el gasto de energía, lo cual es muy importante para desplazarse por condiciones todoterreno en donde los usuarios necesitan de todas las ventajas posibles para poderse movilizar de manera independiente.

#### 4.3 ANALISIS COMPARATIVO DE MODELOS PROPULSADOS POR PALANCAS

A continuación, se presenta un cuadro comparativo con las características generales de los cinco principales modelos de sillas de ruedas que emplean este tipo de propulsión y que se pueden encontrar comercialmente en la actualidad. [Tabla 2]

Los dos primeros son equipos con gran desarrollo tecnológico de pequeñas dimensiones creados para uso en la vida cotidiana sobre superficies lisas o planas y los siguientes tres modelos son propiamente equipos todoterreno de mayores dimensiones que poseen sistemas mecánicos muy eficientes que permiten su desplazamiento por superficies y terrenos agrestes. Se trata de cinco diferentes soluciones tecnológicas con buenas características de eficiencia, funcionalidad, balance y seguridad.

*-Es importante mencionar que el primer ejemplo Wijit no es propiamente una silla de ruedas si no un sistema de propulsión palanca-llanta adaptable a la mayoría de los armazones de las sillas de ruedas manuales para uso cotidiano-*

Sillas de ruedas propulsadas por palancas					
Marca	<b>Wijit</b>	<b>Desino</b>	<b>Renegade</b>	<b>Grit</b>	<b>Mountaintrike</b>
Modelo	Voyager	Radius	Standard	Freedom chair	MT Evo
Precio USD (junio 2018)	\$4,500	\$9,995	\$4,995	\$2,995	\$5,450
Capacidad en Kg	120	120	300	100	100
Cuadro	-	Titanio	Aluminio	Aluminio	Aluminio
Suspensión	-	Dinámica	No	No	Neumática
Frenos	Palanca	Disco	Disco	Palanca	Disco
Velocidades	1	8-11	6	1	8
Espacios reducidos*	✓	✓	✗	✗	✗
Superficies interiores**	✓	✓	✓	✓	✓
Superficies exteriores***	✗	✗	✓	✓	✓
Pendientes	✓	✓	✓	✓	✓
Obstáculos	✗	✗	✓	✓	✓

Tabla 3: Análisis Comparativo de Modelos Propulsados por Palancas.  
Fuente: Elaboración Propia.

- 
- \* Son los espacios arquitectónicos mínimos requeridos para el tránsito de una silla de ruedas de acuerdo con las especificaciones de diseño de la ADA (ADA, 2010)<sup>58</sup>
  - \*\* Son los suelos lisos de interiores como cemento, loseta, madera, vinilo, etc.
  - \*\*\* Son los terrenos desiguales de exteriores como arena, grava, hierba, fango, etc.

De este cuadro comparativo primeramente se puede concluir que el costo de todos los modelos analizados resulta ser muy alto para las condiciones económicas de la gran mayoría de las personas con discapacidad en México por lo que su importación directa no es una solución real para la problemática de movilidad nacional.

En cuanto al funcionamiento de los equipos de “AT” se puede observar que la capacidad de maniobra y desplazamiento que presenta la totalidad de estos es adecuada para subir pendientes y rodar por superficies interiores, que el comportamiento de más de la mitad de los modelos el 60% es correcto para el libramiento de obstáculos y el rodamiento sobre superficies desiguales exteriores, pero que sólo dos de ellos es decir el 40% tienen la capacidad para moverse en espacios mínimos o reducidos.

En este cuadro comparativo también se puede observar que pese a la similitud en la aplicación para la cual han sido creados estos sistemas, la oferta tecnológica que presentan es diversa por lo que su comportamiento funcional varía de acuerdo con las diferentes propuestas es por esto que a continuación, se realiza un estudio más detallado sobre las cualidades particulares de estas tecnologías que pueden servir como ejemplo o punto de partida para el desarrollo de alternativas económicamente viables.

#### **4.4 ANALISIS TECNOLÓGICO DE MODELOS COMPARADOS**

El factor tecnológico es un elemento de gran importancia para el correcto desempeño de cualquier equipo de “AT” ya que determina el éxito o fracaso de un sistema, por lo que su estudio resulta indispensable para lograr entender el comportamiento funcional y poder determinar su correcta aplicación.

El propósito del presente análisis de las tecnologías comparadas para la movilidad todoterreno propulsada por palancas consiste en describir las cualidades funcionales de dichos equipos estableciendo las características fundamentales para su funcionamiento sin realizar un juicio de valor entre ellos, sino más bien, la intención de este análisis es identificar los atributos y propiedades que puedan ser motivo de inspiración para el avance de nuevos desarrollos.

Debido a que en México no existe producción alguna de este tipo de equipos de “AT” para la movilidad de personas con discapacidad motriz, las alternativas para la solución de esta problemática son escasas.

---

<sup>58</sup> ADA. (2010). *ADA Standards for Accessible Design*. Colorado: Americans with Disabilities Act, Department of Justice.

Por un lado, es posible realizar la importación de equipos del extranjero a precios muy altos y buscar la creación de mecanismos para el financiamiento público y/o privado, sin embargo, esta opción no resulta viable debido al elevado costo que esto representaría. Por otra parte, se puede propiciar el desarrollo de una tecnología propia a partir del estudio de casos existentes con la intención de buscar una solución que se adapte de mejor forma a las condiciones y necesidades particulares que existen en nuestro país.

En este estudio encontramos que los modelos de sillas de ruedas todoterreno propulsadas por palancas comparados presentan una serie de características comunes entre sí tanto en sus componentes básicos como en su configuración general, que son resultado de la función específica para la cual fueron diseñados, a continuación, se analizan estos aspectos:

#### **4.4.1 CONFORMACIÓN DEL ASIENTO Y RESPALDO**

En lo que se refiere a estos elementos los modelos enlistados demuestran un especial interés por el apoyo postural, el soporte y el confort de los usuarios mediante la utilización de cojines de espuma de alta densidad o neumáticos para fomentar la amortiguación y el alivio de presión.

En el caso particular de la marca Desino el asiento posee un sistema de suspensión dinámica basculante que regula la posición del asiento de acuerdo con el movimiento de propulsión ajustando la postura del usuario para una mayor eficiencia y comodidad.

Las dimensiones de los asientos y respaldos de las sillas comparadas son personalizables a lo ancho y alto de acuerdo con las necesidades específicas de los compradores, sin embargo, se observa una tendencia a reducir su tamaño al mínimo indispensable para facilitar la movilidad.

En todos los modelos el asiento se encuentra posicionado aproximadamente en un ángulo de 10 grados con relación a la horizontal y el respaldo a 90°, si bien estos modelos tienen la facultad para modificar esta configuración de acuerdo con las necesidades del usuario, se muestra un interés por proponer una postura activa para fomentar la optimización de la fuerza para la propulsión.

La mayoría de los modelos cuenta con cinturones o correas para sujetar diferentes partes del cuerpo como la cintura, piernas o tronco según la necesidad y brindar un mayor apoyo corporal. En cuanto a el revestimiento o vestiduras de los cojines se encuentran elaboradas con materiales sintéticos de carácter antiinflamable y de alta resistencia que tienen un bajo índice de deformación, estos elementos presentan una firme sujeción con el armazón, pero tienen la capacidad de ser removidos para su limpieza.

---

#### 4.4.2 DISPOSICIÓN DE LOS EJES

La importancia en la disposición de los ejes de rodamiento radica no sólo en la estabilidad de la silla de ruedas si no también en su capacidad para superar obstáculos o barreras. Los modelos que utilizan tres llantas tienen una separación mayor entre sus ejes lo cual les confiere una mayor estabilidad, pero les resta su capacidad para maniobrar en espacios limitados como es el caso de la marca Grit. Cuando se trata de librar obstáculos estos modelos son más estables al mantener un mayor contacto de sus tres ruedas con la superficie en comparación con los modelos de cuatro ruedas en los cuales una de ellas puede perder apoyo en pendientes laterales u obstáculos desiguales.

De igual forma, la disposición del eje de tracción mejora la capacidad para sortear bordes o topes, los diseños que tienen este eje en la parte delantera presentan un aumento en la fuerza de arrastre debido a que las ruedas de mayor tamaño presentan menor resistencia ante la superficie, sin embargo, este tipo de configuración aumenta el tamaño y el radio de giro de la silla de ruedas, lo que vuelve necesario contar con un sistema de dirección trasera que compense esta deficiencia como ocurre en el modelo MT Evo de la marca Mountain Trike.

Los modelos que cuentan con el eje de tracción en la parte trasera presentan un movimiento de empuje que controla de mejor forma el movimiento de giro de las ruedas frontales y posibilita un mejor desempeño en espacios interiores, no obstante, el menor tamaño de las ruedas de dirección o giratorias es una dificultad para librar obstáculos de gran tamaño.

#### 4.4.3 DISEÑO DEL CUADRO

Sin importar la diferencia en su diseño la configuración estructural de los marcos o cuadros de estos modelos se caracterizan por tener un volumen compacto y ligero de pocos elementos que los hace muy resistentes a los golpes o esfuerzos y que les confiere una gran resistencia ante la deformación, requisito indispensable para superar la exigencia funcional en todo tipo de terrenos y contextos.

Estos armazones están fabricados con materiales livianos de alta tecnología como el titanio en el caso del modelo Radius o el aluminio estructural reforzado de la marca Renegade que excede en tres veces la capacidad de resistencia de los demás modelos.

Todos los cuadros o marcos son fabricados de acuerdo con las dimensiones y especificaciones personales de los usuarios y cuentan con la posibilidad de realizar pequeños cambios para el ajuste de elementos como los reposa pies, además, todos los modelos son abatibles para poder reducir sus dimensiones y facilitar su transportación en automóvil.

---

Algunos modelos tienen un sistema de suspensión independiente en sus ejes y en el caso de la marca Mountain Trike el chasis o cuadro está conformado como una tijera articulada con un pistón neumático que provee un eficiente sistema de amortiguación contra golpes y mejora el desempeño en su funcionamiento.

#### **4.4.4 TIPO DE RUEDAS**

Existe una característica central que identifica a la totalidad de las sillas de ruedas todo terreno y es la utilización de robustos neumáticos de alta presión, similares a los utilizados en las bicicletas de montaña. Estos neumáticos permiten librar grandes obstáculos y depresiones del terreno y están elaborados con caucho y acero de refuerzo principalmente, aunque en la actualidad también se encuentran los reforzados con kevlar que los vuelve más ligeros y flexibles.

Los neumáticos anchos tienen una mayor adherencia debido al aumento de la fricción con la superficie que posibilita un mejor arranque y frenado en la conducción, además, la utilización de dibujos gruesos incrementa la tracción en terrenos sueltos y suaves como la arena, la grava o el fango. Otra diferencia con respecto a las sillas de ruedas para uso cotidiano es el empleo de llantas de tracción de mayor diámetro que facilita el libramiento de grandes baches u obstáculos como piedras o banquetas. Los materiales para la fabricación de las llantas o rines de estos equipos de asistencia son principalmente el acero y el aluminio, aunque en los equipos más avanzados como en la marca Desino se utiliza la fibra de carbono para mejorar la relación peso-resistencia.

Otro aspecto que distingue a los equipos todo terreno es el empleo de ruedas de dirección más grandes, en el caso de los modelos de 4 llantas con dirección al frente se utilizan ruedas del doble de diámetro que las utilizadas en sillas de ruedas para el uso cotidiano y se emplean materiales como el caucho neumático en lugar de los polímeros rígidos. Del mismo modo, en los equipos de 3 ruedas el aumento en el tamaño de la rueda de dirección puede llegar a ser de 4 a 6 veces mayor.

#### **4.4.5 MECANISMOS DE PROPULSIÓN**

El funcionamiento de los sistemas de propulsión por palancas de los equipos todoterreno se clasifica de acuerdo con el mecanismo de transmisión de fuerza utilizado entre la palanca y el eje de tracción que puede ser directa o indirecta. La primera es aquella en donde el juego de 2 o más engranes se encuentran conectados entre sí de manera directa mediante la transmisión de fuerza del engrane “motor” al engrane “conducido” por medio del contacto exclusivo de sus dientes, por el contrario, en el sistema indirecto existen diferentes elementos de transmisión como cadenas, correas o cajas de mecanismos para la transferencia de la fuerza de movimiento.

---

La diferencia principal entre los modelos de propulsión analizados se encuentra en la relación de los engranes utilizados pues cada fabricante propone una relación diferente de acuerdo con la aplicación particular de su producto. La relación de transmisión se describe como la relación entre las velocidades de rotación de dos engranes conectados entre sí, en donde uno de ellos ejerce una fuerza de “entrada” sobre el otro que genera un cambio de dirección, velocidad y fuerza de “salida” dependiendo de las dimensiones de sus diámetros o circunferencias.

