

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

### MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

---

**Tema:** “CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MÓVIL INFERIOR Y SU INCIDENCIA EN EL DISEÑO DE UNA SILLA DE RUEDAS”

---

Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de  
Magister en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental

**Autor:** Ingeniero Fernando Urrutia Urrutia.

**Directora:** Ingeniera Thalía Daniella San Antonio Serrano, Phd.

Ambato – Ecuador

2016

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por Ing. José Vicente Morales Lozada Mg., e integrado por los señores Ing. Victor Manuel Pérez Rodríguez Mg., Ing. Christian José Mariño Rivera Mg., Ing. Vícto Rodrigo Espín Guerrero Mg., designados por la Unidad de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: “CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MÓVIL INFERIOR Y SU INCIDENCIA EN EL DISEÑO DE UNA SILLA DE RUEDAS”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Fernando Urrutia Urrutia, para optar por el Grado Académico de Magister en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

-----  
Ing. José Vicente Morales Lozada Mg.  
Presidente del Tribunal

-----  
Ing. Victor Manuel Pérez Rodríguez Mg.  
Miembro del Tribunal

-----  
Ing. Christian José Mariño Rivera Mg.  
Miembro del Tribunal

-----  
Ing. Vícto Rodrigo Espín Guerrero Mg.  
Miembro del Tribunal

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación presentado con el tema: “CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MÓVIL INFERIOR Y SU INCIDENCIA EN EL DISEÑO DE UNA SILLA DE RUEDAS”, le corresponde exclusivamente al: Ingeniero Fernando Urrutia Urrutia, Autor bajo la Dirección de Ingeniera Thalía Daniella San Antonio Serrano, Phd., Directora del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
Ingeniero Fernando Urrutia Urrutia.

C.I.1802191633

**AUTOR**

-----  
Ingeniera Thalía Daniella San Antonio Serrano, Phd.

C.I. 1757223498

**DIRECTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

-----  
Ingeniero Fernando Urrutia Urrutia.

C.I. 1802191633

## INDICE GENERAL

### *Págs. Preliminares:*

Portada.....	i
A la Unidad Académica de Titulación.....	ii
Autoría del Trabajo de Investigación.....	iii
Derechos de autor.....	iv
Indice general.....	v
Indice de gráficos.....	ix
Indice de tablas.....	xvi
Agradecimiento.....	xx
Dedicatoria.....	xxi
Resumen ejecutivo.....	xxii
Executive summary.....	xxiii

### *Contenido:*

Introducción.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.1. Tema de investigación.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.2.1. Contextualización.....	3
1.2.2. Análisis crítico.....	7
1.2.3. Prognosis.....	9
1.2.4. Formulación del problema.....	10
1.2.5. Interrogantes.....	10
1.2.6. Delimitación del objeto de investigación.....	10
1.3. Justificación.....	11
1.4. Objetivos.....	13
1.4.1. Objetivo general:.....	13
1.4.2. Objetivos específicos:.....	13

## **CAPÍTULO II**

<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	14
2.1. Antecedentes investigativos .....	14
2.2. Fundamentación filosófica .....	17
2.3. Fundamentación legal.....	17
2.4. Fundamentación tecnológica.....	21
2.5. Categorías fundamentales.....	22
2.5.1. Constelación de ideas Variable Independiente .....	23
2.5.2. Constelación de Ideas Variable Dependiente .....	24
2.6. Antropometría para usuarios .....	25
2.6.1. Personas con discapacidad móvil inferior. ....	25
2.6.2. Ergonomía.....	31
2.6.3. Seguridad y salud en el trabajo. ....	42
2.6.4. Antropometría general. ....	85
2.7. Sillas de ruedas como puesto de trabajo.....	97
2.7.1. Alternativas.....	97
2.7.2. Planteamiento general para adaptar la silla de ruedas al usuario.....	100
2.7.3. Métodos de adaptación del puesto de trabajo. ....	105
2.7.4. Participación de los usuarios para valorar las características de la silla. ....	116
2.8. Hipótesis. ....	123
2.9. Señalamiento de variables de la hipótesis. ....	123

## **CAPÍTULO III**

<b>METODOLOGÍA</b> .....	124
3.1. Enfoque.....	124
3.2. Modalidades de la investigación. ....	124
3.3. Tipos o niveles de investigación.....	125
3.4. Población y muestra. ....	125
3.5. Operacionalización de variables.....	128
3.6. Recolección de la información. ....	131
3.7. Procesamiento y análisis de la información. ....	132

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	134
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	134
4.1. Resultados obtenidos del método MAPFRE. ....	136
4.2. Resultados obtenidos del método RULA. ....	150
4.3. Resultados obtenidos de la técnica de las Encuestas. ....	157
4.4. Verificación de la Hipótesis. ....	172
4.4.1. Planteamiento de la hipótesis. ....	172
4.4.2. Cálculo del Chi Cuadrado. ....	172
4.4.3. Nivel de significación y regla de decisión. ....	172
 <b>CAPÍTULO V</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	178
5.1. Conclusiones. ....	178
5.2. Recomendaciones. ....	181
 <b>CAPÍTULO VI</b> .....	183
<b>LA PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	183
6.1. Tema de la propuesta. ....	183
6.2. Datos informativos. ....	183
6.3. Introducción. ....	183
6.4. Justificación. ....	184
6.5. Objetivos de la propuesta. ....	184
6.5.1. Objetivo General. ....	184
6.5.2. Objetivos específicos. ....	185
6.6. Fundamentación. ....	185
6.6.1. Fundamentación legal. ....	185
6.6.2. Fundamentación teórica. ....	187
6.7. Metodología. ....	197
6.7.1. Investigación antropométrica. ....	197
6.7.2. Empleo del método de preferencia de los usuarios de la silla. ....	219
a. Identificación de los requerimientos para el producto. ....	219
b. Construcción del cuestionario de Kano. ....	220

6.7.3. Características del diseño de la silla en función de la antropometría....	226
6.7.4. Diseño mecánico del dispositivo de bipedestación .....	228
6.8. Obtención de resultados con el uso de software. ....	265
6.9. Conclusiones y recomendaciones. ....	280
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	283



## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Relación Causas –Efectos. ....	7
Gráfico N° 2. Red de inclusiones conceptuales. ....	22
Gráfico N° 3.Constelación de Ideas Variable Independiente.....	23
Gráfico N° 4.Constelación de Ideas Variable Dependiente. ....	24
Gráfico N° 5. Ergonomía y discapacidad.....	41
Gráfico N° 6. Posiciones del brazo. ....	48
Gráfico N° 7. Posiciones que modifican la puntuación del brazo.....	49
Gráfico N° 8.Posiciones del antebrazo. ....	50
Gráfico N° 9. Posiciones que modifican la puntuación del antebrazo. ....	51
Gráfico N° 10.Posiciones de la muñeca. ....	52
Gráfico N° 11.Desviación de la muñeca. ....	53
Gráfico N° 12.Giro de la muñeca.....	53
Gráfico N° 13.-Puntuación del cuello. ....	54
Gráfico N° 14.Inclinación lateral o rotación. ....	55
Gráfico N° 15.Puntuación del tronco. ....	55
Gráfico N° 16.Puntuación del tronco. ....	56
Gráfico N° 17.Análisis del brazo, antebrazo y muñeca. ....	60
Gráfico N° 18.Análisis del cuello, tronco y pierna. ....	60
Gráfico N° 19.Puntuación final.....	61
Gráfico N° 20.Flujo de obtención de puntuaciones en el método RULA.....	63
Gráfico N° 21.Valoración en función de metabolismo.....	73
Gráfico N° 22.Medidas antropométricas estáticas .....	87
Gráfico N° 23.Dimensiones antropométricas relevantes (de pie).....	90
Gráfico N° 24.Dimensiones antropométricas relevantes (sentado). ....	90
Gráfico N° 25.VARIABLES antropométricas (1). ....	92
Gráfico N° 26.VARIABLES antropométricas (2). ....	93
Gráfico N° 27.-Cinta antropométrica.....	94
Gráfico N° 28.-Plicómetro. ....	94
Gráfico N° 29.Segmómetro.....	95
Gráfico N° 30.Banco antropométrico. ....	95

Gráfico N° 31. Báscula. ....	95
Gráfico N° 32. Antropómetro. ....	96
Gráfico N° 33. Gran compás. ....	96
Gráfico N° 34. Adaptación del trabajo al empleado. ....	99
Gráfico N° 35. Comparación entre capacidades y demandas para adaptar el puesto de trabajo al usuario. ....	101
Gráfico N° 36. Posturas forzadas. ....	104
Gráfico N° 37. Método ErgoDis/IBV. ....	107
Gráfico N° 38. Análisis del trabajo. ....	110
Gráfico N° 39. Demandas. ....	110
Gráfico N° 40. Demandas. ....	111
Gráfico N° 41. Barreras Arquitectónicas. ....	112
Gráfico N° 42. Análisis del sujeto. ....	113
Gráfico N° 43. Capacidades del sujeto. ....	114
Gráfico N° 44. Tolerancias al entorno y dimensiones. ....	115
Gráfico N° 45. Opinión del sujeto. ....	116
Gráfico N° 46. Descripción del Método de Kano para evaluar las preferencias del usuario. ....	119
Gráfico N° 47. Puestos de trabajo. ....	139
Gráfico N° 48. Puestos de trabajo. ....	139
Gráfico N° 49. Carga física estática postural. ....	140
Gráfico N° 50. Carga física estática postural. ....	140
Gráfico N° 51. Levantamiento de cargas. ....	141
Gráfico N° 52. Levantamiento de cargas. ....	141
Gráfico N° 53. Posturas y movimientos. ....	142
Gráfico N° 54. Posturas y movimientos. ....	142
Gráfico N° 55. Riesgo de accidente. ....	143
Gráfico N° 56. Riesgo de accidente. ....	143
Gráfico N° 57. Turnos y horarios. ....	144
Gráfico N° 58. Turnos y horarios. ....	144
Gráfico N° 59. Carga mental. ....	145
Gráfico N° 60. Carga mental. ....	145

Gráfico N° 61. Carga sensorial. ....	146
Gráfico N° 62. Carga sensorial. ....	146
Gráfico N° 63. Relaciones sociales. ....	147
Gráfico N° 64. Relaciones sociales. ....	147
Gráfico N° 65. Autonomía y toma de decisiones. ....	148
Gráfico N° 66. Autonomía y toma de decisiones. ....	148
Gráfico N° 67. Repetitividad del trabajo. ....	149
Gráfico N° 68. Repetitividad del trabajo. ....	149
Gráfico N° 69. Representación del nivel de riesgo. ....	155
Gráfico N° 70. Diagrama de Sectores. ....	156
Gráfico N° 71. Disponibilidad de espacio. ....	162
Gráfico N° 72. Disponibilidad de espacio. ....	162
Gráfico N° 73. Ángulo de inclinación de brazos. ....	163
Gráfico N° 74. Ángulo de inclinación. ....	163
Gráfico N° 75. Elevación de cargas pesadas. ....	164
Gráfico N° 76. Elevación de cargas pesadas. ....	164
Gráfico N° 77. Ubicación de los objetos en su área. ....	165
Gráfico N° 78. Ubicación de los objetos en. ....	165
Gráfico N° 79. Ángulo de elevación de la muñeca. ....	166
Gráfico N° 80. Ángulo de elevación de la. ....	166
Gráfico N° 81. Discriminación por discapacidad. ....	167
Gráfico N° 82. Discriminación por discapacidad. ....	167
Gráfico N° 83. Movimientos y cambios de postura. ....	168
Gráfico N° 84. Movimientos y cambios. ....	168
Gráfico N° 85. Esfuerzo para actividades. ....	169
Gráfico N° 86. Esfuerzo para actividades. ....	169
Gráfico N° 87. Inclinaciones del trono. ....	170
Gráfico N° 88. Inclinaciones del trono. ....	170
Gráfico N° 89. Concentración y eficiencia. ....	171
Gráfico N° 90. Concentración y eficiencia. ....	171
Gráfico N° 91.- Tabla de distribución Chi Cuadrado X <sup>2</sup> . ....	176
Gráfico N° 92. Tabla de distribución Chi Cuadrado X <sup>2</sup> . ....	176