En el caso de los fabricantes Wijit y Grit emplean una relación de engranes de una sola velocidad con sistemas de transmisión directa e indirecta respectivamente y con un orden aproximado en la relación de transmisión de 3:1 en la que el engrane motor es tres veces mayor al engrane conducido y donde se obtiene un aumento en la velocidad a costa de una disminución de la potencia de salida. Se trata de un sistema mecánico básico que por su sencillez resulta muy práctico y económico, aunque sin mayores expectativas para ampliar en mayor medida el grado de movilidad.

No obstante, cabe mencionar que en el modelo Freedomchair se añade una variante en su diseño para intentar compensar la carencia de más velocidades, con el aumento en la longitud de las palancas de propulsión para variar la magnitud de la fuerza aplicada mediante el cambio de la posición de las manos sobre las palancas, por lo que a mayor altura se transmite una mayor fuerza y a menor altura se consigue una mayor velocidad en el movimiento de propulsión.

Las demás marcas utilizan sistemas de transmisión indirecta de múltiples velocidades que amplían el rango de acción de las sillas de ruedas permitiendo realizar diversos cambios de velocidad con el objetivo de aumentar la potencia durante la aceleración inicial o la subida de pendientes y desarrollar mayores velocidades en recorridos planos. En este sentido el modelo Radius es el más evolucionado ya que cuenta con una caja de mecanismo de transferencia de alta tecnología que le permite realizar once diferentes cambios incluyendo la reversa.

#### **4.4.6 SISTEMA DE FRENOS**

Debido a la naturaleza propia del desplazamiento sobre superficies difíciles y a las velocidades alcanzadas en pendientes, una silla de ruedas todo terreno debe de contar con eficientes mecanismos de frenos que permitan al usuario poder mantener el control total de su equipo en todo momento y de manera eficiente con la finalidad de conferirle una mayor seguridad. Existen diferentes sistemas que pueden cumplir con esta función, sin embargo, los frenos de disco utilizados por las marcas Renegade y Mountain Trike son muy populares tanto por su eficiencia como por su confiabilidad ya que cuentan con un gran poder de frenado independientemente de las condiciones climáticas o del terreno.

---

Con este tipo de sistemas es posible conseguir una potente frenada mediante la aplicación de una escasa fuerza manual en las palancas lo que permite mantener un preciso control del movimiento de desaceleración.

Para el modelo Radius de la marca Desino se emplea un sistema de disco de frenos hidráulicos de alto desempeño que reduce todavía más la cantidad de fuerza necesaria para obtener un eficiente frenado. Este sistema cuenta con un juego de pastillas cerámicas que aíslan las altas temperaturas elevadas producidas por la fricción y mejoran la frenada en casos muy exigentes. Si bien es cierto que se trata de sistemas de frenado muy eficientes, los precios de estos elementos tecnológicos también son muy elevados debido a su complejidad mecánica y a la naturaleza misma de sus materiales.

Existen algunas alternativas tecnológicas de menor costo que sin llegar a presentar el alto desempeño del sistema de disco ofrecen un confiable comportamiento de frenado y requieren de un menor mantenimiento, este es el caso de los frenos de tambor que son muy utilizados por qué no se ven afectados por el agua. Del mismo modo, se pueden utilizar alternativas más sencillas como los frenos de llanta tipo “V” que se encuentran presentes en la mayoría de las bicicletas urbanas y que a pesar de que requieren un mantenimiento continuo resultan sumamente económicos.

Por último, podemos observar en el modelo Freedomchair de la marca Grit el diseño de un sistema básico de frenado que consiste en hacer presión con las palancas de propulsión directamente sobre la superficie de los neumáticos para ejercer una fricción entre estos dos elementos y disminuir el movimiento de las llantas. Se trata de un práctico e ingenioso sistema de frenos que tiene la particular ventaja de no requerir de mantenimiento alguno, pero que tiene menor precisión.

#### **4.5 MODELO “FREEDOM CHAIR”**

El antecedente de mayor relevancia para el presente trabajo de tesis debido a la similitud en la propuesta proviene de la investigación y el desarrollo realizado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts y liderado por el profesor Amos G. Winter (Winter, 2013)<sup>59</sup> para solucionar el problema de movilidad en áreas rurales, lugar donde habita el 70% de las personas con discapacidad de los países en desarrollo.

Este equipo de trabajo se propuso la tarea por desarrollar una solución tecnológica alternativa de bajo costo para los lugares en donde las condiciones del contexto impiden el uso de una silla de ruedas convencional y obtuvieron como resultado el diseño de una silla de ruedas todo terreno denominada en inglés “Freedom Chair” o silla libertad. [Imagen 65]

---

<sup>59</sup> Winter, A. G. (2013). Stakeholder and Constraint-Driven Innovation of a Novel, Lever-Propelled, All-Terrain Wheelchair. *Massachusetts Institute of Technology*, 1-8.

Para el desarrollo de esta asistencia tecnológica se involucró la participación de diferentes entidades interesadas del sector público y privado, así como de organizaciones sociales del Este de África, Guatemala y la India.

Se trata de un proyecto multidisciplinario con carácter internacional en el que se priorizó la retroalimentación obtenida por los usuarios para sustentar el proceso de diseño. De esta forma, después de un periodo de prueba de prototipos que duró tres años de 2010 a 2013, el equipo consiguió crear un producto muy eficiente de baja tecnología que tiene la particularidad de poder ser reparado en cualquier parte del mundo con refacciones, tecnología y mano de obra local.

Su producción actualmente está siendo realizada por la empresa india “Pinnacle Industries” a un increíble precio de venta en el mercado de \$200 USD en su versión asiática lo cual lo convierte en un producto tecnológico sumamente asequible para las personas con discapacidad en los países en desarrollo.

Es importante reconocer el valor de este equipo de “AT” como un modelo de referencia para futuras investigaciones ya que sin duda se trata de un caso donde se demuestra que la investigación y el desarrollo tecnológico junto con la participación de la industria y la experiencia de los usuarios, resulta ser una combinación efectiva para el encuentro de soluciones prácticas a los problemas de movilidad e interacción social que aqueja a las personas con discapacidad en países como el nuestro.



Imagen 65: Modelo Freedom Chair.

Fuente: (2012). 20121101164032-1.jpg. Recuperado de <http://news.mit.edu/2012/school-of-engineering-wins-big-at-this-years-masschallenge>

---

#### 4.6 REFLEXIONES SOBRE LA TECNOLOGÍA TODOTERRENO

- Las barreras físicas son el principal factor ambiental que limita la movilidad de los usuarios de sillas de ruedas por lo que la tecnología de asistencia todoterreno es un facilitador para la participación social.
- El uso de sillas de ruedas todoterreno aumenta las posibilidades de movilidad de las personas con discapacidad motriz y les permite desplazarse por superficies no adaptadas para un equipo manual tradicional.
- El empleo de las nuevas tecnologías de propulsión manual en las sillas de ruedas todoterreno proporciona una ventaja mecánica tres veces mayor, que resulta suficiente para superar condiciones ambientales adversas sin la necesidad de aumentar la carga de trabajo.
- Más de la mitad de las personas con discapacidad motriz en México viven en situación de pobreza y habitan en zonas rurales o conurbadas donde las condiciones del contexto son una limitante para la actividad.
- En nuestro país no se realiza la producción de equipos de asistencia tecnológica todoterreno por lo que su adquisición comercial resulta imposible para la mayoría de los usuarios debido a los elevados costos de los productos importados.
- Es factible desarrollar un modelo tecnológico propio a partir del análisis de productos exitosos con el propósito de encontrar una solución que se adapte de mejor forma a las condiciones y necesidades particulares de las personas con discapacidad en México.
- La fabricación de sillas de ruedas todoterreno accesibles para las personas de escasos recursos a nivel nacional requiere de la participación de instituciones del sector público y privado además de organizaciones civiles de personas con discapacidad y de la experiencia directa de los usuarios.

---

## CAPÍTULO 5. DISEÑO



Ilustración 6: Diseño de Sillas de Ruedas.

Fuente: Wongtakeaw, A. (2018). 1043232478.jpg. Recuperado de [http://www.shutterstock/es/image-vector/diferent-type-wheelchair-icon-design-set-1043232478?irgwc=1&utm\\_medium=Affiliate&utm\\_campaign=TinEye&utm\\_source](http://www.shutterstock/es/image-vector/diferent-type-wheelchair-icon-design-set-1043232478?irgwc=1&utm_medium=Affiliate&utm_campaign=TinEye&utm_source)

---

**“El diseño no es que aspecto tiene, ni cómo se siente, es cómo funciona.”**

Steve Jobs. (Jobs, 1996)<sup>60</sup>

---

<sup>60</sup> Jobs, S. (1996). *Wired*.

## 5.1 INTRODUCCIÓN

Como ya se ha mencionado con anterioridad los equipos de asistencia tecnológica posibilitan el aumento, mantenimiento o mejoría de las capacidades funcionales de las personas con discapacidad y facilitan la realización de sus actividades cotidianas además de promover la independencia y el incremento en la calidad de vida.

Debido a la naturaleza propia de las características individuales de las personas con discapacidad, la proyección de los equipos de asistencia tecnológica está enfocada esencialmente en dar solución a las particulares necesidades funcionales de los usuarios de sillas de ruedas debido a que cada uno de ellos es único en tamaño, habilidades y preferencias.

En este sentido la utilización de los principios del “Diseño Universal” como herramienta para atender la diversidad humana impulsa la creación de sistemas más flexibles capaces de dar respuesta a las necesidades individuales del grupo más amplio de personas posibles en condiciones de comodidad, seguridad, igualdad y autonomía.

El “Diseño Universal” respeta la diversidad humana y promueve la inclusión de las personas en todas las actividades de la vida aumentando así su rango de participación y de presencia social, por lo que requiere del amplio estudio y la comprensión de la naturaleza humana en una forma integral para conseguir identificar la manera en la cual las capacidades funcionales de las personas pueden variar dependiendo de la edad, la discapacidad, el entorno o las circunstancias particulares.

No es difícil apreciar que el adecuado diseño de este tipo de sillas de ruedas resulta ser una tarea compleja donde intervienen un gran número de elementos y variables que se deben de tomar en cuenta al momento de buscar la mejor solución para el problema de la movilidad de las personas con discapacidad y que involucran distintos campos del conocimiento humano como la ergonomía, la biomecánica, la medicina y la ingeniería.

Por otra parte, existe una serie de normas oficiales internacionales que se deben de tener en cuenta para el diseño de este tipo de asistencias tecnológicas y que funcionan como reglas indispensables para la producción de las sillas de ruedas con el propósito de garantizar la calidad de los equipos mediante la evaluación de diversos aspectos de su funcionamiento, seguridad y resistencia.

## 5.2 LA IMPORTANCIA DEL DISEÑO UNIVERSAL

Todas las personas son únicas y diferentes entre sí, no existe un grupo humano que se pueda considerar normal o estándar por lo que se debe valorar la diversidad humana como un principio fundamental de la vida [Ilustración 7]. El reconocimiento de la diversidad como una condición natural es el único camino para evitar la exclusión y la discriminación dentro de la pluralidad.

En este sentido, la discapacidad se entiende como una condición más de la naturaleza humana por lo que no puede ser ignorada ni mucho menos excluida, las personas con discapacidad son integrantes de esta amplia diversidad como cualquier otro ser humano por lo que tienen el derecho y la necesidad de participar en todas las actividades cotidianas ya sean políticas, económicas, sociales o culturales dentro de las cuales el diseño interviene de forma directa.

El diseño universal se puede expresar como la creación de productos y entornos arquitectónicos o urbanos accesibles que puedan ser utilizados por personas de todas las edades y capacidades funcionales, respetando la diversidad humana y promoviendo la intervención equitativa de todas las personas en todos los aspectos de la vida.



Ilustración 7: Diseño Universal.

Fuente: smartdesignworldwide. (2016). work-oxo-international-universal-design-illustration.png. Recuperado de <http://smartdesignworldwide.com/work/oxo-good.grips>

El “Diseño Universal” según Ronald Lawrence Mace creador del término, busca estimular el desarrollo de productos y ambientes que respondan a las necesidades de una amplia gama de usuarios. Este arquitecto y diseñador usuario de silla de ruedas, alumno, maestro y activista de la Universidad Estatal de Carolina del Norte primer edificio adaptado en los Estados Unidos, fue fundador del “Centro para el Diseño Universal” de la Escuela de Diseño de dicha universidad y pionero en la investigación sobre el diseño universal en la vivienda, los productos y el entorno construido. De acuerdo con el Centro para el Diseño Universal el diseño universal se entiende como el diseño de productos y entornos que puedan ser utilizados por todas las personas en la medida de lo posible sin la necesidad de adaptarlos o especializarlos. (Story, Mueller, & Mace, 1998)<sup>61</sup>.

<sup>61</sup> Story, M., Mueller, J., & Mace, R. (1998). *The Universal Design File: Designing for People of All Ages and Abilities*. Raleigh: National Institute on Disability and Rehabilitation Research, U.S. Department of Education.

---

Según este centro de investigación la intención del diseño universal es simplificar la vida de todos haciendo que los productos, las comunicaciones y el entorno construido sean más utilizables por personas de todas las edades, tamaños y capacidades con un costo adicional mínimo o nulo.

Para conseguir este objetivo el Centro para el Diseño Universal define siete principios básicos en los que se ha de basar el desarrollo de productos y entornos bajo este concepto:

**1. Igualdad de uso:**

El diseño debe ser fácil de usar y adecuado para todas las personas, independientemente de sus capacidades y habilidades.

**2. Flexibilidad:**

El diseño se debe acomodar a una amplia gama y variedad de capacidades individuales.

**3. Uso simple y funcional:**

El diseño debe ser fácil de entender independientemente de la experiencia, conocimientos, o habilidades, debe de ser simple e intuitivo.

**4. Información comprensible:**

El diseño debe comunicar la información necesaria de manera efectiva al usuario, independientemente de las condiciones ambientales o las capacidades sensoriales del usuario.

**5. Tolerancia al error:**

El diseño debe minimizar los riesgos y las consecuencias adversas de acciones accidentales o no intencionadas.

**6. Bajo esfuerzo físico:**

El diseño debe poder ser usado con comodidad y eficacia con el mínimo esfuerzo posible.

**7. Dimensiones apropiadas:**

Las dimensiones deben de ser apropiadas para el alcance, la manipulación y el uso, independientemente del tamaño corporal, la postura o la movilidad del usuario.

De acuerdo con estos preceptos podemos concluir que la percepción de la diversidad humana resulta fundamental para poder diseñar con eficacia espacios y productos accesibles, en este sentido la aplicación exitosa de los principios del diseño universal requiere de un amplio conocimiento sobre la transformación de las capacidades humanas con el propósito de concebir el entorno en forma incluyente abordando el diseño en función del hombre.

El diseño en función del hombre significa considerar la gran variedad de habilidades que presentan las personas para la ejecución de tareas comunes de la vida cotidiana las cuales pueden cambiar dependiendo de la edad, la discapacidad, el entorno o las circunstancias particulares de los individuos, por lo que esta variabilidad debe de ser considerada dentro del proceso de diseño para poder obtener soluciones accesibles.

### **5.3 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO**

La accesibilidad es un conjunto de características que debe de disponer un entorno urbano, edificación, producto, servicio o medio de comunicación para poder ser utilizado en condiciones de comodidad, seguridad, igualdad y autonomía por todas las personas sin importar sus capacidades funcionales.

La accesibilidad es una necesidad para las personas con discapacidad y una ventaja para todos los demás individuos que se debe de entender como una secuencia o cadena de acciones vinculadas entre sí con el propósito de lograr un objetivo.

En el caso de la movilidad y el desplazamiento de las personas con discapacidad motriz usuarias de sillas de ruedas, la cadena de accesibilidad se refiere a la capacidad para aproximarse, entrar, usar y salir de cualquier espacio o lugar con independencia y facilidad sin encontrar barreras o limitaciones durante el proceso.

Del mismo modo, la accesibilidad en el uso de un equipo de asistencia tecnológica consiste en proporcionar al usuario las facilidades necesarias para emplear el producto con sencillez, comodidad, eficacia y seguridad de manera continua, a través de la previa consideración de sus habilidades y capacidades funcionales.

Para poder alcanzar estos principios de accesibilidad en una silla de ruedas, los diferentes componentes que la integran deben de cumplir con una serie de normas internacionales estandarizadas para garantizar los requerimientos mínimos de calidad, así como también se deben vigilar otros factores que intervienen en su conformación final como son el desempeño funcional, el apoyo postural, la resistencia y la evaluación.

---

## 5.4 MODELOS DE NORMATIVIDAD

Durante la década de los años 80's se comenzó con el proceso de elaboración de una serie de normas que continúa hoy en día por parte de la Organización Internacional de Normalización "ISO" conocidas como la serie ISO-7176 bajo el título general de "Sillas de Ruedas" la cual está compuesta por 28 apartados en donde se desarrollan los métodos y terminología para la evaluación del desempeño, tamaño, resistencia, durabilidad y seguridad de las sillas de ruedas.

Esta normatividad internacional tiene como intención establecer parámetros base para la elaboración de este particular tipo de equipos de asistencia tecnológica y se trata de una serie de pautas mínimas creadas para ayudar a los Comités Nacionales a desarrollar sus propias normas de acuerdo con las necesidades particulares de población, tecnología y contexto.

En el caso mexicano todavía no se ha realizado una versión adaptada de esta normatividad por lo cual para fines de esta investigación tomaremos como base dichos lineamientos, aunque su aplicación no necesariamente refleja las condiciones típicas del entorno nacional ni del funcionamiento todoterreno de esta investigación ya que la serie ISO-7176 tiene como base el diseño de la silla de ruedas de tipo ambulatorio para hospitales y fue creada para simular los ambientes de ciudades accesibles adaptadas con rampas y calles lisas más propias de países desarrollados.

En primera instancia la configuración de este particular tipo de ayuda técnica debe de estar dirigido a conseguir que los usuarios puedan acceder al mayor número de actividades posibles con la finalidad de ampliar su participación social y promover que tengan una vida más activa para propiciar un efecto positivo en su condición de salud.

Por otra parte, cuando se trata de proyectar equipos de "AT" para todoterreno se debe de tomar muy en cuenta la durabilidad ya que estos dispositivos deben de ser creados para resistir un mayor desgaste debido a la alta exigencia de las condiciones propias del terreno.

A continuación, se plantean los aspectos más relevantes a considerar para el desarrollo de una silla de ruedas todoterreno propulsada por palancas de acuerdo con cuatro diferentes características o aspectos a considerar:

- Desempeño funcional
- Apoyo postural
- Eficiencia y seguridad
- Evaluación del funcionamiento

---

## 5.5 DESEMPEÑO FUNCIONAL

La manera en la que se comporta una silla de ruedas todoterreno propulsada por palancas está determinada por las características propias de su diseño, es decir por los beneficios funcionales de su configuración. El funcionamiento de este tipo de "AT" debe permitir al usuario recorrer largas distancias por caminos dispares con el menor gasto de energía posible, así como también tener acceso a espacios arquitectónicos interiores a través de rampas y/o puertas estrechas con facilidad, para ello resulta indispensable la revisión de los siguientes conceptos básicos de su funcionamiento.

### 5.5.1 ESTABILIDAD

Es el eje central en la configuración de una silla de ruedas todoterreno del cual dependen todas las demás cualidades y se encuentra determinada esencialmente por la combinación del centro de masa del usuario y la disposición de los ejes de rodamiento de la silla de ruedas. Esta relación entre los elementos de apoyo postural y las ruedas delimita la configuración básica del equipo de "AT" y establece en primera instancia sus dimensiones generales.

De la estabilidad general depende tanto el correcto funcionamiento de la silla de ruedas como el nivel de seguridad que tendrá el usuario para poder llevar a cabo de manera satisfactoria aquellas actividades para las cuales fue diseñado el equipo de "AT".

De acuerdo con la movilidad la estabilidad puede ser estática o dinámica.

#### a) Estabilidad estática:

Se refiere a la estabilidad, equilibrio o firmeza de una silla de ruedas cuando no se encuentra en movimiento y que resulta necesaria para posibilitar toda la gama de movimientos posturales del usuario en torno a la silla de ruedas en su conjunto y su interacción con los elementos que la conforman de manera particular. La estabilidad estática es un requerimiento indispensable para realizar con seguridad las maniobras de traslado del usuario a la silla de ruedas.

#### b) Estabilidad dinámica:

Es la estabilidad que posee una silla de ruedas cuando está en movimiento y que determina en gran medida la capacidad del equipo para desplazarse de forma segura y apropiada a través de superficies dispares superando obstáculos y pendientes.

La configuración de una silla de ruedas todo terreno debe de contar con un alto grado de estabilidad dinámica que le permita desplazarse por superficies complejas sin mayor dificultad [Imagen 66], para ello la distancia existente entre los ejes de las ruedas de transmisión y de dirección debe de ser entre 15 y 25% mayor que en la disposición tradicional de una silla de ruedas para uso en interiores, de esta forma se puede desplazar el eje delantero de las ruedas giratorias hacia adelante de los pies con la intención de extender el área de contacto con la superficie y conseguir mejorar la estabilidad frontal de la silla de ruedas, lo que resulta indispensable para poder librar obstáculos con mayor facilidad.



*Imagen 66: Mayor Distancia Entre Ejes.*  
Fuente: (2012). BT-X-Beach-side-75.jpg. Recuperado de <http://www.lasherspot.com/pages/chairs/btbeach/btbeach.html>

Antes de realizar esta modificación se debe de tomar en cuenta que al momento de ampliar la superficie de contacto se estará aumentando el radio de giro de la silla de ruedas lo cual modificara su maniobrabilidad en espacios reducidos, por lo que es muy importante tener en cuenta el tipo de función para uso interior-exterior que se pretende conferir a este dispositivo para no excederse más de un 25% en las dimensiones del cuadro o chasis.

Con la misma intención de ampliar el área de contacto con el suelo también se puede alejar el eje de tracción hacia atrás del centro de gravedad del usuario y conseguir un aumento en la estabilidad posterior de la silla de ruedas, esta modificación no debe de ser muy acentuada ya que implica un alejamiento de las ruedas traseras con relación a la posición del hombro del usuario lo que limitará el movimiento de propulsión manual sobre los aros de mano de las llantas.

Otra forma de conseguir aumentar la estabilidad posterior de la silla de ruedas consiste en el uso de ruedas o sistemas anti-volteo en la parte trasera de los equipos [Imagen 67] con lo que se puede aumentar el área de contacto con la superficie y al mismo tiempo incrementar el nivel de seguridad del usuario al prevenir una caída de espaldas. Es importante que estos sistemas cuenten con un adecuado rango de flexibilidad para evitar un volcamiento sin restringir el libramiento de obstáculos mayores como banquetas o hundimientos.



Imagen 67: Sistema Anti-Volteo.

Fuente: wijit. (2015). Recuperado de <http://livingspinal.com/active-mobility/the-wijit-wheelchair-lever-driving-and-braking-system>

Por otra parte, la estabilidad lateral de una silla de ruedas depende en gran medida del ancho total del equipo o la distancia entre los extremos de sus llantas traseras [Imagen 68], lo que para el caso de un equipo todoterreno esta medida debe de ser ligeramente mayor para promover una mejor estabilidad, pero sin llegar a excederse de 72 a 76 cm de ancho con la intención de poder acceder libremente en espacios interiores. El ancho de una silla de ruedas se encuentra relacionado principalmente con las dimensiones de la cadera del usuario sin embargo la distancia entre las llantas traseras debe de mantener una óptima relación con la distancia de los hombros para permitir la mayor libertad posible de movimiento durante la propulsión, si se excede esta proporción aumenta el riesgo de lesiones por sobreuso.

Se puede aumentar la estabilidad lateral al inclinar los ejes de las ruedas traseras con la intención de aumentar su distancia durante el contacto con la superficie en la parte inferior y reducir su medida en la parte superior para facilitar el movimiento de propulsión de los aros de mano, esta inclinación del eje de las llantas traseras tiene la cualidad de disminuir la fricción de las llantas con la superficie lo que beneficia la facilidad de rodado y se puede modificar dependiendo del tipo de funcionamiento del equipo entre 0° y 10°. Es importante mencionar que el uso de un ángulo de inclinación mayor a este rango dificulta el movimiento de propulsión, así como aumenta considerablemente el ancho de la silla de ruedas lo que limita la accesibilidad, el ángulo de inclinación más común es de 6°.



*Imagen 68: Inclinación de Ejes Traseros.  
Fuente: (2018). Recuperado de  
<http://aqmedicare.blogspot.com/search?q=krabat>*

Existen otros factores a considerar al momento de planear la estabilidad de una silla de ruedas como la posición del centro de gravedad del usuario, el empleo de sistemas de suspensión o el aumento en el diámetro de las llantas y el uso de cubiertas neumáticas.