Gráfico N° 93. Áreas de aceptación y rechazo según la prueba Chi cuadrado...	177
Gráfico N° 94. Biomecanica de la Bipedestación.....	188
Gráfico N° 95. Esquema de fuerzas y momentos en el codo.....	189
Gráfico N° 96. Segmentos del modelo.....	190
Gráfico N° 97. Segmentación del cuerpo.....	190
Gráfico N° 98. Ficha de adquisición de las medidas relevantes y su nomenclatura.....	200
Gráfico N° 99. Equipo estándar de la FISEI-UTA con que se realizaron algunas medidas antropométricas.....	204
Gráfico N° 100. Evidencia fotográfica de las labores del equipo de medición conformado por profesores de las carreras de Terapia Física e Ingeniería Industrial de la UTA.....	205
Gráfico N° 101. Hoja d cálculo con el análisis estadístico de los valores del ancho de cadera.....	207
Gráfico N° 102. Extractos de la tabla de distribución normal generalizada.....	210
Gráfico N° 103. Distribución Normal para el valor antropométrico: Ancho de caderas.....	212
Gráfico N° 104. Distribución Normal para el valor antropométrico: Altura poplítea.....	212
Gráfico N° 105. Distribución Normal para el valor antropométrico: Distancia sacro-poplínea.....	213
Gráfico N° 106. Distribución Normal para el valor antropométrico: Altura hombro- asiento.....	213
Gráfico N° 107. Distribución Normal para el valor antropométrico: Anchura de hombros.....	214
Gráfico N° 108. Distribución Normal para el valor antropométrico: Altura codo- asiento.....	214
Gráfico N° 109. Distribución Normal para el valor antropométrico: Altura subescapular.....	215
Gráfico N° 110. Distribución Normal para el valor antropométrico: Profundidad de pecho.....	215
Gráfico N° 111. Distribución Normal para el valor antropométrico:	

Longitud de pies.....	216
Gráfico N° 112. Distribución Normal para el valor antropométrico: Anchura de rodilla.....	216
Gráfico N° 113. Distribución normal para el valor antropométrico: Anchura de pantorrilla.....	217
Gráfico N° 114.Distribución normal para el valor antropométrico: Altura iliocrestal.....	217
Gráfico N° 115.Distribución normal para el valor antropométrico: Estatura. ....	218
Gráfico N° 116. Distribución normal para el valor antropométrico: Peso.....	218
Gráfico N° 117.Portada de presentación de la entrevista.....	220
Gráfico N° 118.Preguntas relacionadas al requerimiento 1. Capacidad de bipedestación. ....	221
Gráfico N° 119.Página de respuesta 1 de la entrevista. ....	221
Gráfico N° 120. Página de repuestas 2 de la entrevista. Tabla de respuesta para las preguntas de los requerimientos. ....	222
Gráfico N° 121. Imágenes de las entrevistas y mediciones realizadas. ....	223
Gráfico N° 122. Pantallas del programa informático.....	224
Gráfico N° 123.Parámetros de diseño seleccionados. ....	228
Gráfico N° 124. Mecanismo bipedestador. (a) asiento horizontal, (b) asiento vertical.....	229
Gráfico N° 125. Síntesis del mecanismo bipedestador en 2D. ....	229
Gráfico N° 126. Síntesis gráfica de 3 posiciones con pivotes fijos.....	230
Gráfico N° 127.Mecanismo resultante de la síntesis gráfica (Paralelogramo).....	230
Gráfico N° 128. Representación plana del mecanismo bipedestador + cilindro actuador. (a) posición final. (b) posición inicial.....	231
Gráfico N° 129.Diagrama cinemático mecanismo actuador.....	232
Gráfico N° 130. Lazo vectorial de la parte actuadora.....	235
Gráfico N° 131. Diagrama cinemático del mecanismo bipedestador de paralelogramo.....	241
Gráfico N° 132. Lazo cerrado de vectores posición del eslabonamiento. ....	241
Gráfico N° 133.Segmentación del cuerpo para centros de gravedad.....	246
Gráfico N° 134. Estructura del mecanismo de bipedestación.....	248

Gráfico N° 135. Cargas y ángulos por segmentos del cuerpo. ....	249
Gráfico N° 136. Cargas en el antebrazo.....	249
Gráfico N° 137. Cargas en el brazo. ....	250
Gráfico N° 138. Cargas en el tronco. ....	251
Gráfico N° 139. Cargas en el muslo. ....	252
Gráfico N° 140. Cargas en la pantorrilla.....	253
Gráfico N° 141. Cargas en el pie. ....	254
Gráfico N° 142. Fuerzas y momentos en el eslabón 2. ....	256
Gráfico N° 143. Fuerzas y momentos en el eslabón 3. ....	257
Gráfico N° 144. Fuerzas y momentos en el eslabón 4. ....	258
Gráfico N° 145. Uniones entre eslabones. ....	260
Gráfico N° 146. Esfuerzo cortante en pasadores. ....	261
Gráfico N° 147. Direcciones de las Fuerzas ejercidas en las uniones. ....	261
Gráfico N° 148. Fallas en las paredes del tubo rectangular con el pasador. ....	262
Gráfico N° 149. Sección del perfil tubular rectangular. ....	264
Gráfico N° 150. Interfaz de usuario del software para la obtención de resultados.....	265
Gráfico N° 151. Ingreso de datos del actuador con sus unidades correspondientes.....	266
Gráfico N° 152. Ingreso de datos para análisis cinemático del paralelogramo. .	266
Gráfico N° 153. Diagrama de datos cinemáticos. ....	267
Gráfico N° 154. Ingreso de datos de biomecánica y centros de gravedad. ....	267
Gráfico N° 155. a) Ingreso de datos de dimensiones de la estructura	
b) Diagrama de dimensiones de la estructura. ....	268
Gráfico N° 156. Ingreso de datos para el análisis de cargas dinámicas.....	268
Gráfico N° 157. Obtención de datos (masa y momentos de inercia de masa) mediante SolidWorks.....	269
Gráfico N° 158. a) Resultados hidráulicos y geométricos del actuador	
b) Diagrama de ubicación del actuador.....	270
Gráfico N° 159. Resultados cinemáticos del actuador en forma tabular. ....	270
Gráfico N° 160. Diagrama de variables cinemáticas. ....	272
Gráfico N° 161. Graficas de resultados del análisis cinemático de posición.....	273

Gráfico N° 162. Graficas de resultados del análisis cinemático de velocidad....	274
Gráfico N° 163. Graficas de resultados del análisis cinemático de aceleración.	274
Gráfico N° 164. Tabla de resultados de biomecánica y centros de gravedad. ....	275
Gráfico N° 165. a) Trayectoria del centro de gravedad del cuerpo humano, b) Trayectoria del centro de gravedad de la estructura, c) Variación de la carga en el asiento en función de la posición, d) Variación de la carga en el apoyapiés en función de la posición. ....	276
Gráfico N° 166. Tabla de resultados del análisis de cargas cinéticas (dinámicas).....	277
Gráfico N° 167. Gráficas de resultados del análisis de cargas cinéticas (dinámica). ....	278
Gráfico N° 168. Resultados del análisis de esfuerzos.....	279

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.- Clasificación de las discapacidades. ....	25
Tabla N° 2.-Clasificación de la discapacidad física.....	26
Tabla N° 3.-Puntuación del brazo. ....	49
Tabla N° 4.- Modificaciones sobre la puntuación del brazo.....	50
Tabla N° 5.-Puntuación del antebrazo. ....	51
Tabla N° 6.- Modificación de la puntuación del antebrazo. ....	51
Tabla N° 7.-Puntuación de la muñeca.....	52
Tabla N° 8.-Modificación de la puntuación de la muñeca.....	53
Tabla N° 9.-Puntuación del giro de la muñeca. ....	54
Tabla N° 10.-Puntuación del giro del cuello.....	54
Tabla N° 11.- Modificación de la puntuación del cuello. ....	55
Tabla N° 12.-Puntuación del tronco.....	56
Tabla N° 13.-Modificación de la puntuación del tronco.....	56
Tabla N° 14.-Puntuación global para los miembros del grupo A. ....	57
Tabla N° 15.-Puntuación global para los miembros del grupo B. ....	58
Tabla N° 16.-Puntuación global para los miembros del grupo B. ....	59
Tabla N° 17.-Puntuación Final.....	59
Tabla N° 18.-Niveles de actuación según la puntuación final obtenida. ....	62
Tabla N° 19.-Puntuaciones referentes al puesto de trabajo. ....	65
Tabla N° 20.-Carga física estática en función de la postura. ....	67
Tabla N° 21.-Carga física estática en función de la postura. ....	68
Tabla N° 22.-Puntuación para el levantamiento de cargas. ....	68
Tabla N° 23.-Valoración de postura. ....	69
Tabla N° 24.-Puntuación en función del trabajo.....	70
Tabla N° 25.-Valoración en función de metabolismo.....	71
Tabla N° 26.-Criterios de evaluación.....	74
Tabla N° 27.-Valorización de autonomía operacional.....	75
Tabla N° 28.-Ciclo de trabajo. ....	77
Tabla N° 29.-Criterio de evaluación de monotonía y repetitividad. ....	77
Tabla N° 30.-Criterio de evaluación de monotonía y repetitividad. ....	78



Tabla N° 31.-Asignación de valores de trabajo. ....	79
Tabla N° 32.-Horarios y pausas. ....	79
Tabla N° 33.-Valoración de riesgo de accidente.....	81
Tabla N° 34.-Ponderación del riesgo químico. ....	81
Tabla N° 35.-Valoración de la exposición laboral. ....	82
Tabla N° 36.-Ponderación del ambiente térmico. ....	83
Tabla N° 37.-Valorización del nivel de iluminación. ....	84
Tabla N° 38.-Criterios de valoración de los niveles de radiación.....	85
Tabla N° 39.-Variables Antropométricas.....	89
Tabla N° 40.-Variables Antropométricas.....	91
Tabla N° 41.- Tabla de elección del nivel de confianza. ....	126
Tabla N° 42. Tabla de elección del nivel de confianza.....	126
Tabla N° 43.-Operacionalización de la variable independiente.....	128
Tabla N° 44.- Operacionalización de la variable dependiente.....	129
Tabla N° 45.- Recolección de la información.....	131
Tabla N° 46.- Datos individuales de la persona observada #3.....	137
Tabla N° 47.- Niveles de riesgo MAPFRE. ....	138
Tabla N° 48.-Resumen de las valoraciones obtenidas con MAPFRE. ....	138
Tabla N° 49.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo puesto de trabajo. ....	139
Tabla N° 50.- Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado a la carga física estática postural. ....	140
Tabla N° 51.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado con el levantamiento de cargas. ....	141
Tabla N° 52. Tabla de distribución de frecuencia del riesgo asociad con posturas y movimientos.....	142
Tabla N° 53.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado a los accidentes.....	143
Tabla N° 54.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado con turnos y horarios.....	144
Tabla N° 55.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado con la carga mental.....	145