El primero tiene que ver con la disposición general de los elementos de apoyo corporal dentro del cuadro o marco estructural del equipo, al bajar la posición del asiento se consigue que el usuario tenga un mayor alcance hacia el suelo con lo que se aumenta el balance lateral lo que es muy conveniente en cuestión de estabilidad, sin embargo la proporción en esta modificación se debe controlar para no disminuir demasiado la distancia entre los pies y el suelo que puede dificultar el libramiento de obstáculos de gran tamaño presentes en las condiciones todoterreno además de dificultar la propulsión manual de los aros.

Por otra parte, el uso de elementos de suspensión [Imagen 69] y/o cuadros articulados para amortiguar la movilidad resultan de gran utilidad para el aumento de la estabilidad general de la silla de ruedas ya que proporcionan un balance dinámico que suaviza el desplazamiento y aumenta la seguridad en el funcionamiento, para ello se puede recurrir a diferentes tipos de soluciones tecnológicas que van desde las más simples hasta las más complejas aunque su utilización se ve reflejada en el aumento del peso, el precio y el mantenimiento de los equipos.



Imagen 69: Sistema de Suspensión.  
Fuente: (2017). Kuschall-R33-New-7.jpg. Recuperado de <http://www.seo-traffic-ranking.info/pages/k/kuschall.html>

En lo referente al tamaño de las llantas se puede observar que el aumento en su dimensión propicia una mayor estabilidad al mejorar la capacidad de la silla de ruedas para desplazarse por condiciones todoterreno. Por otra parte, el empleo de cubiertas neumáticas [Imagen 70] propicia una mejor amortiguación de los golpes en comparación con los recubrimientos duros o rígidos que se caracterizan por transmitir la energía de los impactos en forma directa.



Imagen 70: Llantas Neumáticas.  
Fuente: (2014). K2.jpg. Recuperado de <http://trekinetic.com/K2.php>

---

La evaluación de la estabilidad estática de una silla de ruedas se especifica detalladamente en las normas ISO- 7176 dentro de su apartado 1 (ISO, 2014)<sup>62</sup>, en donde se establecen los requerimientos tecnológicos y la metodología necesaria para medir la estabilidad delantera, trasera y lateral de las sillas de ruedas, así como los sistemas anti-volteo en diferentes tipos de condiciones.

## 5.5.2 MANIOBRABILIDAD

La maniobrabilidad de una silla de ruedas se define como la facilidad del equipo para ser dirigido, es una característica de su comportamiento que también se conoce como manejabilidad o facultad para ejecutar maniobras. Existen diversos factores que influyen sobre la maniobrabilidad de una silla de ruedas como la distancia entre los ejes, la posición del centro de masa del usuario, el peso total del equipo, sus dimensiones generales, o el tamaño y el tipo de ruedas que utiliza.

La maniobrabilidad se puede dividir en dos dependiendo de su capacidad para sortear obstáculos ya sea por encima o alrededor de ellos.

### a) Maniobrabilidad sobre obstáculos:

Es un requerimiento indispensable para el funcionamiento todoterreno caracterizado por la presencia de superficies desiguales y obstáculos elevados ya sea en terrenos firmes o en suelos blandos. Maniobrar por encima de obstáculos depende en gran medida de la superficie de contacto de las llantas sobre el suelo, por lo que la posición de los ejes, las dimensiones de las ruedas y el tipo de recubrimientos que se utilicen resultan determinantes.

Con el aumento en el diámetro y el ancho de los neumáticos [Imagen 71] se consigue obtener una mayor superficie de contacto lo que distribuye en mejor forma el peso total en movimiento generando una mayor tracción durante la propulsión, esto facilita el desplazamiento sobre superficies blandas, aunque con este incremento se incurre en un aumento en el gasto de energía necesario para llevar a cabo la fuerza de empuje.

El aumento en el ancho de las ruedas genera una mayor fricción o resistencia sobre el terreno produciendo una mayor tracción sobre la superficie de los neumáticos, para optimizar este efecto es conveniente la utilización de cubiertas neumáticas con dibujos grandes y gruesos como las empleadas en las bicicletas de montaña que producen un mayor arrastre e impiden que las llantas se atasquen o se resbalen sobre superficies suaves o sueltas.

---

<sup>62</sup> ISO. (2014). 7176-1. *Wheelchairs. Part 1: Determination of Static Stability*. Ginebra: International Standard Organization.



Imagen 71: Ruedas para Todoterreno.

Fuente: (2017). 51w83WlIF2L.jpg. Recuperado de <http://gistgear.com/health-personal-care/medical-supplies-equipment/wheelchair-tires-and-wheels>

Otra forma de aumentar la tracción sobre las ruedas traseras consiste en recorrer hacia adelante su eje para aumentar así la distribución en la proporción del peso del usuario con relación a las ruedas delanteras, con esto se consigue un mayor control sobre el eje de arrastre y se produce una menor tendencia a virar en pendientes laterales, lo que facilita el control de la dirección de la silla de ruedas al moverse cuesta abajo.

En lo que se refiere al libramiento de obstáculos elevados y/o hundidos es aconsejable aumentar el diámetro de las ruedas delanteras a 15 o 20 cm en comparación con las utilizadas por una silla de ruedas convencional que son de 7.5 a 10 cm de diámetro, así como el empleo de cubiertas neumáticas blandas para poder sortear baches o piedras con mayor facilidad y amortiguamiento.

Es importante mencionar que se debe observar cuidadosamente la proporción en el aumento del tamaño de las ruedas frontales ya que un incremento muy alto puede dificultar el viraje y complicar la dirección de la silla de ruedas por caminos estrechos.

Otra manera de aumentar la facilidad del equipo para pasar por encima de obstáculos es mover por delante de los pies el eje de dirección u orientable, así como la utilización de sistemas de amortiguación mecánicos o neumáticos en las horquillas de las ruedas delanteras con lo que se consigue aumentar notablemente su elasticidad y flexibilidad posibilitando el libramiento de barreras grandes en forma más suave.



Imagen 72: Ruedas Giratorias con Amortiguación.  
Fuente: (2014). wheelchair casters Xway.jpg. Recuperado de <http://www.google.com.au>

Este sistema de amortiguación dinámico [Imagen 72] proporciona una mayor flexibilidad en las llantas delanteras al momento de golpear con algún obstáculo, ya que absorbe y disipa gran parte de la energía generada por el impacto y reduce notablemente la vibración propiciando un recorrido más cómodo.

El desarrollo de la tecnología de amortiguación en llantas y rodamientos ha cobrado mucha importancia debido a que la vibración y los golpes continuos son un factor considerable de estrés para los usuarios de sillas de ruedas. Existen sistemas de amortiguación para ruedas traseras conocidos como llantas suaves [Imagen 73] que tienen la capacidad de variar su resistencia dependiendo de las condiciones del terreno, ofreciendo una mayor comodidad y eficiencia energética al mismo tiempo que mejoran la eficiencia y la calidad del rodado. El costo de estos sistemas es alto sin embargo modifican significativamente la experiencia en el desplazamiento sobre silla de ruedas.



Imagen 73: Llantas Suaves Amortiguadoras.  
Fuente: (2017). Recuperado de <http://www.davincimobility.com/product/loopwheels-shock-absorbing-wheelchair-wheels>

Por otra parte, dentro de las normas ISO-7176 se pueden encontrar en su apartado 7 (ISO, 2008)<sup>63</sup> los valores mínimos para la determinación de las dimensiones de las llantas de las sillas de ruedas, aunque estos valores han sido especificados para el rodado en superficies lisas y duras característicos de los espacios arquitectónicos interiores.

## **b) Maniobrabilidad alrededor de obstáculos:**

Este tipo de manejabilidad se relaciona con la capacidad que tiene un usuario de silla de ruedas para maniobrar con facilidad por entornos estrechos como puertas, rampas o pasillos, así como para girar en espacios limitados o utilizar mobiliarios en baños, cocinas, escuelas y oficinas, esta característica de funcionamiento depende de diferentes factores de la configuración general de la silla de ruedas como sus dimensiones, masa, estructura y tipo de rodamientos entre otros.

Inicialmente los elementos que determinan la maniobrabilidad interior de una silla de ruedas son sus dimensiones de ancho y largo, el tamaño de sus ruedas, así como la distancia y posición de sus ejes con respecto al centro de masa o gravedad del usuario.

Dentro del apartado número 5 de las normas ISO-7176 (ISO, 2008)<sup>64</sup> se puede encontrar las determinaciones de masa y dimensiones de los diferentes elementos que conforman una silla de ruedas.

Estas normas no determinan los valores totales para la configuración como el largo, ancho o alto del equipo ya que las dimensiones dependen de las características particulares de los usuarios, sino más bien especifican las dimensiones mínimas para el diseño de componentes como el asiento, respaldo, reposa pies o reposa brazos entre otros dependiendo de los diferentes grupos de masa que van entre 50 y 125 kg de peso de los usuarios.

La consideración de las dimensiones absolutas en el diseño está relacionada más bien con la observación de los valores mínimos para la accesibilidad en los espacios interiores, como son el ancho de una puerta que va entre 70 y 80 cm o el ancho mínimo de un pasillo o corredor de entre 110 y 120 cm necesarios para permitir el giro en 180° de una silla de ruedas. [Imagen 74]

---

<sup>63</sup> ISO. (2008). *7176-7. Wheelchairs. Part 7: Measurement of Seating and Wheel Dimensions*. Ginebra: International Standard Organization.

<sup>64</sup> ISO. (2008). *7176-5. Wheelchairs. Part 5: Determination of Overall Dimensions, Mass and Turning Space*. Ginebra: International Standard Organization.

El radio de giro de una silla de ruedas depende de la dimensión diagonal máxima de su estructura por lo cual el espacio mínimo de rotación está directamente relacionado con dicha proporción y del mismo modo el espacio más angosto por el cual una silla de ruedas puede circular depende del ancho total medido desde el exterior de cada uno de sus costados, por esto, resulta evidente que cuando se trata del diseño de un equipo para el funcionamiento combinado en interiores y exteriores es conveniente mantener en el límite inferior posible todas sus dimensiones.

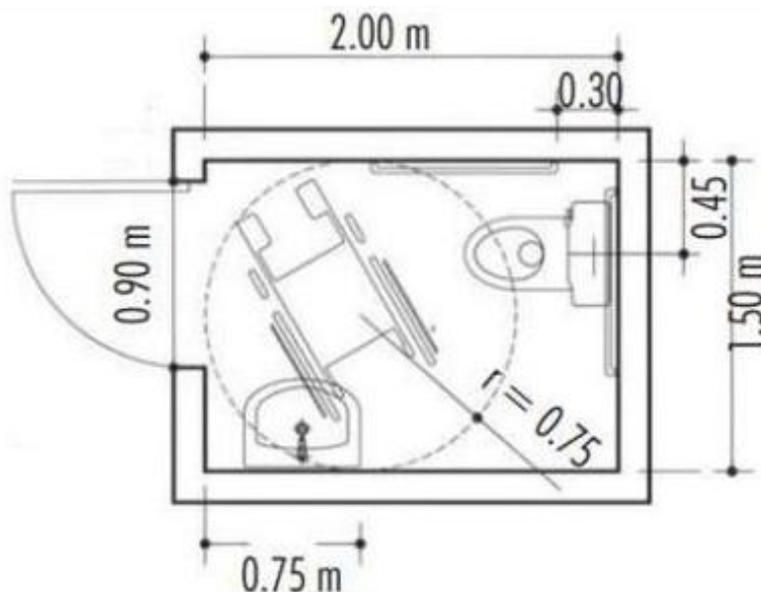


Imagen 74: Radio de Giro.

Fuente: IMSS. (2000). Normas para la Accesibilidad de las Personas con Discapacidad. México D.F.: Instituto Mexicano del Seguro Social

Una forma de conseguir reducir las dimensiones en el largo de una silla de ruedas todo terreno que se caracteriza por presentar el eje de rotación por delante de los pies del usuario es mediante el empleo de un sistema móvil que permita el cambio de posición de las ruedas orientables, de tal manera que el usuario consiga llevarlas por detrás de los pies para reducir considerablemente el ángulo de giro cuando se desplaza por espacios interiores.

Mientras más compactos logren ser estos equipos de "AT" mayor facilidad dispondrán los usuarios para poder acercarse y tener acceso a muebles [Imagen 75] como camas, tinas, inodoros, lavabos, cocinas y mesas entre otros, para ello resulta muy importante observar que la altura de las rodillas de los usuarios sobre la silla de ruedas no exceda las dimensiones comunes de dichos elementos, por otra parte, el diseño móvil o removible de los apoya brazos y apoya pies puede también ayudar a facilitar el acceso en escritorios y barras de estaciones de trabajo para cocinas u oficinas.

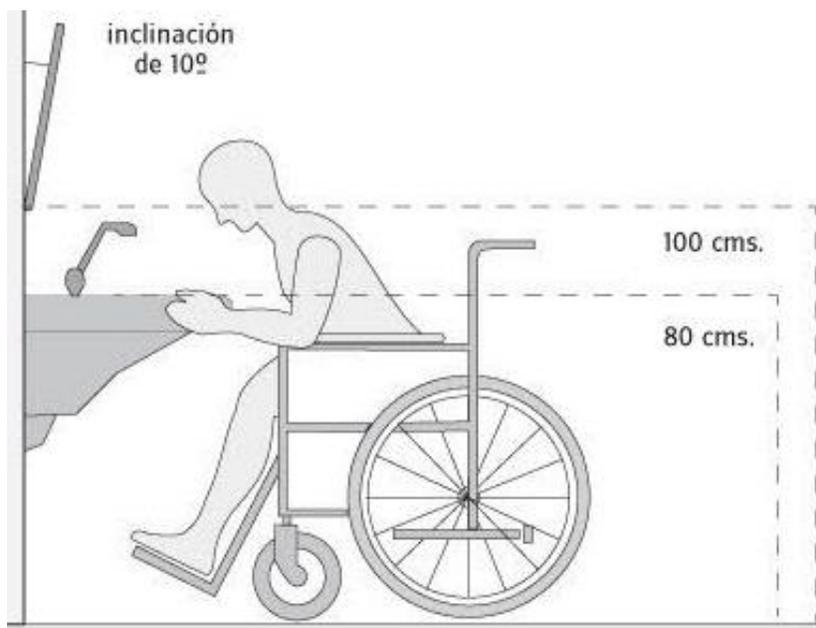


Imagen 75: Acceso al Mobiliario.

Fuente: IMSS. (2000). Normas para la Accesibilidad de las Personas con Discapacidad. México D.F.: Instituto Mexicano del Seguro Social

Por otra parte, resulta fácil de observar que la disminución del peso en un equipo de "AT" es otro factor que contribuye en gran medida a facilitar la movilidad de los usuarios y lo cual se debe de buscar en la medida en que la tecnología, los materiales locales y las posibilidades económicas lo permitan, sin embargo, es más importante todavía la reducción de la fricción interna de los diferentes componentes de la silla de ruedas que causan un considerable gasto de energía durante el movimiento.

La utilización de rodamientos de alta resistencia puede resultar sumamente significativa para la reducción de la fricción tanto de los ejes de rotación de las llantas traseras, como para los ejes de las horquillas orientables de las ruedas de dirección y para los mecanismos de palancas en la transmisión de la fuerza de propulsión.

Del mismo modo, con la intención de disminuir la fricción de rodado se puede recurrir al empleo de neumáticos de alta presión para la absorción de energía, que cuenten con un dibujo central alto que reduzca la superficie de contacto y facilite el desplazamiento sobre suelos duros.

### 5.5.3 PROPULSIÓN

Otro de los conceptos de mayor importancia para el funcionamiento de una silla de ruedas todo terreno es la propulsión que está directamente relacionada con el esfuerzo del usuario para generar la energía de salida necesaria para producir el movimiento.

Debido a las dificultades propias de las condiciones todoterreno la energía de impulso que se necesita para superar la fricción al rodado es mayor en comparación al desplazamiento en espacios interiores por lo que el método de propulsión resulta de central importancia para este tipo de asistencias tecnológicas.

La eficiencia en la propulsión se encuentra determinada por una variedad de factores interrelacionados que son necesarios para el correcto funcionamiento y de los cuales hemos hablado con anterioridad al referirnos a la estabilidad y maniobrabilidad de la silla de ruedas, entre ellos se encuentran la conformación general de la estructura y los ejes de rotación, la postura del usuario y los diferentes elementos de apoyo corporal, así como la fricción al rodado y el tipo de ruedas empleadas o los mecanismos de propulsión.

Como ya hemos visto anteriormente la propulsión asistida por sistemas de palancas tiene la capacidad de proporcionar una ventaja mecánica mayor que le otorga al usuario la posibilidad para recorrer distancias más largas y a mayor velocidad con un gasto menor de energía en comparación con el método de propulsión manual tradicional, del mismo modo, la propulsión asistida por palancas genera un torque o momento de fuerza mayor lo que facilita subir pendientes y superar obstáculos de mayor tamaño.

En cuanto a los mecanismos de propulsión por palancas se ha revisado la existencia de diferentes opciones o alternativas tecnológicas que dependen de la complejidad de los sistemas empleados, que van desde los más sencillos que utilizan una transmisión directa hasta los más complejos con cajas de mecanismos de transferencia.

Los mecanismos indirectos son los más simples por lo cual resultan muy convenientes para el uso en sillas de ruedas de bajo costo ya que sus componentes se pueden encontrar con facilidad en el mercado y requieren de poco mantenimiento.

En la medida de lo posible el diseño de los mecanismos de propulsión por palancas deben de contar con la posibilidad de realizar el cambio de cuando menos 2 o 3 velocidades que ofrezca mayores modalidades de movimiento para propiciar un incremento en el rango de acción y la movilidad del usuario. [Imagen 76]



*Imagen 76: Sistema de cambio de Velocidades.  
Fuente: mountaintrike. (2016). 6e1e514ee34781bb1b0e796f072d2638.jpg.  
Recuperado de <http://www.mountaintrike.com/products/mountain-trike>*

Todo sistema de propulsión aumenta las dimensiones y el peso de una silla de ruedas por lo cual resulta muy importante controlar en la mayor medida posible la complejidad de los mecanismos de propulsión empleados, ya que el aumento del peso total de un equipo de “AT” está directamente relacionado con la pérdida de energía durante el desplazamiento, es por esto que la ligereza debe de ser una de las primeras condiciones en el diseño del sistema de propulsión con la finalidad de optimizar su eficiencia.

De la misma forma, con la intención de facilitar la maniobrabilidad de la silla de ruedas el diseño del mecanismo de palancas debe de tener el perfil más esbelto o delgado posible para no incrementar demasiado el ancho total de la silla de ruedas y dificultar así el paso a través de puertas y pasillos estrechos. Por otra parte, se debe de contemplar la posibilidad en el diseño para que el sistema de palancas pueda ser abatible y/o removible lo cual resulta muy conveniente para obtener un mejor acceso a mobiliarios interiores y facilitar el traslado hacia ellos. [Imagen 77]



*Imagen 77: Palancas Removibles.  
Fuente: gogrit. (2015). fc-e.jpg. Recuperado de  
<http://www.gogrit.us/fc-3>*

Por último, es muy importante para la seguridad de los usuarios que el diseño de estos mecanismos de propulsión garantice que en ningún momento las palancas se encuentren fuera del alcance o del control de los individuos, por lo que es conveniente que cuenten con sistemas de fijación o bloqueo que los inmovilicen por completo de ser necesario y que por ningún motivo las palancas o algún otro componente de su sistema pueda estar cerca o en contacto directo con el suelo ya que esto podría ser causante de accidentes y lesiones.

#### **5.5.4 TRASLADO**

El traslado o transferencia es la acción o el movimiento que realiza un individuo para pasar de la silla de ruedas a otro mueble o superficie y viceversa, se trata de la primera acción que realiza una persona para poder utilizar una silla de ruedas por lo cual su diseño debe proporcionar todas las facilidades posibles para poder realizarlo de forma rápida, segura y eficiente.

El movimiento del traslado inicial hacia la silla de ruedas se puede realizar desde una gran variedad de superficies con diferentes niveles de altura como el inodoro, la cama, otra silla, el automóvil o inclusive desde el suelo, por esto la conformación de la silla de ruedas tiene que ser muy estable y resistente para garantizar la seguridad del usuario.

Para facilitar este movimiento la silla de ruedas debe de poder situarse lo más cerca posible a la superficie de transferencia en una posición totalmente estática por lo que se necesita de un sistema de frenos de bloqueo [Imagen 78] que la inmovilicen por completo, dentro del apartado número 3 de las normas ISO 7176 (ISO, 2003)<sup>65</sup> se encuentran los requerimientos para determinar la efectividad de los sistemas de freno.



*Imagen 78: Frenos de Bloqueo.*

*Fuente: (2014). rear-wheel-brake2.jpg. Recuperado de <http://www.specialisedorthoticservices.co.uk/knowledge-centre/brochures-manuals-accessories>*

La transferencia de una persona hacia la silla de ruedas se puede realizar a partir de una posición sentada de manera independiente o también desde una posición de pie por medio de la asistencia de otra persona, algunas personas utilizan tablas deslizantes o algún otro tipo de ayudas técnicas para poder realizar el movimiento de transferencia con menor esfuerzo, por esto, es muy importante que la configuración de la estructura de la silla de ruedas no tenga elementos fijos que obstruyan o dificulten este movimiento.

---

<sup>65</sup> ISO. (2003). 7176-3. *Wheelchairs. Part 3: Determination of the Effectiveness of Brakes*. Ginebra: International Standard Organization.

Por otra parte, es muy común el uso de apoyabrazos en las sillas de ruedas para brindar un elemento de descanso y de confort a los usuarios, así como para ayudarlos a levantar el cuerpo para aliviar las zonas de presión, pero se debe de cuidar que estos componentes no sean causantes de accidentes o lesiones al momento de realizar el traslado por lo que se recomienda que estas partes puedan ser móviles o desmontables.

Los apoyabrazos de carácter abatible y dimensiones cortas pueden ser convenientes para alcanzar una mayor elevación del tronco y adquirir una apropiada posición corporal, así como para facilitar el traslado. Estos sistemas móviles deben de ser muy resistentes y tener por lo menos 2 o más posiciones fijas con seguros de bloqueo.

Otra opción muy utilizada es el uso de apoyabrazos removibles que permiten un acceso libre o completo al asiento de la silla de ruedas cuya altura puede ser ajustable con la superficie de transferencia más fácilmente y donde se requiere de un menor esfuerzo para trasladar el cuerpo sin la necesidad de elevarlo demasiado. Estos elementos son más económicos que los sistemas móviles, aunque pueden llegar a dañarse o perderse y para algunas personas con menor rango de movilidad pueden resultar difíciles de utilizar.

Otra alternativa muy utilizada actualmente en los modelos de sillas de ruedas dirigidas a las personas con gran actividad física es la de eliminar cualquier elemento que pueda estorbar el movimiento de propulsión o dificultar el acceso general al equipo, por lo que sus diseños se enfocan en la utilización de la estructura mínima necesaria para el funcionamiento.

Por otra parte, cuando el traslado se lleva a cabo desde una posición asistida de pie o desde el suelo, en algunos casos resulta de utilidad contar con apoya pies móviles que faciliten el acomodo de las piernas.

### **5.5.5 TRANSPORTACIÓN**

La transportación de una silla de ruedas está relacionada directamente con el desempeño de su funcionamiento en el sentido de ser una acción que influye en su movilidad, la facultad para transportar con facilidad una silla de ruedas sobre un camión o un automóvil es igual de importante que su capacidad para desplazarse de forma independiente.

Por un principio de movilidad el diseño de una silla de ruedas debe permitir al usuario transportarla dentro de cualquier vehículo automotor sin importar su tipo o tamaño con relativa facilidad e independencia, por esto se debe de cuidar tanto su volumen como su peso. El peso de una silla de ruedas todo terreno propulsada por palancas puede llegar a elevarse debido a la mayor cantidad de elementos que la conforman por lo que en primera instancia es muy necesaria la selección de materiales con la mejor relación de resistencia-peso de acuerdo con las posibilidades económicas y tecnológicas disponibles localmente.

La transportación de un equipo de “AT” de estas características puede facilitarse mediante el uso de elementos plegables y desmontables [Imagen 79] que consigan reducir su volumen total, así como separar sus partes para dividir su peso, por ello la utilización de estructuras rígidas no son muy recomendables ya que poseen un volumen inalterable. Elementos como el respaldo, palancas, apoya brazos y apoya pies son algunas de las partes que comúnmente se diseñan para ser móviles o intercambiables con lo cual aumenta la transportabilidad de las sillas de ruedas. Esta cualidad modular en la conformación también puede ser una característica que contribuya a mejorar los niveles de ajustabilidad de esos elementos con relación a las dimensiones corporales de los usuarios.



Imagen 79: Silla Modular Desarmable.  
Fuente: (2013). *lasher-wheelchair-bt-x-at-26.jpg*. Recuperado de <http://www.streetsie.com/gallery/beach-shower-all-terrain-wheelchairs>

## 5.6 APOYO POSTURAL

El desempeño de una silla de ruedas se encuentra íntimamente ligado al posicionamiento del cuerpo del usuario dentro de ella y resulta determinante para todos los aspectos relacionados con su funcionamiento como son la estabilidad, maniobrabilidad, propulsión o seguridad entre otros, por esto su análisis resulta de gran relevancia, además, una correcta postura corporal influye en forma determinante en la condición de salud del individuo.