Tabla N° 56.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado a la carga sensorial. ....	146
Tabla N° 57.- Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado con las relaciones sociales.....	147
Tabla N° 58.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado con la autonomía y toma de decisiones.....	148
Tabla N° 59.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado con la repetitividad del trabajo.....	149
Tabla N° 60.-Matriz de procesamiento del método RULA. Grupo A. ....	151
Tabla N° 61.- Matriz de procesamiento del método RULA. Grupo B. ....	152
Tabla N° 62.- Tabla de puntuaciones para corrección por la actividad muscular desarrollada y la fuerza aplicada. ....	152
Tabla N° 63.- Tabla de sumatorias procedimiento A y B.....	153
Tabla N° 64.- Matriz de procesamiento del método RULA valores C y D. ....	153
Tabla N° 65.- Resumen de las valoraciones obtenidas con RULA.....	154
Tabla N° 66.- Análisis de frecuencias por puntuaciones de riesgo según RULA.....	155
Tabla N° 67.- Matriz de sistematización resumida para las encuestas. ....	161
Tabla N° 68.- Tabla de distribución de frecuencia de la disponibilidad de espacio.....	162
Tabla N° 69.- Tabla de distribución de frecuencia del ángulo de inclinación de brazos.....	163
Tabla N° 70.- Tabla de distribución de frecuencia de la elevación de cargas pesadas. ....	164
Tabla N° 71.- Tabla de distribución de frecuencia de la ubicación de los objetos en su área.....	165
Tabla N° 72.- Tabla de distribución de frecuencia del ángulo de elevación de la muñeca. ....	166
Tabla N° 73.- Tabla de distribución de frecuencia de la discriminación por discapacidad.....	167
Tabla N° 74.- Tabla de distribución de frecuencia de movimientos y cambios de postura.....	168

Tabla N° 75.- Tabla de distribución de frecuencia de esfuerzo para para actividades.....	169
Tabla N° 76.- Tabla de distribución de frecuencia de las inclinaciones del trono. ....	170
Tabla N° 77.- Tabla de distribución de frecuencia de la concentración y eficiencia. ....	171
Tabla N° 78.- Matriz de sistematización solo con las categorías seleccionadas.	173
Tabla N° 79.- Matriz de resumen por existencia de riesgo y . categorías seleccionadas.....	174
Tabla N° 80.- Matriz de frecuencias observadas. ....	174
Tabla N° 81.- Matriz de frecuencias esperadas.....	174
Tabla N° 82.- Parámetros inerciales determinados por Dempster y Clauser & Drillis y Contini. ....	191
Tabla N° 83.- Datos de las 42 personas seleccionadas para el estudio.....	198
Tabla N° 84.- Carta de medidas antropométricas de los 22 usuarios de sillas de ruedas que conforman la muestra.....	206
Tabla N° 85.- Hoja de cálculo con el análisis estadístico de los valores del ancho de cadera. ....	209
Tabla N° 86. Síntesis de resultados.....	225
Tabla N° 87.- Valores de los parámetros de diseño acorde al estudio antropométrico realizado.....	227
Tabla N° 88.- Alternativas de bombas hidráulicas. ....	233
Tabla N° 89.- Alternativas de cilindros actuadores. ....	234
Tabla N° 90.- Determinación de centros de gravedad por segmentos. ....	247
Tabla N° 91.-Representación de las variables cinemáticas y sus unidades. ....	271

## **AGRADECIMIENTO**

*“El principio de la Sabiduría es Dios” Salmo 111.*

*“Ofrece a Dios un sacrificio de alabanza,*

*cumple tus votos al Altísimo*

*e invócame el día del peligro:*

*yo te libraré, y tú me darás gloria” Salmo 49.*

*A mi Misericordioso Padre, Yavé.*

## **DEDICATORIA**

*A mi amada esposa Ruth Elizabeth, brillante de pensamiento y con el corazón en la mano valoro inefable su mágico amor.*

*A mis Padres: Manuel Mauro y Elsa Piedad, tejedores de sueños y hacedores de realidades. Testimonios de y acrisolada honradez: "lo que sembraron con lágrimas, cosechen entre cantares"*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL / DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL**

**TEMA:** “CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MÓVIL INFERIOR Y SU INCIDENCIA EN EL DISEÑO DE UNA SILLA DE RUEDAS”

**AUTOR:** Ing. Fernando Urrutia Urrutia.

**DIRECTOR:** Ing. Thalía San Antonio PhD.

**FECHA:** 27 de octubre de 2016.

**RESUMEN EJECUTIVO**

La presente investigación se realizó en la provincia de Tungurahua. Como parte de un proyecto que procura implementar criterios de ergonomía en el diseño de equipos de asistencia a personas con discapacidad móvil inferior. Se pretende inferenciar los resultados hacia la población de personas que utilizan silla de ruedas a través del estudio estadístico, ergonómico, y de satisfacción de necesidades de 22 usuarios que constituyen la muestra estadística, quienes conforman dicho grupo representativo deben tener en común: ser usuarios de silla de ruedas para realizar sus quehaceres domésticos y sus tareas laborales diarias, haber adquirido su condición de persona con discapacidad después de la madurez física, tener entre 18 y 65 años de edad y residir en Tungurahua. Se efectúan tres etapas: la primera que es una evaluación de riesgos en personas que utilizan silla de ruedas como parte de su puesto de trabajo, aquí mediante el uso de las metodologías RULA, MAPFRE y la aplicación de una encuesta, se determina que los usuarios están sometidos a excesivos niveles de carga postural que depende de la postura adoptada, la duración y frecuencia de las cargas, el tipo de actividad desarrolladas y las demandas psíquicas y sensoriales. Una segunda parte determina los requerimientos y necesidades solicitados por los usuarios a través de la implementación del método de Kano, que se efectúa mediante la aplicación de un cuestionario de preguntas funcionales, disfuncionales y de valoración de importancia para cada requerimiento; esta segunda parte se complementa con un estudio ergonómico de medidas antropométricas de los usuarios que se concreta en la obtención de la carta de medidas antropométricas que se adaptan como medidas de diseño de una silla de ruedas propuesta como solución. La última parte describe el diseño mecánico del mecanismo verticalizador del bipedestador a través de un estudio de una síntesis por paralelogramo.

**Descriptor:** ergonomía, discapacidad móvil inferior, riesgos, satisfacción de necesidades y requerimientos, posturas inadecuadas, movimientos repetitivos, antropometría, adaptación de puestos de trabajo, diseño mecánico, bipedestador.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL / DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL**

**THEME:** “ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS OF PERSONS WITH MOBILE LOWER DISABILITY AND ITS IMPACT ON THE DESIGN OF A WHEELCHAIR”

**AUTHOR:** Ing. Fernando Urrutia Urrutia.

**DIRECTED BY:** Ing. Thalía San Antonio PhD.

**DATE:** 27 de octubre de 2016.

**EXECUTIVE SUMMARY**

This research was elaborated in the province of Tungurahua. As part of a project to implement ergonomics standards in the design of equipment assistance to people with disabilities moving lower.

It is intended to project the results to the population of people using wheelchairs through statistical, ergonomic study, and satisfaction of needs of a sample of 22 users comprising the sample, who make up the sample must be common: being users wheelchair to perform their chores and daily work tasks, having acquired their status disabled person after physical maturity, be between 18 and 65 years of age and reside in Tungurahua. Three stages is carried out: the first is a risk assessment in people who use wheelchairs as part of your job, here by using the RULA, MAPFRE methodologies and the application of a survey, it is determined that users are subjected to excessive levels of postural load depends on the position taken, the duration and frequency of loads, type of activity and developed mental and sensory demands. A second part determines the requirements and needs requested by users through the implementation of the method of Kano, which is performed by applying a questionnaire functional, dysfunctional and valuation questions relevant to each requirement; This second part is complemented by an ergonomic study of anthropometric measures it materializes users in obtaining the letter of anthropometric measures that adapt as design measures a wheelchair proposed as a solution .The last part describes the mechanical design of the Upright stander mechanism through a synthesis study of a parallelogram.

**Keywords:** ergonomics, lower mobile disability, risks, satisfaction of needs and requirements, awkward postures, repetitive movements, anthropometry, adaptation of jobs, mechanical design, stander.

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación tiene como tema: “Características antropométricas de personas con discapacidad móvil inferior y su incidencia en el diseño de una silla de ruedas”. Su importancia radica en la necesidad de realizar un análisis de riesgos en las personas usuarias de sillas de ruedas, el mismo que servirá como base para efectuar un estudio antropométrico, y un estudio de necesidades-requerimientos para desarrollar el diseño de un bipedestador que satisfaga condiciones de ergonomía y funcionalidad.

Está estructurado por capítulos: El capítulo I El Problema comprende la contextualización donde se conoce la deficiente implementación de características ergonómicas en las ayudas técnicas para pacientes que sufren de discapacidad móvil inferior en nuestro medio. Se realiza un análisis causa-efecto: las sillas de ruedas que no consideran la antropometría local y con características mecánicas obsoletas, obligan a sus usuarios a altos riesgos físicos-ergonómicos. Causando molestias, dolores, enfermedades y accidentes laborales. Se justifica la investigación explicando su importancia, impacto, innovación y factibilidad para plantear los objetivos: a) general, determinar de la incidencia de las medidas antropométricas en el diseño de una silla de ruedas y, b) específicos, proponer una solución factible, diseño de un bipedestador que satisfaga condiciones ergonómicas, antropométricas y de necesidades de los usuarios.

El capítulo II Marco Teórico contiene los antecedentes investigativos de: antropometría para el planteamiento de nuevos productos, y diseño de puestos de trabajo para personas con discapacidades. La fundamentación filosófica es crítico-propositiva. La fundamentación legal se sustenta en la Constitución Política de la república del Ecuador, la Ley Orgánica de Discapacidades, la Decisión 584, el Código del trabajo, etc. La red de inclusiones conceptuales contiene los temas del marco teórico: seguridad y salud ocupacional, análisis de riesgos físicos, con énfasis en los ergonómicos: métodos RULA, MAPFRE. Antropometría, diseño de puestos de trabajo para personas con discapacidad móvil inferior. El método de



determinación de requerimientos de los usuarios Kano. Al final del capítulo se describe la hipótesis, y las variables dependiente e independiente.

En el capítulo III La Metodología, para la modalidad de la investigación se describe como de campo, bibliográfico-documental y de modalidad especial. El nivel de la investigación es de correlación de variables. Se realiza la investigación en Tungurahua donde las personas con discapacidad física son 4.233; las personas con discapacidad móvil inferior son 428 como población y la correspondiente muestra son 22 usuarios de sillas de ruedas. Las técnicas para recolectar y tratar los datos son: la encuesta, la observación, la observación-medición, el análisis estadístico y, la encuesta.

El capítulo IV, Análisis e Interpretación de Resultados contiene la explicación, obtención, análisis e interpretación de los datos obtenidos por los métodos RULA; MAPFRE y Encuestas. Se describen tablas de distribución de frecuencias y sus representaciones gráficas. Se valida la hipótesis a través del método del Chi Cuadrado con su nivel de significación y regla de decisión.

El Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones comprende un resumen de los resultados: las personas con discapacidad móvil inferior están expuestas a altos riesgos de accidentes por posturas forzadas, movimientos repetitivos y levantamiento de cargas. Al considerar la silla de ruedas como, parte de un puesto de trabajo, presenta un alto riesgo de accidentes y enfermedades por no tener ningún diseño ergonómico. Los usuarios presentan un alto grado de insatisfacción al utilizar un producto que no contempla sus requerimientos.

En el Capítulo VI La Propuesta se realiza un estudio antropométrico de los usuarios de sillas de ruedas para adaptarlo como medidas de longitud de la silla de ruedas de bipedestación. Se complementa con un estudio y aplicación de la metodología de Kano para incorporar necesidades manifestados por los usuarios en el diseño de la silla de ruedas. Al final se propone un diseño mecánico que contempla una síntesis gráfica básica de paralelogramo, un estudio cinemático, un análisis biomecánico de centros de gravedad, un análisis dinámico de fuerzas y momentos y un análisis de esfuerzos.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN**

Características antropométricas de personas con discapacidad móvil inferior y su incidencia en el diseño de una silla de ruedas.

### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1. Contextualización**

##### **Contextualización macro**

La ciencia y la tecnología han dado pasos gigantescos en la vida de la civilización para poder proveer de soluciones a múltiples problemas con los cuales el hombre se ha encontrado a través de su existencia; sin embargo, también es verdad que no todos los grupos sociales se han podido beneficiar de éstas soluciones. Uno de aquellos grupos son las personas con discapacidad; se hace más evidente la desventaja que tienen estas personas cuando se analiza su realidad en países donde el subdesarrollo, la pobreza, la falta de incentivos, mismos que van acompañados de una economía baja: influyen negativamente para ayudarlos a mejorar su modo de vida.

Se estima que más de mil millones de personas viven con algún tipo de discapacidad. Esta cifra equivale alrededor del 15% de la población mundial (Fernández, 2012), lo cual conlleva a pensar que es un porcentaje considerable para realizar estudios, análisis e investigaciones que permitan solucionar las necesidades de personas con algún tipo de discapacidad.

La disponibilidad de equipos que cubran la mayor parte de necesidades de quienes los usan, y la capacidad para adquirirlos, enfrenta diferentes realidades contextuales en el grupo de personas con discapacidad, mismas que dependen del marco económico regional donde exista la necesidad, de su desarrollo e implementación. Es así que en los países cuyo desarrollo tecnológico científico siempre ha estado a la vanguardia, Estados Unidos, Canadá y casi todas las naciones europeas las soluciones técnicas para ayudar a mejorar el nivel de vida de las personas con discapacidad son muy variadas: andadores de marchas, ortesis, prótesis, almohadones, bastones, muletas, trípodes, bipedestadores, grúas, ofertan una amplia gama de aparatos o equipos que ayudan a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad. Todas las ayudas técnicas se sustentan en estudios científicos que han demandado gran cantidad de horas de trabajo, algunos de estos equipos toman como un factor indispensable el considerar las características ergonómicas para reducir significativamente los fallos en el proceso de diseño de tales dispositivos, y entonces poder ofrecer al consumidor una mejor satisfacción a sus necesidades (DANE, 2005).

La ergonomía en todos los ámbitos del quehacer humano se ha vuelto actualmente, en factor necesario a la hora de proponer un diseño que será usado por el ser humano.

### **Contextualización meso.**

Dentro del contexto meso se encuentra que las naciones americanas, en donde los estudios sobre discapacidades y ergonomía están en auge pero sin todos los alcances logrados por las naciones industrializadas. En países como México, Chile, Argentina, Brasil el estudio de la ergonomía relacionada con la discapacidad está en desarrollo. En estos países el análisis de diseño, la implementación, el estudio, evaluación y desarrollo de equipos, accesorios, instrumentos, estaciones de trabajo, lugares de desplazamiento, sitios de movimiento, rótulos, accesos y otros elementos que relacionan ergonomía y discapacidad están siendo adaptados al contexto latinoamericano, su realidad y su economía, como ejemplos se pueden

observar algunos datos obtenidos en dichos estudios: el Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía de México informa que en su publicación *Visión Censal para Personas con Discapacidades* realizada en el año 2004, se tiene un 53% de discapacidad motriz. En la investigación *Registro para la Localización y Caracterización para la Población con Discapacidades* del año 2005 se calcula que el 12% de la población posee algún tipo de discapacidad física (DANE, 2005).

En la actualidad la investigación, en los campos de la rehabilitación de personas con discapacidades motrices, promueve el desarrollo de ayudas para la movilidad basadas en soluciones tecnológicas avanzadas con origen en la robótica y la automatización electrónica (Oñate, 2010), este criterio emitido por el investigador Cárdenas M. A. y que es citado por Nelson Aros Oñate coinciden en apuntalar la serie de trabajos que se están desarrollando en las naciones de Centro y Sudamérica para incrementar las soluciones que ayuden a las personas que tiene problemas derivados del uso de ayudas de movilidad obsoleta.

Las investigaciones pretenden dentro de su desarrollo solucionar algunos de los problemas que conllevan la imposibilidad del movimiento de la parte inferior del cuerpo en las personas con discapacidades. A través del diseño de equipos que satisfagan la mayor cantidad de requerimientos de tipo ergonómico en los usuarios.

### **Contextualización micro.**

En Ecuador, como una política de Estado y auspiciada por la Vicepresidencia de la República se lleva adelante desde hace seis años aproximadamente un proceso de inclusión social para personas con discapacidad, el mismo que contempla un censo de las personas con discapacidad, sus necesidades, ubicación geográfica, atención, capacitación y planes de reinserción a la vida laboral, social, cultural, familiar y económica, con miras a mejorar su calidad de vida. Este proceso, que se constituye como pionero en Sudamérica, implica tener que resolver varios problemas de índole: familiar, psicosocial, médico, físico, laboral; éste último el laboral, a su vez conlleva a analizar aspectos como: espacios de trabajo, lugares de

tránsito, mobiliario, equipos de locomoción, y entre éstos encontramos sillas de ruedas y bipedestadores estáticos y dinámicos. A través de la misión solidaria Manuela Espejo, el Gobierno identificó a 1608334 personas con algún tipo de discapacidad en el país, según informa la Vicepresidencia de la República, que lidera el programa de identificación y apoyo para este grupo social vulnerable (CONADIS, 2013).

El 13,2% del total de la población del Ecuador son personas con algún tipo de discapacidad y el 4,89% son personas con discapacidad por deficiencias físicas. Más específicamente, en la provincia de Tungurahua están registradas 4.244 personas con discapacidad física (CONADIS, 2013).

Cuando existe una discapacidad física, comúnmente la persona afectada presenta desventajas que imposibilita o limita su desempeño motriz y/o móvil al relacionarse como partes que provocan la discapacidad brazos o piernas; por lo que se requiere la ayuda de otras personas para realizar las actividades de la vida diaria.

Entre las deficiencias físicas más comunes se encuentran las relacionadas con las extremidades inferiores, éstas pueden tener diversas causas como lesiones medulares o traumatismos craneoencefálicos producto de accidentes automovilísticos, caídas o heridas con armas de fuego, como también pueden ser causadas por enfermedades músculo-esqueléticas, óseo-articulares, neurodegenerativas, cerebro vasculares entre otros.

En los casos en los que existe un déficit total o parcial de control del tronco y de las extremidades inferiores que impiden al individuo realizar la maniobra de ponerse y mantenerse de pie, éste tiende a permanecer excesivos periodos de tiempo sentado en sillas de ruedas o acostado. Causando una serie de trastornos asociados a la posición y a la falta de actividad (Herrera, 2012).

### 1.2.2. Análisis crítico

Árbol de Problemas

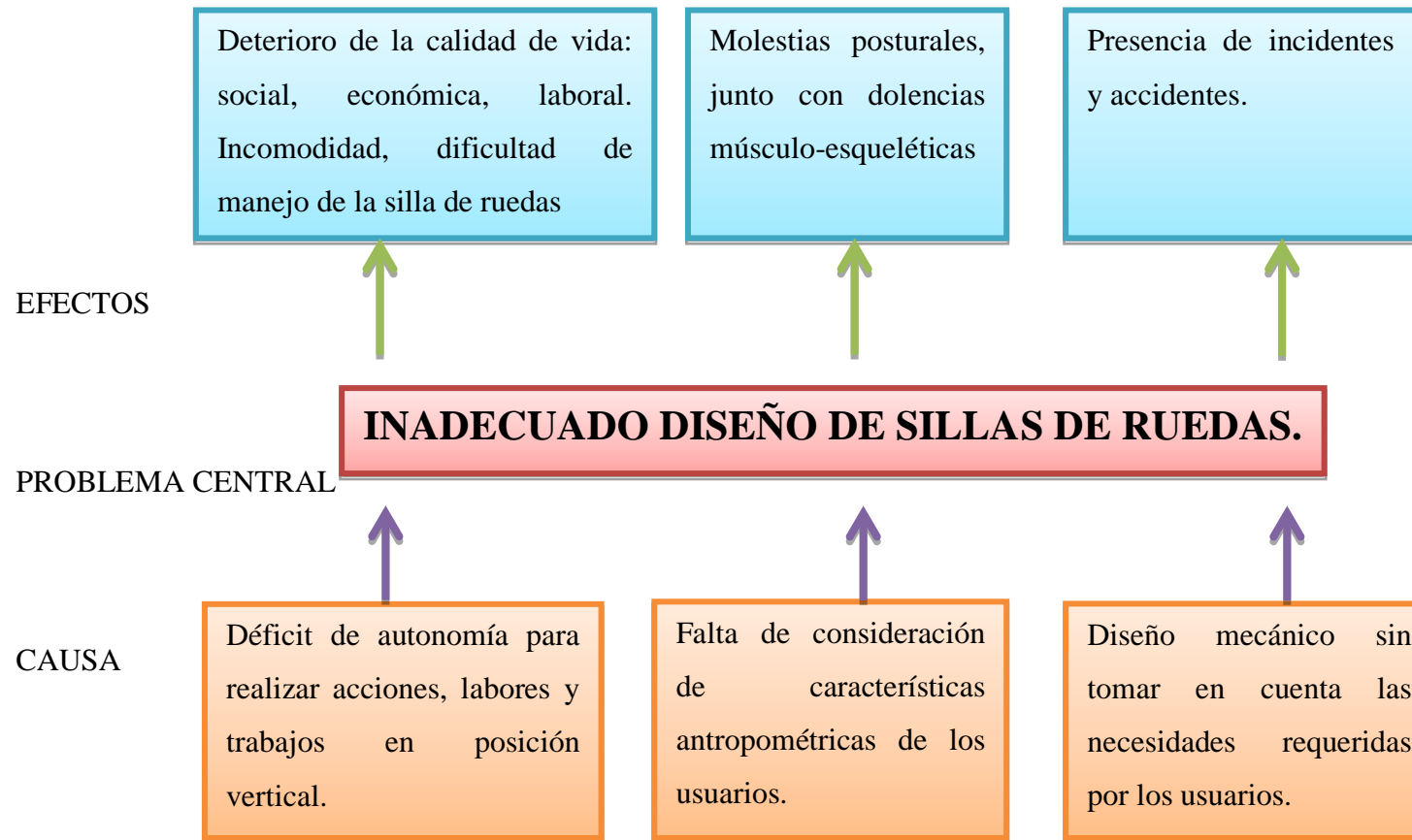


Gráfico N° 1 Relación Causas –Efectos.