---

Por otra parte, un adecuado apoyo postural posibilita al usuario para tener un mejor alcance y un mayor control sobre los diferentes elementos que conforman la silla de ruedas, lo que se ve reflejado en un aumento en su capacidad para maniobrar el equipo.

Debido a la gran cantidad de tiempo que una persona con discapacidad puede pasar sobre una silla de ruedas el cuidado de su postura resulta muy importante para su condición de salud, de esta forma un adecuado sostén postural puede ser la diferencia entre mantener sus capacidades funcionales íntegras o desarrollar lesiones y/o deformaciones secundarias por el uso inapropiado de un equipo de "AT".

Un correcto soporte del cuerpo puede evitar algunas de las afectaciones más comunes entre los usuarios de sillas de ruedas como son las escaras por presión o las desviaciones de la columna.

En este sentido los elementos para el apoyo postural de las personas con discapacidad deben de presentar un alto nivel de ajustabilidad y su diseño se debe proyectar desde su inicio como si se tratara de un traje hecho a la medida, por lo que resulta imperativo evaluar en todo momento las necesidades y características ergonómicas de los usuarios de forma individual.

A continuación, se describen las características necesarias de los componentes del equipo para el apoyo corporal:

### **5.6.1 ASIENTO Y COJIN**

El asiento es el eje central de los diferentes elementos que soportan al usuario de una silla de ruedas, es la superficie de apoyo que recibe la mayor cantidad del peso corporal y la que tiene la mayor área de contacto con el cuerpo del individuo por lo que su diseño debe de ser muy resistente, cómodo y seguro.

Esta estructura tiene que abarcar por completo la longitud de las piernas desde las nalgas hasta el poplíteo y dar sustento a todo lo ancho de la cadera. La forma del asiento debe cubrir de manera particular las zonas de mayor presión que se encuentran en el sacro y los isquiones por lo que debe de contar con un acolchonamiento firme que aporte estabilidad y soporte al mismo tiempo que brinde alivio a la presión.

La elaboración de los cojines para el asiento puede realizarse con capas de espumas plásticas con diferentes grosores y densidades o mediante el empleo de cojines neumáticos para el mayor alivio de la presión [Imagen 80]. En la medida de lo posible el asiento tiene que presentar una forma ergonómica con una superficie continua y sin pliegues para evitar lesiones, su forro o cubierta debe ser muy resistente e indeformable además de ser completamente impermeable, antideslizante, antiinflamable y poder lavarse con facilidad.



Imagen 80: Cojines para Asiento.

Fuente: quikie. (2014). JAYJU.jpg. Recuperado de <http://www.quikie-wheelchairs.com/search/wheelchair+seat+cushions/5>

La posición del asiento tiene que poder ajustarse de acuerdo con las necesidades, actividades o gustos particulares de los usuarios. De acuerdo con el tipo de funcionamiento “Todoterreno” la silla de ruedas tiene que promover una postura activa en el usuario lo que se logra ajustando la inclinación del asiento en un ángulo de entre 0° y 12° con relación a la horizontal.

Debido al gran movimiento producido por las condiciones todoterreno durante el desplazamiento sobre una silla de ruedas propulsada por palancas, es altamente recomendable el empleo de sistemas de sujeción y seguridad como correas o cinturones para ajustar e inmovilizar la cadera previniendo desplazamientos o caídas causantes de accidentes y lesiones en los usuarios.

Dentro del ya mencionado apartado 7 de la serie de normas ISO-7176 referente a las sillas de ruedas, así como dentro de su complemento ISO-16840-2 (ISO, 2007)<sup>66</sup> se pueden encontrar las determinaciones, pruebas y características de capacidad del asiento.

---

<sup>66</sup> ISO. (2007). 16840-2. Wheelchairs. Part 2: Determination of Physical and Mechanical Characteristics of Devices Intended to Manage Tissue Integrity-Seat Cushions. Ginebra: International Standard Organization.

## 5.6.2 RESPALDO

El respaldo es la estructura de soporte que trabaja de forma conjunta con el asiento para otorgar la posición del usuario sobre una silla de ruedas, después del asiento es el elemento de apoyo que soporta el mayor peso corporal. La función del respaldo consiste en proporcionar una superficie de apoyo estable y firme en donde el tórax pueda crear la fuerza de empuje necesaria para realizar el movimiento de propulsión de la silla de ruedas, además de facilitar un mejor control del tronco y propiciar un mayor equilibrio corporal.

Las dimensiones del respaldo dependen de las capacidades funcionales de los usuarios, así como de sus necesidades y actividad. Generalmente la altura del respaldo se mide desde el asiento hasta la escápula, pero esta altura puede variar dependiendo del caso, los usuarios con menor control de tronco requieren de respaldos más altos en comparación con las personas con gran control y fuerza abdominal que sólo requieren de soporte en la zona lumbar. [Imagen 81]



Imagen 81: Respaldo con Apoyo Lumbar.  
Fuente: (2010). † 21090.jpg. Recuperado de  
<http://www.colonialmedical.com/index.php?action=shop&cat=398&s=A&r=40&page=2>

Es muy importante encontrar la proporción correcta en la altura de los respaldos ya que a medida que aumenta su tamaño, estos limitan más la movilidad de las extremidades superiores y dificultan el movimiento de propulsión.

Por otra parte, el ángulo en la postura del usuario creado por la combinación en la disposición del asiento y el respaldo también es de gran importancia para producir la fuerza de empuje por lo que su diseño debe contemplar la regulación de su posición, un ángulo superior a los 110° disminuye el empuje posterior del respaldo alterando también la fuerza de propulsión.

Al igual que en el caso del asiento la forma del respaldo debe de respetar la curvatura de la columna brindando mayor apoyo en la zona lumbar y de ser necesario debe de contar con cinturones en la cintura y soportes laterales para mayor seguridad de las personas con limitado control del cuerpo.

De acuerdo con los deseos y necesidades de cada usuario el respaldo puede contar en la parte posterior con empuñaduras de empuje o asistencia para la propulsión [Imagen 82], así como para subir y bajar escaleras, estos elementos resultan muy útiles para asistir en la movilidad además de servir de apoyo para colgar bolsas o mochilas.



Imagen 82: Empuñaduras para Asistencia.  
Fuente: quikie. (2014). JAYJU.jpg. Recuperado de <http://www.quikie-wheelchairs.com/All-Quikie-Wheelchairs/1275c0>

### 5.6.3 APOYA PIES

Se trata de un elemento de soporte y protección para los pies y ante piernas muy importante para el control de las extremidades inferiores de las personas con discapacidad, que cumplen la función de distribuir el peso de estos miembros para aliviar la presión de las piernas sobre el asiento.

Al igual que los anteriores elementos de apoyo su diseño tiene que adaptarse a las dimensiones y necesidades particulares de los usuarios por lo que es muy conveniente que su altura e inclinación puedan ser reguladas mediante la utilización de elementos móviles o partes desmontables, además de que resulta de gran utilidad para facilitar la acción de traslado desde y hacia la silla de ruedas. [Imagen 83]



*Imagen 83: Apoya Pies Abatible.  
Fuente: (2012). Recuperado de  
<http://motionspecialities.com/product/view/tillite-zra-titanium-wheelchair>*

Es aconsejable que la superficie de apoyo sea plana y que alcance a cubrir completamente el ancho de los dos pies para garantizar su protección, así como resulta conveniente dejar una distancia considerable al suelo para evitar lesiones o golpes al momento de librar obstáculos o baches de gran tamaño.

Por motivos de seguridad y debido a la falta de control de las extremidades inferiores de los usuarios de sillas de ruedas, en algunas ocasiones resulta prudente el uso de cinturones o correas de ajuste a la altura de las pantorrillas y talones para inmovilizar los miembros, así como el empleo de separadores de espuma para las rodillas con el propósito de evitar el choque y aliviar la presión entre ellas, o el uso de soportes laterales para controlar su desplazamiento.

#### **5.6.4 APOYA BRAZOS**

Estos elementos de soporte cumplen la función de liberar presión y brindar descanso a las extremidades superiores además de que sirven de apoyo para el traslado a la silla de ruedas por lo cual tienen que ser muy firmes y estables para garantizar la seguridad durante este movimiento. [Imagen 84]



*Imagen 84: Apoya Brazos Removibles.*

*Fuente: (2014). Recuperado de <http://kimobility.com/Product.action?productName=Rogue+ALX>*

Dependiendo de los requerimientos de los usuarios estos elementos pueden ser fijos, abatibles o removibles, para personas con poca fuerza en las extremidades superiores es recomendable eliminarlos para evitar las dificultades en el traslado y para usuarios de mayor masa muscular en los brazos estos elementos de apoyo resultan muy útiles al momento de levantar el cuerpo del asiento para aliviar la presión y acomodar la postura.

Es deseable que el tamaño de estos elementos de apoyo sea el menor posible porque pueden llegar a estorbar o entorpecer el movimiento de propulsión con los aros de mano, de cualquier forma, su diseño tiene que contemplar la posibilidad de su abatimiento o cambio de posición para ofrecer mayores alternativas funcionales.

## **5.7 RESISTENCIA Y SEGURIDAD**

La resistencia está relacionada con la capacidad que tiene una silla de ruedas para soportar las fuerzas de acción que se ejercen sobre ella durante su funcionamiento, es la cualidad que posibilita la acción del movimiento en un equipo de "AT" durante el mayor tiempo posible sin que se vean alteradas sus condiciones originales.

Existen varios factores que intervienen en la resistencia y consecuente durabilidad de una silla de ruedas como son el diseño de su estructura, los materiales y componentes utilizados, la tecnología de manufactura o las características de los usuarios y las condiciones de uso, en este sentido la resistencia y seguridad son el resultado de la interacción equilibrada de todas sus partes.

Con el fin de comprobar la resistencia de una silla de ruedas existen una serie de pruebas enunciadas en el apartado 8 de la serie ISO-7176 (ISO, 2014)<sup>67</sup> donde se establecen los métodos de evaluación estáticos y los requerimientos para determinar las fuerzas de impacto y de fatiga de los equipos de AT. La importancia en el estudio de la resistencia de los sistemas de asistencia tecnológica resulta determinante para poder garantizar la seguridad de los usuarios.

En este sentido, la seguridad de los usuarios de sillas de ruedas todoterreno se debe de establecer desde un principio como el eje rector que guíe el proceso de diseño en todo momento con el propósito de satisfacer las necesidades de movilidad de las personas con plenitud y confianza.

Se puede decir que la confiabilidad de una silla de ruedas está determinada por su resistencia y durabilidad, así como por el sentido de seguridad que genera durante su uso. La confiabilidad hace referencia a la ausencia de errores y presupone una consistencia o estabilidad en una acción, en el caso de una silla de ruedas es la probabilidad que tiene para realizar su función en forma segura y sin percances.

Algunas recomendaciones para promover la seguridad en el diseño de una silla de ruedas todoterreno son:

- Respetar requerimientos técnicos en la selección de materiales y procesos
- Determinar límites en la capacidad del funcionamiento
- Procurar la estabilidad estática y dinámica
- Usar sistemas anti-volteo
- Posibilitar variantes de frenado
- Garantizar el apoyo postural
- Empleo de equipos de inmovilización corporal
- Simplificar mecanismos de funcionamiento
- Informar y capacitar a los usuarios

## 5.8 EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

Dentro del proceso de diseño y fabricación de una silla de ruedas todoterreno resulta muy recomendable contemplar la evaluación de todos los elementos que la componen, tanto de forma individual como en su conjunto en general de acuerdo con los requerimientos de resistencia, durabilidad y seguridad con el objetivo de garantizar su calidad y correcto desempeño.

---

<sup>67</sup> ISO. (2014). 7176-8. *Wheelchairs. Part 8: Requirements and Test Methods for Static, Impact and Fatigue Strengths*. Ginebra: International Standard Organization.

---

Como se ha mencionado en el presente capítulo las pautas internacionales conocidas como la serie ISO-7176 corresponden a la normatividad existente para la evaluación de las sillas de ruedas que más se acerca al modelo de equipo de “AT” propuesto por esta investigación, por lo que a falta de una metodología más específica y de normas nacionales aplicables son el único modelo que seguir para la evaluación de su comportamiento, por esto es recomendable que la valoración de las sillas de ruedas se realice de acuerdo con los siguientes criterios:

- Pruebas de fatiga
- Pruebas ambientales
- Pruebas de los usuarios
- Seguimiento a largo plazo

En primera instancia se encuentran las pruebas de fatiga que están relacionadas con el comportamiento mecánico de los materiales y que se utilizan para determinar el esfuerzo necesario para producir una falla o rotura en los componentes de una silla de ruedas, son de gran utilidad para determinar la seguridad y confiabilidad de un equipo de “AT” y se llevan a cabo mediante la simulación en el laboratorio de las condiciones de trabajo.