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

## **Relación Causa – Efecto.**

La sociedad en general, y para el caso particular que se investiga la ciudad de Ambato, tiene problemas de tipo social y laboral, cuando parte de su población está conformada por personas con discapacidad, pero que no han podido satisfacer sus necesidades de movilización, la cual en muchas ocasiones también forma parte de su puesto de trabajo. Esto sucede al tener para uso diario y laboral sillas de ruedas deficientes.

Dentro de la población con características especiales por ser una persona con discapacidad, la falta de autonomía para poder realizar trabajos estando de pie, lleva a que las personas implicadas sientan depresión, angustia, estrés; e inclusive piensen que son inútiles y se pueden convertir en carga para sus familiares, quienes también se ven afectados al no poder ayudarlos. La calidad de vida de las personas con discapacidad y de quienes los rodean sufre un deterioro importante que se traduce en disfunción y pobreza, principalmente al no contar con las mismas oportunidades que tienen las personas que no tienen discapacidad.

Lamentablemente hechos como la falta de investigación que propicie soluciones innovadoras o los altos costos económicos de los equipos que ofrece el mercado externo de importación han forzado que las personas con discapacidades móviles de las extremidades inferiores se vean limitados a usar solo las sillas de ruedas tradicionales, situando al usuario en una posición de desventaja en relación a sus congéneres, lo que le conlleva a limitar ostensiblemente sus posibilidades laborales e inclusive de realizar tareas normales en casa. Las sillas de ruedas comunes no disponen de adelantos tecnológicos que se hayan implementado tomando en consideración factores ergonómicos particulares de la población con discapacidad del centro del país. Los parámetros antropométricos de esta población son distintos a los patrones o estándares con los que se han diseñado los productos que el mercado de importación (en mayor porcentaje desde EEUU o Europa) ofrece, lo cual obliga a aquellas personas que pudieren acceder a cubrir altos costos, a subutilizar un producto que no cuida sus posturas o condiciones de

trabajo, el hecho que el usuario siempre tenga una única posición que le obliga a permanecer siempre sentado degenera su salud física, mental, psicológica y motivacional.

El uso obligado de las sillas de ruedas tradicionales, y que en muchas ocasiones no ayudan al usuario a ponerse en posición vertical es producto de un diseño mecánico obsoleto y que no contemplaba la idea de insertar al individuo en el aparato productivo social y laboral, esto hace que una persona con discapacidad móvil inferior al tratar de alcanzar objetos que estén más allá de su alcance reducido, pueda sufrir incidentes como golpes, choques, remellados, cortes; e inclusive se pueden generar accidentes como siniestros, caídas, sobreesfuerzos, fatiga, etc.

### **1.2.3. Prognosis.**

De no dar atención para realizar un diseño innovador y ergonómico de la silla de ruedas de bipedestación que satisfaga las necesidades de la población de personas con discapacidad se corre el riesgo de limitar el desarrollo de las actuales capacidades de trabajo que pueden entregar al aparato productivo desde su realidad dichas personas, además se estaría disminuyendo la población económicamente activa al descartar la posibilidad de que las personas con discapacidad puedan trabajar independientemente sin ayuda de terceros y valiéndose por sus propios medios; se deteriorará más evidentemente la calidad de vida de las personas con discapacidad.

También se harán más evidentes las molestias posturales por el uso de la silla de ruedas y, que terminarán en dolencias músculo-esqueléticas mayores, por lo que se estarían creando las condiciones propicias para la existencia de más personas enfermas física y psicológicamente.

Además, se incrementaría la posibilidad de que existan más accidentes en casa o en cualquier lugar donde se movilicen las personas con discapacidad al no tener



un vehículo de movilización o de estación de trabajo que sea seguro y que se adapte a sus características ergonómicas, coartando los derechos que por ley le corresponde a dichas personas al no dotarles de todos los instrumentos idóneos para lograr su pleno desarrollo familiar y profesional dentro de la sociedad.

#### **1.2.4. Formulación del problema.**

¿Inciden las características antropométricas de sus usuarios en el diseño de una silla de ruedas?

#### **1.2.5. Interrogantes.**

- ¿Cuáles son las características antropométricas necesarias a considerar en las personas con discapacidad móvil inferior?
- ¿Qué características de utilidad y comodidad debe poseer una silla de ruedas para satisfacer los requerimientos del usuario?
- ¿Se puede proponer una solución factible al problema planteado?

#### **1.2.6. Delimitación del objeto de investigación.**

##### **Delimitación de contenidos:**

Área académica: Industrial y manufactura.

Línea de investigación: Industrial

Sub-línea de investigación: Sistemas de administración de la salud, seguridad ocupacional y medio ambiente.

##### **Delimitación espacial:**

La investigación se llevará a cabo en la ciudad de Ambato en la provincia de Tungurahua.

##### **Delimitación temporal:**

El desarrollo del proyecto se realiza en los años 2015 - 2016.

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

La investigación de este tema es de **interés** para los involucrados como usuarios de sillas de ruedas que desarrollan sus actividades en labores cotidianas diarias, sin embargo se persigue que sea de especial ayuda para las personas con discapacidad móvil de los miembros inferiores que se insertan en la vida laboral o que mejoran sus condiciones actuales de producción. Es de interés para la universidad porque así cumple su rol de articular teoría y práctica proponiendo alternativas de solución; por supuesto es de interés para el equipo investigador que propone mejoras a la salud de los implicados y de la sociedad en general.

Los principales **beneficiarios** directos de este trabajo son la población con discapacidad móvil inferior, el Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS), las familias de las personas con discapacidad, la Universidad Técnica de Ambato, el alumno investigador que propone el tema. Sin embargo debe recalarse que toda la sociedad y población de Ambato y Tungurahua serán también beneficiados.

El presente trabajo constituye una ayuda **importante** para mejorar la calidad de vida de seres humanos desplazados en muchas ocasiones debido a sus propias limitaciones venidas de su discapacidad, con lo que se pretende disminuir aquellas barreras que constituyen un freno a su desarrollo profesional.

La **factibilidad** de esta investigación se sustenta en la legislación de necesario cumplimiento bajo la responsabilidad del CONADIS organismo que protege los derechos de las personas con discapacidad para ayudarles a desarrollarse en un medio seguro con varios elementos a tener en cuenta como: accesos físicos normalizados, uso de equipos que cumplan estándares de calidad, señalización en alto relieve y otros que el estado, la sociedad y la universidad están en obligación de proveer para así cumplir con la constitución, leyes, reglamentos y demás cuerpo legales nacionales e internacionales.

Las sillas de ruedas eléctricas permiten la movilidad independiente a personas con miembros inferiores debilitados, inmóviles o amputados. Adicionalmente, este tipo de silla previene los frecuentes dolores articulares en las extremidades superiores producto de los esfuerzos repetitivos requeridos para auto propulsar las sillas manuales (Boninger, 2003).

Las sillas de ruedas de bipedestación permiten al paciente, aparte de la independencia en la movilidad, ponerse de pié. La bipedestación es una terapia necesaria por razones médicas como son: reducir presión en los tejidos, así como contracturas musculares y articulares, mejorar la circulación sanguínea y las funciones respiratoria, digestiva y renal, reducir la espasticidad, disminuir la escoliosis progresiva, disminuir la descalcificación ósea, previene la formación de escaras, entre otros. Además, esta posición produce efectos psicológicos importantes relacionados con la autoestima ya que permite colocarse al mismo nivel que las personas que caminan y aumenta la autonomía mejorando la accesibilidad con ambos brazos libres a lugares inaccesibles desde la posición sentada (Mantilla, 2013).

Con base en lo expuesto se plantea diseñar un marco metálico para una silla de ruedas de bipedestación, éste debe poseer un mecanismo que permita colocar en posición bípeda al usuario evitando el volcamiento, además de poder contener y resistir tanto al motor como al sistema de extensión. Adicionalmente el marco debe ser ajustable tomando en cuenta la antropometría local y con un enfoque centrado en el usuario (Herrera, 2012). Todo lo anteriormente expuesto deberá conducir a la obtención de un producto relativamente económico y compuesto con materiales de comercialización local, facilitando así, las labores de mantenimiento, reparación y adaptación a las particularidades del usuario.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general:**

Determinar la incidencia de las medidas y características antropométricas en el diseño de una silla de ruedas.

### **1.4.2. Objetivos específicos:**

- Determinar cuáles son las características antropométricas necesarias a considerar en las personas con discapacidad móvil inferior
- Determinar las características de utilidad y comodidad que debe poseer una silla de ruedas para satisfacer las necesidades del usuario.
- Hallar la correlación entre medidas antropométricas y requerimientos de diseño en una silla de ruedas y proponer una solución factible al problema planteado.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Realizado un recorrido por las principales bibliotecas de las Universidades que ofertan Programas de Maestrías en Seguridad e Higiene Industrial, Salud Ocupacional y Medio Ambiente, programas afines y literatura pertinente con la investigación se han encontrado varios estudios vinculados a la temática. A continuación se citan los más importantes.

Bajo los parámetros de integración hacia todos los sectores vulnerables, con un enfoque especial a las personas con discapacidad física, en el XV Congreso Internacional de Ergonomía Semac se dio a conocer un estudio de “Antropometría en el desarrollo de nuevos productos”, el cual indica que su objetivo principal es el “diseño de un cajero automático bancario que responda a las necesidades de los clientes de Lógica Interactiva de acuerdo a estándares y medidas específicas. También se tuvo el cuidado de tomar en cuenta a la antropometría en las personas con discapacidad. La investigación está circunscrita a las instalaciones de la Empresa Lógica Interactiva, S.A. de C.V., para un sólo tipo de producto, un cajero automático bancario. Para lo cual, se consultaron durante la fase de definición y diseño del producto diversas tablas antropométricas de estudios mexicanos además de reglamentos y normas americanas, canadienses, australianas y británicas, entre otros sobre antropometría y seguridad para los usuarios de cajeros automáticos. Lo anterior tuvo como resultado la definición del “espacio disponible” del cajero con la cual los usuarios de este producto pueden interactuar. Dicho espacio proporciona las dimensiones totales en las cuales se pueden colocar los diferentes dispositivos que definen las funcionalidades del cajero automático bancarios. Finalmente, se llegó a la descripción del producto

que responde a los requisitos funcionales demandados por los clientes, el respeto a los requerimientos antropométricos de cierta población y a los requerimientos de seguridad demandados por estándares de normas de seguridad (Ruiz, 2009).

Manuel San Juan postula que debido a los grandes avances tecnológicos se pueden encontrar nuevas herramientas para facilitar y mejorar el desarrollo de este proyecto, como es la fotogrametría, y el análisis ergonómico virtual. La fotogrametría es una técnica cuyo objetivo es el conocimiento de las dimensiones y posición de objetos en el espacio, a través de la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías. Por otro lado, el análisis ergonómico virtual se ejecuta valiéndose del análisis postural RULA, integrado en la herramienta de simulación utilizada (Antolín, 2010).

Este producto está destinado principalmente para personas con discapacidades de las extremidades inferiores, tronco, cuello y cabeza. Es decir 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 una pierna artificial (prótesis). Incluye a las personas que tienen limitaciones para desplazarse y que no cuentan con ningún tipo de ayuda, así como a las personas que cojean para caminar. Este grupo también incluye a las personas que tienen limitaciones para doblarse, estirarse, agacharse para recoger objetos y todas aquellas discapacidades de movimiento de tronco, cuello, y cabeza (excepto parálisis facial); así mismo incluye a las deficiencias músculo-esqueléticas que afectan la postura y el equilibrio del cuerpo. Quedan comprendidas también en este subgrupo las personas que tienen carencia o dificultades de movimiento en tronco, cuello y cabeza combinada con la falta de movimiento en las piernas. Esta clasificación fue dada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) de México. La importancia de conocer las dimensiones integrales de una silla de

ruedas y del usuario, radica en adaptar los espacios, preservar la seguridad y confort de la persona (COBOS, 2010).

Cuando la distribución del espacio es la adecuada, la persona podrá establecer un vínculo positivo con su labor. Básicamente existen sillas manuales que pueden ser autopropulsadas o dependientes de un acompañante y motorizadas. En México, la población media usuaria de estas ayudas, utiliza sillas manuales. Una silla de ruedas debe permitir al usuario máxima funcionalidad, comodidad, seguridad y movilidad. Ésta debe adaptarse al usuario, en caso contrario, puede limitar aún más a la persona o tener sobreesfuerzos en la propulsión o posturas inadecuadas. Comúnmente se cree que la afectación más grande a la movilidad depende del peso y de los materiales de la silla, sin embargo, los factores más importantes son: la altura del asiento, la distancia entre los ejes, el tamaño del asiento y de las ruedas (Cobos, 2010).

Montoya, Y. Postula que las personas discapacitadas requieren de ayudas técnicas que les brinden autonomía e independencia en la realización de actividades de la vida cotidiana. En este trabajo se realizó el diseño conceptual de una silla bipedestadora para baño que facilite a dichas personas la realización de su higiene personal de manera más privada (Montoya, 2014).

Se usó la metodología de diseño de Ulrich (Ulrich & Eppinger, 2009) para definir cada uno de los componentes, y la validación mecánica del dispositivo se realiza por análisis de elementos finitos.

Los resultados permiten presentar un diseño con accesibilidad a un baño con muebles estándar, resistente a corrosión y con capacidad para hacer sedestación/bipedestación (Góez, 2009).

## **2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

Este proyecto de investigación se enmarca dentro del paradigma filosófico crítico–propositivo: se entiende por criticidad el cuestionamiento de la realidad que viven las personas con discapacidad, discrepando con las soluciones hasta hoy existentes y, buscando a través del pro-positivismo y la investigación plantear alternativas de solución diseñadas en un marco científico y de colaboración con los usuarios.

## **2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

La presente investigación se sustenta legalmente de entre otros en:

### **1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ECUADOR**

Principios de aplicación de los derechos

Cap. I. Art. 11.-El ejercicio de los derechos se regirá por los siguientes principios:

1. Todas las personas son iguales y gozarán de los mismos derechos, deberes y oportunidades.

2. Nadie podrá ser discriminado por razones de etnia, lugar de nacimiento, edad, sexo, identidad de género, identidad cultural, estado civil, idioma, religión, ideología, filiación política, pasado judicial, condición socio-económica, condición migratoria, orientación sexual, estado de salud, portar VIH, discapacidad, diferencia física; ni por cualquier otra distinción, personal o colectiva, temporal o permanente, que tenga por objeto o resultado menoscabar o anular el reconocimiento, goce o ejercicio de los derechos. La ley sancionará toda forma de discriminación.

3. El Estado adoptará medidas de acción afirmativa que promuevan la igualdad real en favor de los titulares de derechos que se encuentren en situación de desigualdad.

Derechos del buen vivir

Sección tercera: Comunicación e información

Cap. II. Art. 16.-Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a: El acceso y uso de todas las formas de comunicación visual, auditiva, sensorial y a otras que permitan la inclusión de personas con discapacidad.

Derechos de las personas y grupos de atención prioritaria

Cap. III. Art. 35.- Las personas con discapacidad y quienes adolezcan de enfermedades catastróficas o de alta complejidad, recibirán atención prioritaria y especializada en los ámbitos público y privado.

Sección sexta: Personas con discapacidad



Art. 47.- El Estado garantizará políticas de prevención de las discapacidades y, de manera conjunta con la sociedad y la familia, procurará la equiparación de oportunidades para las personas con discapacidad y su integración social.

Se reconoce a las personas con discapacidad, los derechos a:

- La rehabilitación integral con facilidades de acceso y condiciones necesarias para atender su discapacidad y para procurar el mayor grado de autonomía en su vida cotidiana.
- El trabajo en condiciones de igualdad de oportunidades, que fomente sus capacidades y potencialidades, a través de políticas que permitan su incorporación en entidades públicas y privadas.
- Una educación que desarrolle sus potencialidades y habilidades para su integración y participación en igualdad de condiciones. Se garantizará su educación dentro de la educación regular. Los planteles regulares incorporarán trato diferenciado y los de atención especial la educación especializada. Los establecimientos educativos cumplirán normas de accesibilidad para personas con discapacidad.
- El acceso de manera adecuada a todos los bienes y servicios. Se eliminarán las barreras arquitectónicas.
- El acceso a mecanismos, medios y formas alternativas de comunicación, entre ellos el lenguaje de señas para personas sordas, el oral-ismo y el sistema braille.

## **2. LEY ORGÁNICA DE DISCAPACIDADES, LOD**

Registro Oficial Suplemento 796 de 25-sep-2012

Art. 23.- Medicamentos, insumos, ayudas técnicas, producción, disponibilidad y distribución. - La autoridad sanitaria nacional procurará que el Sistema Nacional de Salud cuente con la disponibilidad y distribución oportuna y permanente de medicamentos e insumos gratuitos, requeridos en la atención de discapacidades, enfermedades de las personas con discapacidad y deficiencias o condiciones discapacitantes.

Las prótesis y otras ayudas técnicas y tecnológicas que reemplacen o compensen las deficiencias anatómicas o funcionales de las personas con discapacidad, serán entregadas gratuitamente por la autoridad sanitaria nacional a través del Sistema Nacional de Salud; que, además, garantizará la disponibilidad y distribución de las mismas, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos.

El Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades propondrá a la autoridad sanitaria nacional la inclusión en el cuadro nacional de medicamentos, insumos y ayudas técnicas y tecnológicas requeridos para la atención de las personas con discapacidad, de conformidad con la realidad epidemiológica nacional y local. Además, la autoridad sanitaria nacional arbitrará las medidas que permitan garantizar la provisión de insumos y ayudas técnicas y tecnológicas requeridas para la atención de las personas con discapacidad; así como, fomentará la producción de prótesis y otras ayudas técnicas y tecnológicas, en coordinación con las autoridades nacionales competentes, y las personas jurídicas públicas y privadas.

### **SECCIÓN QUINTA**

**Del trabajo y capacitación**

Art 45.- Derecho al trabajo.- Las personas con discapacidad, con deficiencia o condición discapacitante tienen derecho a acceder a un trabajo remunerado en condiciones de igualdad y a no ser discriminadas en las prácticas relativas al empleo, incluyendo los procedimientos.

### **3. DECISIÓN 584**

De los trabajadores objeto de protección especial

Cap. V. Art 25.- El empleador deberá garantizar la protección de los trabajadores que por su situación de discapacidad sean especialmente sensibles a los riesgos derivados del trabajo. A tal fin, deberán tener en cuenta dichos aspectos en las evaluaciones de los riesgos, en la adopción de medidas preventivas y de protección necesarias.

### **4. CÓDIGO DEL TRABAJO**

Art 35. Las empresas e instituciones, públicas o privadas, para facilitar la inclusión de las personas con discapacidad al empleo, harán las adaptaciones a los puestos de trabajo de conformidad con las disposiciones de la Ley de Discapacidades, normas INEN sobre accesibilidad al medio físico y los convenios, acuerdos, declaraciones internacionales legalmente suscritos por el país.

### **5. CONVENCIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD Y PROTOCOLO FACULTATIVO.**

V. Reconociendo la importancia de la accesibilidad al entorno físico, social, económico y cultura, a la salud y la educación y a la información y las comunicaciones, para que las personas con discapacidad puedan gozar plenamente de todos los derechos humanos y las libertades fundamentales.

Art 4. Obligaciones generales.

f. Empezar o promover la investigación y el desarrollo de bienes, servicios, equipo e instalaciones de diseño universal, con arreglo a la definición del artículo 2 de la presente Convención, que requieran la menor adaptación posible y el menor costo para satisfacer las necesidades específicas de las personas con discapacidad, promover su disponibilidad y uso, y promover el diseño universal en la elaboración de normas y directrices.

g. Empezar o promover la investigación y el desarrollo, y promover la disponibilidad y el uso de nuevas tecnologías, incluidas las tecnologías de la información y las comunicaciones, ayudas para la movilidad, dispositivos técnicos y tecnologías de apoyo adecuadas para las personas con discapacidad, dando prioridad a las de precio asequible.

h. Proporcionar información que sea accesible para las personas con discapacidad sobre ayudas a la movilidad, dispositivos técnicos y tecnologías de apoyo, incluidas nuevas tecnologías, así como otras formas de asistencia y servicios e instalaciones de apoyo.

i. Promover la formación de los profesionales y el personal que trabajan con personas con discapacidad respecto de los derechos reconocidos en la presente Convención, a fin de prestar mejor la asistencia y los servicios garantizados por esos derechos.

Art 9. Accesibilidad.

1. A fin de que las personas con discapacidad puedan vivir en forma independiente y participar plenamente en todos los aspectos de la vida, los Estados Partes adoptarán medidas pertinentes para asegurar el acceso de las personas con discapacidad, en igualdad de condiciones con las demás, al entorno físico, el transporte, la información y las comunicaciones, incluidos los sistemas y las tecnologías de la información y las comunicaciones, y a otros servicios e instalaciones abiertos al público o de uso público, tanto en zonas urbanas como rurales. Estas medidas, que incluirán la identificación y eliminación de obstáculos y barreras de acceso, se aplicarán, entre otras cosas a:

- a) Los edificios, las vías públicas, el transporte y otras instalaciones exteriores e interiores como escuelas, viviendas, instalaciones médicas y lugares de trabajo;
- b) Los servicios de información, comunicaciones y de otro tipo, incluidos los servicios electrónicos y de emergencia.

2. Los Estados Partes también adoptarán las medidas pertinentes para:

- a) Desarrollar, promulgar y supervisar la aplicación de normas mínimas y directrices sobre la accesibilidad de las instalaciones y los servicios abiertos al público o de uso público;
- b) Asegurar que las entidades privadas que proporcionan instalaciones y servicios abiertos al público o de uso público tengan en cuenta todos los aspectos de su accesibilidad para las personas con discapacidad;
- c) Ofrecer formación a todas las personas involucradas en los problemas de accesibilidad a que se enfrentan las personas con discapacidad.

## **6. PROGRAMA DE ACCIÓN MUNDIAL PARA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD**

Resolución 37/52

Asamblea General de las Naciones Unidas

Empleo

Art 69. Se niega empleo a muchas personas con discapacidad o sólo se les da trabajo servil y mal remunerado. Y ello es así a pesar de que se ha demostrado que, con una adecuada labor de valoración, capacitación y empleo, la mayor parte de las personas con discapacidad puede realizar una amplia gama de tareas conforme a las normas laborales existentes. Las personas con discapacidad suelen ser las primeras a quienes se despide en épocas de desempleo y estrechez económica y las últimas a las que se contrata. En algunos países industrializados que sienten los efectos de la recesión económica, la tasa de desempleo es, entre las personas con discapacidad que buscan trabajo, el doble de la que se da entre las que no tienen discapacidad. En muchos países se han establecido diversos programas y se han tomado medidas a fin de crear puestos de trabajo para personas con discapacidad. Esto incluye talleres protegidos y de producción, enclaves protegidos, contratación preferente, sistemas de cuotas, subvenciones a los empleadores que capacitan y posteriormente contratan a trabajadores con discapacidad, cooperativas de y para personas con discapacidad, etc. El número efectivo de trabajadores con discapacidad empleados en establecimientos ordinarios o especiales está muy por debajo del correspondiente a trabajadores con discapacidad empleables. Una aplicación más amplia del principio ergonómico permite la adaptación, a costo relativamente reducido, del lugar de trabajo, las herramientas, la maquinaria y el equipamiento y ayuda a aumentar las oportunidades de empleo para las personas con discapacidad.