Las pruebas de fatiga resultan indispensables para la valoración de componentes estructurales con funciones de seguridad como los ejes y las ruedas en donde debe excluirse cualquier fallo por fatiga durante el funcionamiento.

Las pruebas ambientales como su nombre lo indica sirven para valorar las sillas de ruedas todo terreno en las condiciones típicas de funcionamiento como son superficie, humedad o temperatura, para detectar fallas o identificar debilidades en el diseño y resultan de gran importancia para aumentar la confiabilidad de los equipos de “AT”, algunos ejemplos de pruebas ambientales son: niebla salina, corrosión cíclica, cámara de temperatura-humedad o envejecimiento y choque térmico.

Después de las pruebas de fatiga y ambientales de los componentes de las sillas de ruedas, se recomienda realizar pruebas de usabilidad con voluntarios para obtener información directa de los usuarios sobre el funcionamiento de los equipos de “AT”.

Estas pruebas se realizan en los ambientes y condiciones reales para evaluar la capacidad que tienen las sillas de ruedas para cumplir con el propósito para el cual fueron diseñadas, la retroalimentación emitida por los usuarios resulta invaluable para medir la facilidad en el uso del producto, así como para detectar las fallas o errores en su funcionamiento.

Por último, después de realizar las pruebas en la resistencia, durabilidad y desempeño de las sillas de ruedas es pertinente realizar un seguimiento a largo plazo del funcionamiento de estos equipos con la intención de determinar las fallas típicas y/o las necesidades de mantenimiento, así como para recabar más información sobre las experiencias de los usuarios con el propósito de mejorar futuros modelos.

### 5.8.1 TABLA DE RECOMENDACIONES

Componente	Especificaciones	E	M	P	TS	TP	AP	RS
Ancho total	- Aumentar de 10 a 15cm ≤ 76cm - Mantener en el límite inferior	✓	✓			✓		✓
Apoya brazos	- Movable y/o desmontable - Ajustable en posición y altura - Pequeñas dimensiones	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Apoya pies	- Abatible - Ajustable en altura y ángulo - Separación ≥ 10 cm del suelo	✓	✓		✓		✓	✓
Asiento	- Ancho de caderas - Largo nalgas-poplíteo - Ajustable en altura y ángulo - Nivelado	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Centro de masa	- Cercano horizontalmente al eje de rotación - Por encima del eje de rotación en sentido vertical	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Chasis	- Abatible - Pequeño - Ligero	✓	✓			✓		✓
Cojín	- Ergonómico - Indeformable - Impermeable - Antiinflamable - Antideslizante	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cubierta de llantas	- Neumáticas 2" de ancho - Tipo montaña - Dibujo central alto - Alta presión	✓	✓	✓				✓
Diámetro llantas traseras	- De 24 a 26"	✓	✓	✓				
Diámetro ruedas delanteras	- De 6 a 8"	✓	✓	✓				
Distancia entre ejes	- Aumentar entre 15 y 25% más que la separación estándar	✓	✓	✓				✓
Inclinación llantas traseras	- Angulo de 6°	✓	✓	✓	✓			✓
Largo total	- Aumentar entre 15 y 25% más que la longitud estándar - Mantener en el límite inferior	✓	✓			✓		
Masa del equipo	- Mantener en el límite inferior - Menor cantidad de elementos	✓	✓	✓		✓		
Modularidad	- Llantas traseras desmontables - Llantas delanteras intercambiables - Respaldo abatible o desmontable					✓		

Componente	Especificaciones	E	M	P	TS	TP	AP	RS
Palancas de propulsión	- Abatibles y/o desmontables - Sistema de bloqueo - Perfil delgado		✓	✓				
Radio de giro	- No aumentar más de $\leq 25\%$ de la configuración estándar - Mantener en el límite inferior	✓	✓					
Respaldo	- Ancho de tórax - Alto asiento-escápula - Soporte lumbar - Ajustable en altura y ángulo - Abatible o desmontable - Agarraderas de empuje	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Rodamientos	- Alta resistencia		✓	✓				
Ruedas anti-volteo	- 1 o 2 ruedas diámetro 2" - Abatibles o desmontables	✓			✓			✓
Sistemas de sujeción	- Cinturón cadera - Cinturón tobillos - Correa pantorrillas	✓					✓	✓
Sistema de frenos	- Tijera y/o palanca - Sistema de bloqueo	✓			✓			✓
Sistema de suspensión	- Mecánico en chasis - Mecánico en llantas delanteras	✓	✓					✓
Sistema de transmisión	- Mecánica - Directa por cadena - 2 o 3 velocidades	✓	✓	✓				

Tabla 4: Tabla de Recomendaciones.  
Fuente: Elaboración Propia.

#### Abreviación de factores:

<b>E</b>	Estabilidad
<b>M</b>	Maniobrabilidad
<b>P</b>	Propulsión
<b>TS</b>	Traslado
<b>TP</b>	Transportación
<b>AP</b>	Apoyo postural
<b>RS</b>	Resistencia y Seguridad

---

## 5.9 REFLEXIONES SOBRE EL DISEÑO

- El “Diseño Universal” respeta la diversidad humana y promueve la participación de todas las personas en todas las actividades de la vida.
- El reconocimiento de la diversidad como una condición natural es el único camino para evitar la exclusión y la discriminación dentro de la pluralidad, por lo que la comprensión de la naturaleza humana es indispensable para entender la variación de las capacidades funcionales de las personas.
- El “Diseño Universal” busca estimular el desarrollo de productos y ambientes que respondan a las necesidades de una amplia gama de usuarios de acuerdo con los principios de igualdad, flexibilidad, funcionalidad, perceptibilidad, tolerancia y facilidad.
- La finalidad del “Diseño Universal” es simplificar la vida de todos haciendo que los productos, las comunicaciones y el entorno construido sean más utilizables por personas de todas las edades, tamaños y capacidades con un costo adicional mínimo o nulo.
- El conjunto de características que debe de disponer un producto, edificación o servicio para poder ser utilizado en condiciones de comodidad, seguridad, igualdad y autonomía se conoce como accesibilidad, es una serie de acciones vinculadas entre sí con el propósito de lograr un objetivo.
- La accesibilidad es una necesidad para las personas con discapacidad y una ventaja para todos los demás individuos.
- Un equipo de asistencia tecnológica todoterreno debe facilitar el acceso al mayor número de actividades posibles con la intención de ampliar el rango de participación de las personas con discapacidad.
- Los factores principales que el diseño de una silla de ruedas todoterreno propulsada por palancas debe considerar son el desempeño funcional, el apoyo postural, la eficiencia y seguridad, así como la evaluación integral de su funcionamiento.

---

## CONSIDERACIONES FINALES

Descubrir la enorme dimensión de la problemática de movilidad que las personas con discapacidad enfrentan cotidianamente, fue sin duda el mayor hallazgo alcanzado durante la realización de ésta investigación.

La discapacidad más allá de ser sólo un término para designar las condiciones de salud o limitaciones funcionales de los individuos es una compleja construcción social y cultural que busca la reivindicación y el respeto de los derechos humanos fundamentales del colectivo de las personas con discapacidad y sus familias.

En este sentido resulta muy importante hacer conciencia que la discapacidad es una condición humana presente de alguna forma en la vida de la gran mayoría de las personas, por lo que nos corresponde a todos luchar para eliminar los obstáculos que limitan la participación e impiden la igualdad de oportunidades.

El presente trabajo de tesis aporta un detallado análisis sobre una viable alternativa tecnológica comprobada en países de América Latina, África y Asia que puede modificar positivamente la calidad de vida de las personas con discapacidad motriz en México.

Ésta alternativa tecnológica expone una nueva perspectiva para el tratamiento de la problemática de movilidad de los usuarios de sillas de ruedas, que facilita y amplía el rango de desplazamiento, promueve la mejora en la condición de salud y ayuda a contrarrestar la falta de accesibilidad de los entornos rurales y urbanos característicos en nuestro país.

Se trata de una propuesta económicamente asequible sin precedentes similares en México, por lo que el impulso de su fabricación a nivel nacional podría resultar ser un proyecto sumamente exitoso y ampliamente productivo en muchos sentidos, ya que el costo de la importación de estos productos resulta prácticamente inaccesible para la gran mayoría de las personas con discapacidad en nuestro país.

Para poder conseguir el alcance máximo de este proyecto y obtener una perceptible repercusión social por medio de su aplicación, primeramente sería necesario lograr la participación tanto de instituciones públicas como de la iniciativa privada para gestionar y financiar la investigación, el desarrollo y la producción de una tecnología propia que se adapte a las necesidades particulares de la población mexicana.

Posteriormente se requeriría de la colaboración de los diferentes sectores de gobierno, las asociaciones civiles y los colectivos de personas con discapacidad, para que de manera conjunta trabajen para establecer políticas, programas de asistencia y esquemas de financiamiento público y privado que hagan posible la distribución equitativa de estos recursos de "AT" en forma eficiente y sin restricciones.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- ADA. (2010). *ADA Standards for Accesible Design*. Colorado: Americans with Disabilities Act, Department of Justice.
- Agarwal, S., & Gautam, S. (2015). Analysis and Optimization of All Terrain Wheelchair. *SAE Technical Paper*, 1-12.
- Alper, S., & Raharinirina, S. (2006). Assistive technology for Individuals with Disabilities: A Review and Synthesis of the Literature. *Journal of Special Education Technology*, 47-56.
- Ávila Chaurand, R., Prado León, L., & González Muñoz, E. (2001). *Dimensiones Antropométricas de la Población Latinoamericana*. Guadalajara: Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño.
- Barton, L. (1998). *Discapacidad y Sociedad*. Madrid: Ediciones Morata S.L.
- Baush, M. E., Mittler, J. E., Hasselbring, T. S., & Cross, D. P. (2008). *Institute of Education Sciences*. Obtenido de The Assistive Technology Act of 2004: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ842007.pdf>
- Beekman, C. E., Miller-Porter, L., & Shoneberger, M. (1999). Energy Cost of Propulsion in Standard and Ultralight Wheelchairs in People With Spinal Cord Injuries. *Physical Therapy*. vol 79 no. 2, 146-157.
- Blanco Egido, E., & Sánchez Salcedo, A. M. (2006). Enfoque de la discapacidad en los organismos internacionales. *Revista del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales* 65, 37-48.
- Charlton, J. I. (2000). *Nothing About Us Without Us: Disability Oppression and Empowerment*. Los Angeles: University of California Press.
- CNDH. (2003). *Los Derechos de las Personas con Discapacidad*. México D.F.: Comisión Nacional de los Derechos Humanos.
- CNDH. (2015). *Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad*. México D.F.: Comisión Nacional de los Derechos Humanos.
- CNDH. (15 de Enero de 2018). *Comisión Nacional de los Derechos Humanos*. Obtenido de <http://www.cndh.org.mx>
- CONADE. (2002). *Programa Nacional de Activación Física*. México D.F.: Comisión Nacional del Deporte.
- CONADIS. (2014). *Programa Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad 2014-2018*. México D.F.: Consejo Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad. Obtenido de [https://www.educacionespecial.sep.gob.mx/pdf/doctos/1Legislativos/15PROG\\_Nac\\_Desarrollo\\_Inclusion\\_Personas\\_Discapacidad.pdf](https://www.educacionespecial.sep.gob.mx/pdf/doctos/1Legislativos/15PROG_Nac_Desarrollo_Inclusion_Personas_Discapacidad.pdf)

- 
- CONADIS. (15 de Enero de 2018). *Consejo Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de Personas con Discapacidad*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conadis#2001>
- CONAFE. (2010). *Discapacidad Motriz*. México D.F.: Consejo Nacional de Fomento Educativo.
- CONAPRED. (2010). *Encuesta Nacional sobre Discriminación en México*. México D.F.: Consejo Nacional para Prevenir la Discriminación.
- CTEID. (15 de Enero de 2018). *Comité Técnico Especializado en Información de Discapacidad*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conadis/acciones-y-programas/comite-tecnico-especializado-en-informacion-sobre-discapacidad>
- Darwin, C. (1859). *El Origen de las Especies*. Cap. 5. London.
- Desroches, G., Dumas, R., Pradon, D., Vaslin, P., Lepoutre, F. X., & Chéze, L. (2009). Upper limb joint dynamics during manual wheelchair propulsion. *Clinical Biomechanics*, 299-306.
- Disabled Peoples International. (8 de Noviembre de 2017). *Disabled Peoples International*. Obtenido de <http://www.disabledpeoplesinternational.org/>
- Ebrahimi, A., Kazemi, A., & Ebrahimi, A. (2016). Wheelchair Design Influence on Physical Activity and Quality of Life Among Disabled Individuals. *Iranian Rehabilitation Journal*, 85-92.
- Egea García, C., & Sarabia Sánchez, A. (2001). *Clasificaciones de la OMS sobre Discapacidad*. Murcia: Boletín del Real Patronato sobre Discapacidad.
- Gagnon, D., Roy, A., Gabison, S., Duclos, C., Verrier, M., & Nadeau, S. (2016). Effects of seated postural stability and trunk and upper extremity strength on performance during manual wheelchair propulsion test in individuals with spinal cord injury: An exploratory study. *Rehabilitation Research and Practice*, 1-11.
- GLADNET. (5 de Diciembre de 2017). *Global Applies Disability Research and Information*. Obtenido de <http://www.gladnet.org/>
- GPDD. (13 de Noviembre de 2017). *Global Partnership for Disability and Development*. Obtenido de <http://bbi.syr.edu/gpdd/index.html>
- Hosseini, S., Oyster, M., Kirby, R., Harrington, A., & Boninger, M. (2012). Manual Wheelchair Skills Capacity Predicts Quality of Life and Community Integration in Persons with Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil* vol.93, 2237-2243.
- Hurd, W. J., Morrow, M. M., Kaufman, K. R., & An, K.-N. (2008). Biomechanic Evaluation of Upper-Extremity Symmetry During Manual Wheelchair Propulsion Over Varied Terrain. *Arch Phys Med Rehabil*. vol. 89.
- Hurd, W., Morrow, M., Kaufman, K., & An, K.-N. (2008). Influence of Varying Level Terrain on Wheelchair Propulsion Biomechanics. *American Journal Physical Medical Rehabilitation* vol. 87, 1-12.

- 
- IDA. (14 de Noviembre de 2017). *International Disability Alliance*. Obtenido de <http://www.internationaldisabilityalliance.org/>
- IMSS. (2000). *Normas para la Accesibilidad de las Personas con Discapacidad*. México D.F.: Instituto Mexicano del Seguro Social.
- INEGI. (1999). *Clasificación de Tipo de Discapacidad-Histórica*. México D.F.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2014). *La Discapacidad en México, datos al 2014*. México D.F.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- ISO. (2003). *7176-3. Wheelchairs. Part 3: Determination of the Effectiveness of Brakes*. Ginebra: International Standard Organization.
- ISO. (2007). *16840-2. Wheelchairs. Part 2: Determination of Physical and Mechanical Characteristics of Devices Intended to Manage Tissue Integrity-Seat Cushions*. Ginebra: International Standard Organization.
- ISO. (2008). *7176-5. Wheelchairs. Part 5: Determination of Overall Dimensions, Mass and Turning Space*. Ginebra: International Standard Organization.
- ISO. (2008). *7176-7. Wheelchairs. Part 7: Measurement of Seating and Wheel Dimensions*. Ginebra: International Standard Organization.
- ISO. (2014). *7176-1. Wheelchairs. Part 1: Determination of Static Stability*. Ginebra: International Standard Organization.
- ISO. (2014). *7176-8. Wheelchairs. Part 8: Requirements and Test Methods for Static, Impact and Fatigue Strengths*. Ginebra: International Standard Organization.
- IWAS. (8 de Marzo de 2018). *International Wheelchair & Amputee Sports Federation*. Obtenido de <http://iwasf.com/iwasf>
- Janssen, T., Dallmeijer, A., & Van der Woude, L. (2001). Physical capacity and race performance of handcycle users. *Journal of Rehabilitation Research and Development* Vol 38 No. 1, 1-10.
- Jobs, S. (1996). *Wired*.
- Koontz, A., & Boninger, M. (2003). Proper Propulsion. *The Interdisciplinary Journal of Rehabilitation*, 1-4.
- Lin, J.-T. (2011). Investigation of Terrain Effects on Wheelchair Propulsion and Validity of a Wheelchair Propulsion Monitor. *School of Health and Rehabilitation Science and Technology*, 1-63.
- Lin, J.-T. (2016). *The Influence of Wheelchair Mechanical Parameters and Human Physical Fitness on Propulsion Effort*. Georgia: Georgia Institute of Technology.

- 
- Mayer, F., Bilow, H., Horstmann, T., Martini, F., Niess, A., Röcker, K., & Dickhuth, H. (1999; 20). Muscular Fatigue, Maximum Strength and Stress Reactions of the Shoulder Musculature in Paraplegics. *Int J Sports Med*, 487-493.
- McLaurin, C. A. (1990). Current Directions in Wheelchair Research. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 88-99.
- Medola, F. O., Carril Elui, V. M., Santana, C. D., & Fortulan, C. A. (2014). Aspects of Manual Wheelchair Configuration Affecting Mobility: A Review. *Journal of Physical Therapy Science*. vol 26 no. 2, 313-318.
- Myers, J., Lee, M., & Kiratli, J. (2007). Cardiovascular Disease in Spinal Cord Injury: an overview of prevalence, risk, evaluation, and management. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 1-11.
- Oderud, T. (2014). Surviving spinal cord injury in low income countries. *African Journal of Disability* vol. 2, 1-9.
- OMS. (1982). *Programa de Acción Mundial para las Personas con Discapacidad*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (1983). *Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías*. Madrid: Ministerio de Asuntos Sociales.
- OMS. (1995). *Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2001). *Clasificación Internacional de Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (Octubre de 2010). *World Health Organization South-East Asia*. Obtenido de Fact sheet on wheelchairs: [http://www.searo.who.int/entity/disabilities\\_injury\\_rehabilitation/wheelchair\\_factsheet.pdf](http://www.searo.who.int/entity/disabilities_injury_rehabilitation/wheelchair_factsheet.pdf)
- OMS. (2011). *Informe mundial sobre la discapacidad*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2012). *Rehabilitación Basada en la Comunidad: Guías para la RBC*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2014). *Documentos Básicos*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- ONU. (1948). *Declaración Universal de Derechos Humanos*. Paris: Organización de Naciones Unidas.
- ONU. (2006). *Convención sobre los Derechos de las personas con Discapacidad*. Nueva York: Organización de Naciones Unidas.

- 
- ONU. (2017). *Perspectivas de la población mundial*. Nueva York: Organización de Naciones Unidas. Obtenido de <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>
- Orbaiz, C. (3 de Noviembre de 2017). *Discapacidad, Poder distinto*. Buenos Aires, Rio de la Plata, Argentina.
- Organización de Estados Americanos. (17 de Noviembre de 2017). *Organización de Estados Americanos*. Obtenido de [http://www.oas.org/es/sedi/ddse/paginas/index-4\\_declaracion.asp](http://www.oas.org/es/sedi/ddse/paginas/index-4_declaracion.asp)
- Organización de Naciones Unidas. (1994). *Normas uniformes sobre la igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad*. Nueva York: ONU.
- Organización de Naciones Unidas. (21 de Junio de 2017). *Organización de Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>
- Paquet, V., & Feathers, D. (2004). An anthropometric study of manual and powered wheelchair users. *International Journal of Industrial Ergonomics* vol.33, 191-204.
- Pothier, d., & Devlin, R. (2005). *Critical Disability Theory:Essays in Phulosophy, Politics, Policy, and Law*. Vancouver: Artegraphica Design Co. Ltd.
- Radabaugh, M. P. (1993). *Council on Disability*. Armonk N.Y.: IBM National Support Center for Persons with Disabilities.
- Rifai Sarraj, A., Massarelli, R., Rigal, F., Moussa, E., Jacob, C., Fazah, A., & Kabbara, M. (2009). Evaluation of wheelchair proptotype with non-conventional, manual propulsion. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. vol. 53, 105-117.
- Rimmer, J., Riley, E., Wang, E., Rauworth, A., & Jurkowski, J. (2006). Physical Activity Participation Amonf Persons with Disabilities: Barriers and Facilitators. *American Journal of Preventive Medicine*, 419-425.
- Rispin, K., & Wee, J. (2015). Comparison between performances of three types of manual wheelchairs often distributed in low-resource settings. *Disability and Rehabilitation Assistive Technology*, 1-7.
- Romañach, J., & Lobato, M. (18 de Enero de 2018). *Foro de vida independiente y divertad*. Obtenido de <http://forovidaindependiente.org/diversidad-funcional-nuevo-termino-para-la-lucha-por-la-dignidad-en-la-diversidad-del-ser-humano/>
- Sabick, M., Zhao, K., & An, K. (2001). A comparison of metods of compute the point of force application in handrim wheelchair propulsion: A technical note. *Journal of Rehabilitation Research and Development* Vol. 38 No. 1, 1-12.

- 
- SEDESOL. (2016). *Diagnóstico sobre la situación de las personas con discapacidad en México*. México D.f.: Secretaría de Desarrollo Social. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126572/Diagnostico\\_sobre\\_la\\_Situacion\\_de\\_las\\_Personas\\_Con\\_Discapacidad.\\_Mayo\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126572/Diagnostico_sobre_la_Situacion_de_las_Personas_Con_Discapacidad._Mayo_2016.pdf)
- Siddall, P., Taylor, D., & Cousins, M. (1997). Classification of pain following spinal cord injury. *Spinal Cord* vol.35, 69-75.
- Singla, M. (2009). *Kinetic analysis of manual wheelchair propulsion under different environmental conditions between experienced and new manual wheelchair users with spinal cord injury*. Edmonton: Faculty of Rehabilitation Medicine.
- Story, M., Mueller, J., & Mace, R. (1998). *The Universal Design File: Designing for People of All Ages and Abilities*. Raleigh: National Institute on Disability and Rehabilitation Research, U.S. Department of Education.
- Teasell, R., Arnold, M., Krassioukov, A., & Delaney, G. (2000). Cardiovascular Consequences of Loss of Supraspinal Control of the Sympathetic Nervous System After Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil* vol. 81, 506-516.
- Tortosa Latonda, L., García Molina, C., Page del Pozo, Á., & Ferreras Remesal, A. (1999). *Ergonomía y Discapacidad*. Valencia: Martín Impresores S.L.
- Van der Woude, L. H., Dallmeijer, A. J., Janssen, T. W., & Veeger, D. (2001). Alternative Modes of Manual Wheelchair Ambulation. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 765-777.
- Van der Woude, L., Botden, E., Vriend, I., & Veeger, D. (1997). Mechanical advantage in wheelchair lever propulsion: Effect on physical strain and efficiency. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. vol. 34 no.3, 286-294.
- Van der Woude, L., Veeger, H., Dallmeijer, A., Janssen, T., & Rozendaal, L. (2001). Biomechanics and physiology in active manual wheelchair propulsion. *Medical Engineering & Physics*, 713-731.
- Vanegas García, J. H., & Gil Obando, L. M. (12 de Diciembre de 2007). *La discapacidad, una mirada desde la teoría de sistemas y el modelo biopsicosocial*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co>: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-75772007000100005&lng=en&tlng=](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-75772007000100005&lng=en&tlng=).
- Veeger, D., Meershoek, L., & Van der Woude, L. (1998). Wrist motion in handrim wheelchair propulsion. *Journal of Rehabilitation Research and Development* vol.35 no. 3, 305-313.
- Victoria Maldonado, J. A. (Diciembre de 2013). *El modelo social de la discapacidad: una cuestión de derechos humanos*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co>: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0041-86332013000300008&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0041-86332013000300008&lng=es&nrm=iso)

- 
- Visagie, S., Duffield, S., & Unger, M. (2015). Exploring the impact of wheelchair design on user function in a rural South African setting. *African Journal of Disability* vol.4, 1-8.
- Visagie, S., Milambo, T., Van der Veen, J., Nhunzvi, C., Tigere, D., & Sheffler, E. (2015). Is any wheelchair better than no wheelchair? A Zimbabwean perspective. *African Journal of Disability*, 1-10.
- Walton, J. M. (2011). *The Design of a Frame for an All Terrain, Lever Propelled Wheelchair*. Boston: Massachusetts Institute of Technology.
- Wasserman, D., Asch, A., Blustein, J., & Putnam, D. (23 de Mayo de 2016). *Disability: Definitions, Models, Experience*. Obtenido de Stanford Encyclopedia of Philosophy: <https://stanford.library.sydney.edu.au/entries/disability/>
- Werner, D. (1999). *Nada Sobre Nosotros Sin Nosotros: Desarrollando tecnologías innovadoras para, por y con personas discapacitadas*. Colombia: Quebecor Impreandes.
- Wineman, M. J. (2014). Design and effects on handrim kinetics of an automatic gear-shifting wheel for manual wheelchairs. *University of Illinois at Urbana-Champaign*.
- Winter, A. G. (2013). Stakeholder and Constraint-Driven Innovation of a Novel, Lever-Propelled, All-Terrain Wheelchair. *Massachusetts Institute of Technology*, 1-8.