Art 128. Los Estados Miembros deben adoptar una política y disponer de una estructura auxiliar de servicios, para que las personas con discapacidad de las zonas urbanas y rurales gocen de iguales oportunidades de empleo productivo y remunerado en el mercado laboral abierto. Debe prestarse especial atención al empleo en el medio rural y a la producción de herramientas y de equipo adecuados.

Art 129. Los Estados Miembros pueden apoyar la integración de las personas con discapacidad en el mercado laboral abierto mediante diversas medidas, tales como sistemas de cuotas con incentivos, empleos reservados o asignados, préstamos o donaciones para pequeñas empresas y cooperativas, contratos exclusivos o derechos de producción prioritaria, exenciones impositivas,

adquisiciones preferenciales u otros tipos de asistencia técnica o financiera a empresas que emplean a trabajadores con discapacidad. Los Estados Miembros deben apoyar el desarrollo de ayudas técnicas y facilitar el acceso de las personas con discapacidad a las ayudas y a la asistencia que necesiten para realizar su trabajo.

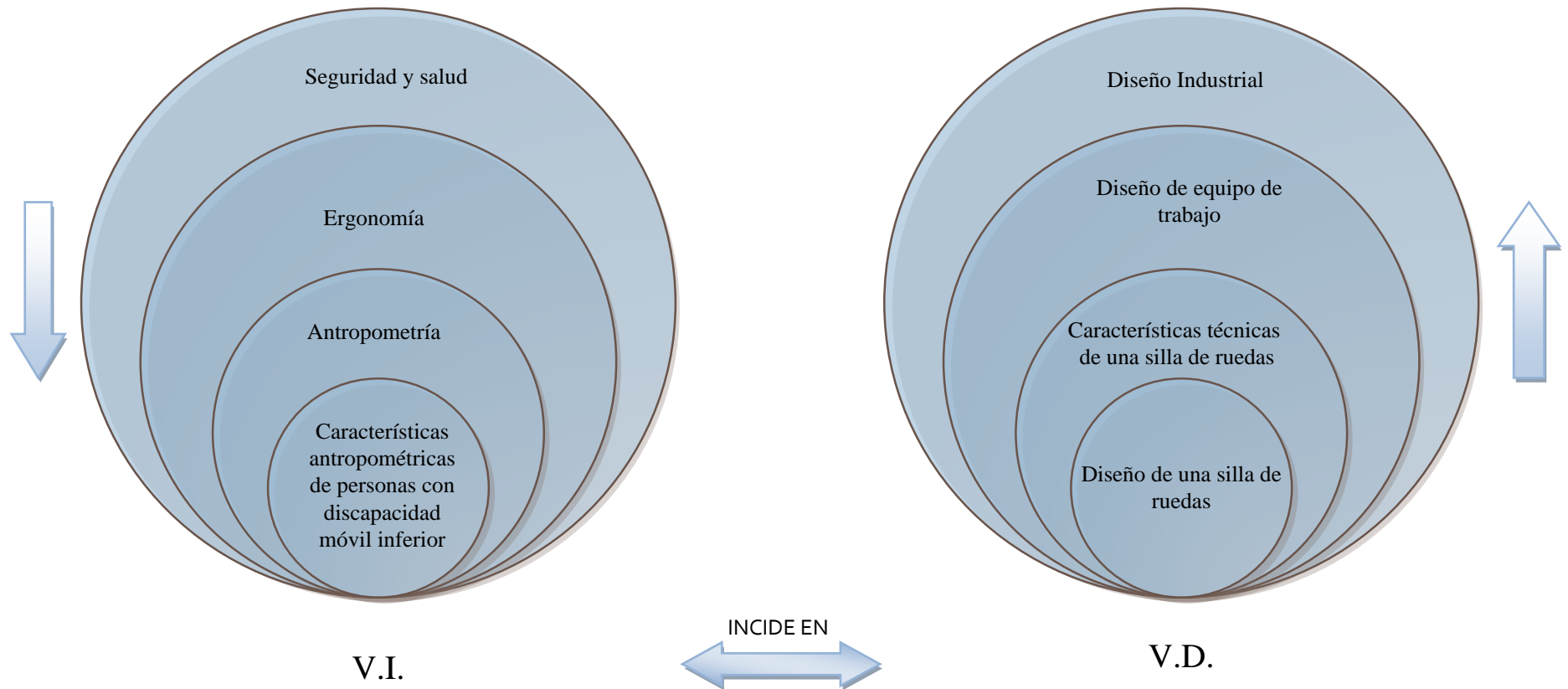
Art 131. Debe existir una cooperación mutua a nivel central y local entre el gobierno y las organizaciones de empleadores y de trabajadores, a fin de desarrollar una estrategia y de adoptar medidas conjuntas con miras a garantizar más y mejores oportunidades de empleo para las personas con discapacidad. Tal cooperación puede referirse a políticas de contratación, medidas para mejorar el ambiente de trabajo, a fin de prevenir lesiones y deficiencias minusvalidantes, y medidas para la rehabilitación de trabajadores con una deficiencia ocasionada en el trabajo, por ejemplo, adaptando a sus necesidades los lugares de trabajo y las tareas.

#### **2.4. FUNDAMENTACIÓN TECNOLÓGICA.**

Los equipos de ayuda a las personas con discapacidad logran compensar en gran parte las limitaciones que su condición física les obliga a enfrentar. Los aparatos y equipos a disposición como sillas de ruedas en contextos de mayor desarrollo tecnológico sufren continuas evoluciones en función del progreso de la investigación que se aplica para mejorar sus características funcionales, de diseño y económicas. Campos como la biomecánica, la automatización, la electrónica y la ergonomía que se están perfeccionando soportan tecnológicamente y científicamente las mejoras que se implementan. Para el presente trabajo la adaptación de las mejoras a las prestaciones de la silla de ruedas, precisamente se fundamentan en los avances tecnológicos que se investiga, se comparan y se proponen con el fin de reducir considerablemente costos de diseño y aumentar ventajas para los usuarios en su contexto social y de trabajo.

## 2.5. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

### Red de inclusiones conceptuales



**Gráfico N° 2. Red de inclusiones conceptuales.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutía

### 2.5.1. Constelación de ideas Variable Independiente

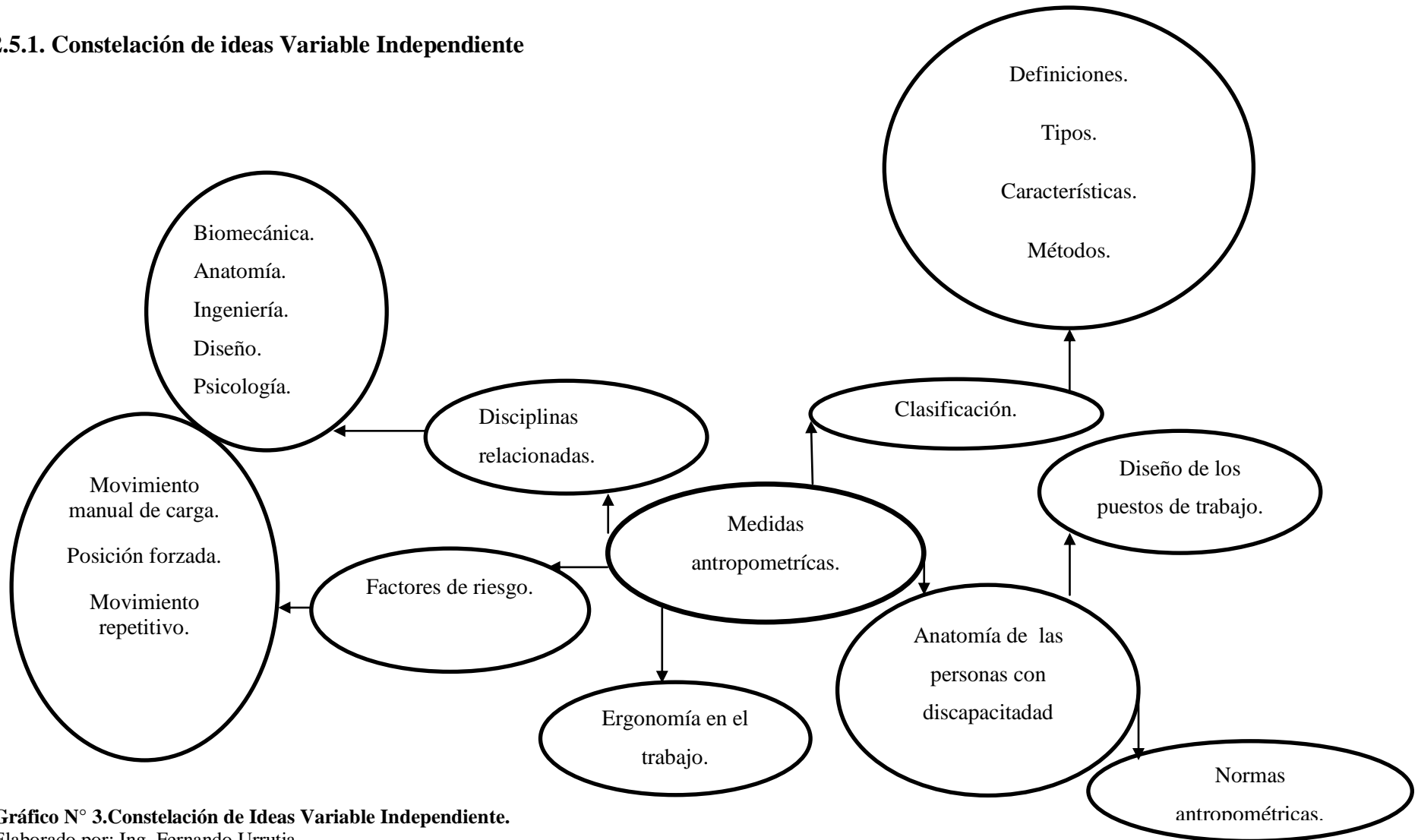


Gráfico N° 3. Constelación de Ideas Variable Independiente.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia

### 2.5.2. Constelación de Ideas Variable Dependiente

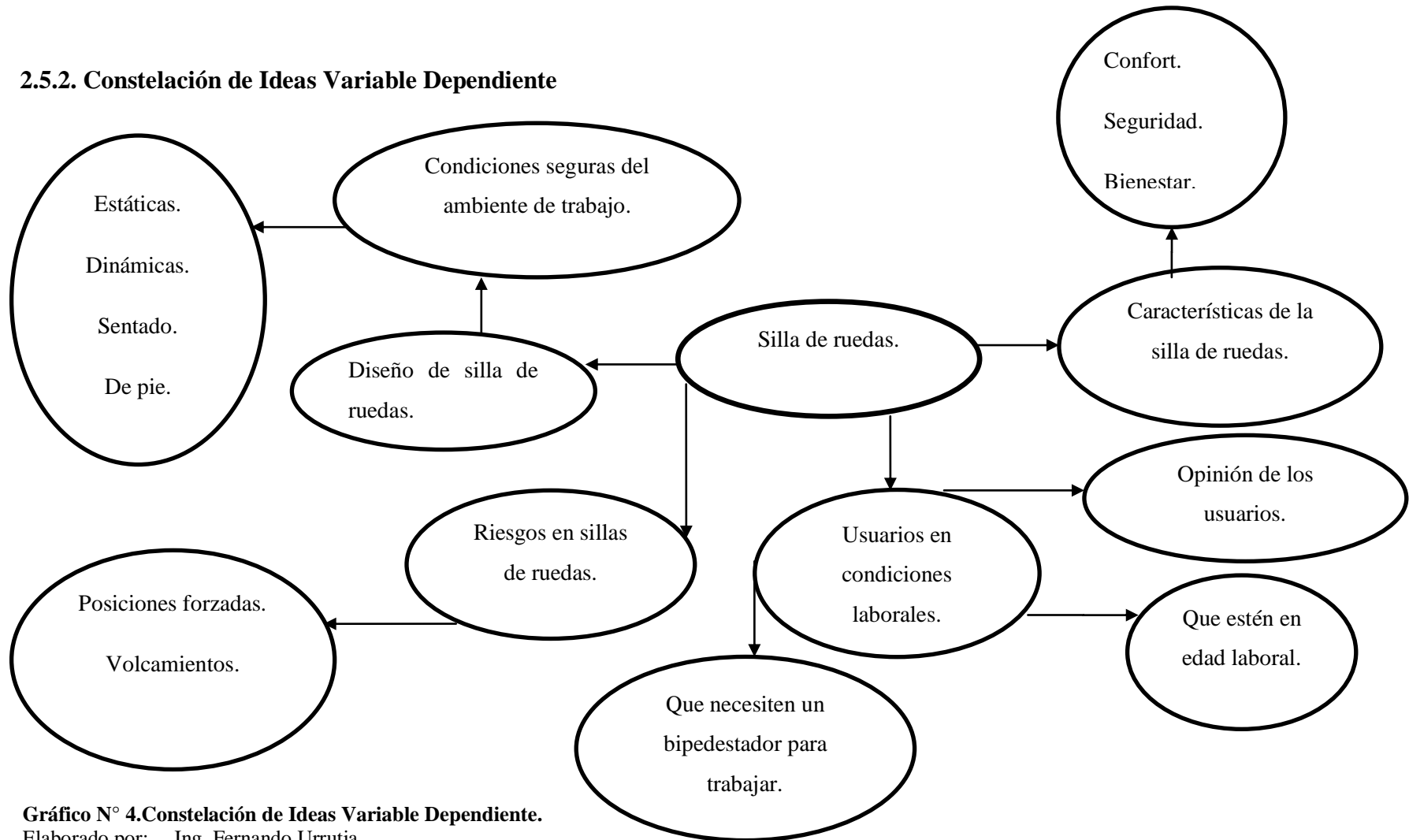


Gráfico N° 4. Constelación de Ideas Variable Dependiente.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia

## 2.6. ANTROPOMETRÍA PARA USUARIOS

### 2.6.1. Personas con discapacidad móvil inferior.

#### Definición de discapacidad

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que discapacidad es: “Un término genérico que incluye déficit, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación. Indica los aspectos negativos de la interacción entre un individuo (con una condición de salud) y sus factores contextuales (factores ambientales y personales)” (García, 2001).

Según el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) la discapacidad es la ausencia o limitación de la capacidad para realizar una actividad. La discapacidad es una experiencia muy individual que difiere no solo entre individuos sino también con el tipo y severidad de la deficiencia subyacente, con la manera de vencer o compensar las limitaciones funcionales, con la naturaleza de la tarea que se realiza y con las condiciones del entorno en que esto se produce (IBV, 2013).

#### Clasificación de las discapacidades.

Las discapacidades pueden clasificarse en 3 grandes grupos:

Tabla N° 1.- Clasificación de las discapacidades.

CLASIFICACIÓN DE LAS DISCAPACIDADES	
<b>DISCAPACIDADES FÍSICAS</b>	Se relacionan con el cuerpo, miembros y órganos en general. Originadas en los sistemas musculo esqueléticos, nervioso, aparato respiratorio, sistema cardiovascular, sistema hematopoyético, aparato digestivo, aparato urogenital, sistema endocrino, piel y anejos y neoplasias.
<b>DISCAPACIDADES SENSORIALES</b>	Originadas en el aparato visual, oído, garganta y estructuras relacionadas con el lenguaje
<b>DISCAPACIDADES PSÍQUICAS</b>	Originadas por retrasos y/o enfermedad mental

Fuente: Investigación de campo IBV.

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)



## **Discapacidad física.**

La discapacidad física es una deficiencia de tipo motórico y/o visceral. En el siguiente cuadro se presenta una breve clasificación.

**Tabla N° 2.-Clasificación de la discapacidad física.**

CLASIFICACIÓN DE LA DISCAPACIDAD FÍSICA
• Sistema músculo esquelético (deficiencias articulares, amputaciones...)
• Sistema nervioso (epilepsia, tetraplejía, paraplejía...)
• Aparato respiratorio (asma, trasplante de pulmón, fibrosis quística...)
• Sistema cardiovascular (cardiopatías, arritmias...)
• Sistema hematopoyético y sistema inmunitario (anemias, Inmunodeficiencias no secundarias a infección por VIH...)
• Aparato digestivo (enfermedad del hígado, incontinencia...)
• Aparato genitourinario (deficiencias del riñón, incontinencia urinaria...)
• Sistema endocrino (hipertiroidismo, diabetes...)
• Piel y anejos (soriasis...)
• Neoplasias (tumor)

Fuente: Investigación de campo IBV.

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

Discapacidad móvil inferior en usuarios de sillas de ruedas.

La Discapacidad Motriz (DM) es una condición de vida que afecta el control y movimiento del cuerpo, generando alteraciones en el desplazamiento, equilibrio, manipulación, habla y respiración de las personas que la padecen, limitando su desarrollo personal y social (ADAP Y AR, 2014).

## **Desventajas, restricciones y limitaciones.**

El usuario de silla de ruedas tiene limitación para: desplazarse; la silla de ruedas al ser un vehículo voluminoso resulta incómodo y poco maniobrable, si el usuario no tiene la suficiente fuerza en los miembros superiores no podrá moverse por sí

mismo, sino que necesitara una persona que lo ayude a desplazarse. Esto hace que la persona sea fácil de distinguir entre las demás, pudiéndole causar incomodidad al ser identificado.

Las personas con discapacidad móvil inferior están restringidas a no poder: estar de pie, estar agachado ni arrodillado, no pueden pisar. Están obligadas a funcionar a una altura inferior: con una altura de ojos menor en comparación con las otras personas que si pueden estar de pies. Se les presenta como una restricción psico-física el no poder tener alcances similares a las demás personas al pretender objetos por encima de su cabeza (ADAP y AR, 2014).

Las dificultades que presentan algunas personas para participar en actividades propias de la vida cotidiana surgen como consecuencia de la interacción entre una dificultad específica para manipular objetos o acceder a diferentes espacios, lugares y actividades que realizan todas las personas y las barreras presentes en los contextos en el que despliegan su proyecto de vida.

Las barreras son de distinto tipo, por ejemplo, si una persona presenta dificultades para la movilidad de las extremidades inferiores no podrá acceder autónomamente a las construcciones o viviendas con escaleras, ni usar los servicios higiénicos que no estén habilitados, tampoco podrá ser usuaria de los medios de transporte público o difícilmente podrá practicar deportes si las instalaciones no están adaptadas. Asimismo, tendrá problemas para el traslado por las calles de la ciudad o de su comunidad que están llenas de obstáculos (Torres, 2012).

### **Aspectos afectados por la relación entre las características de un usuario de sillas de ruedas y su entorno estudiado.**

#### **– Confort**

El confort es aquello que produce bienestar y comodidades. Cualquier sensación agradable o desagradable que sienta el ser humano le impide concentrarse en lo que tiene que hacer.

Al mantenerse en una sola posición durante sus actividades diarias el usuario empieza a sentirse incómodo.

– **Eficiencia**

Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.

Rendir al 100% como lo haría una persona con todas sus capacidades físicas resulta muy difícil para usuarios en silla de ruedas, su limitación de movimiento limita igualmente su eficiencia.

– **Salud**

La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.

– **Seguridad**

Estado mental que produce en los individuos (personas y animales) un particular sentimiento de que se está fuera o alejado de todo peligro ante cualquier circunstancia. La seguridad es la garantía que tienen las personas de estar libre de todo daño, amenaza, peligro o riesgo; es la necesidad de sentirse protegidas, contra todo aquello que pueda perturbar o atentar contra su integridad física, moral, social y hasta económica.

– **Independencia**

Un ser humano es independiente cuando puede valerse por sí mismo, asumir sus responsabilidades y satisfacer sus necesidades sin recurrir a otras personas, objetos o sustancias. Esto no significa abstraerse de la cooperación humana, de la solidaridad o de las relaciones afectivas, sino no necesitarlas al extremo de no decidir ni conseguir nada por sí mismo.

– **Bienestar social**

Se entiende por bienestar al conjunto de factores que una persona necesita para gozar de buena calidad de vida. Estos factores llevan al sujeto a gozar de una existencia tranquila y en un estado de satisfacción.

El bienestar social, por lo tanto, incluye aquellas cosas que inciden de manera positiva en la calidad de vida: un empleo digno, recursos económicos para satisfacer las necesidades, vivienda, acceso a la educación y a la salud, tiempo para el ocio, etc.

### **Ambiente óptimo de existencia para personas que utilizan sillas de ruedas.**

#### **– Espacio público accesible**

Para lograr la accesibilidad en el espacio público se pueden implementar las siguientes soluciones arquitectónicas: andenes accesibles, rampas, vados, cruces peatonales accesibles, entre otras.

#### **– Equipamientos accesibles**

Para lograr la accesibilidad en los equipamientos, se pueden hacer las siguientes adaptaciones: rampas, ascensores, pasillos accesibles, señalización accesible, servicios sanitarios accesibles, entre otras.

#### **– Vivienda accesible**

Para lograr la accesibilidad en las viviendas se pueden realizar las siguientes adaptaciones: rampas, ascensores, pasillos accesibles, servicios sanitarios accesibles, entre otras.

#### **– Transporte accesible**

Para lograr la accesibilidad en los medios de transporte, se pueden hacer las siguientes adaptaciones: terminales de transporte accesibles, equipos adaptados y con reserva de puestos para pasajeros con algún tipo de discapacidad. Lo anterior es aplicable para los distintos medios de transporte (marítimo, fluvial, terrestre, aéreo) (Alvarez, 2008).

### **Análisis de usuarios de sillas de ruedas relacionados como trabajadores dentro de la industria.**

La Federación Nacional de Ecuatorianos con Discapacidad Física (FENEDIF) es una de las organizaciones pioneras de la inserción laboral de personas con

discapacidad en Ecuador y América Latina. En 20 años de vida institucional ha ejecutado diversos proyectos financiados y asesorados por organismos de cooperación nacional e internacional: Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), USAID, AECID, MICROSOFT, BANCO MUNDIAL y el BID, entre otros. Con esos recursos ha trabajado para promover y exigir el cumplimiento de los derechos de las personas con discapacidad, especialmente en el ámbito laboral y de incidencia política (SEMAC, 2015).

El proyecto: “Promoción y Exigibilidad de los Derechos Políticos y Laborales de las personas con discapacidad del Ecuador”, es una iniciativa pionera a nivel latinoamericano, se presentó a la convocatoria de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID, en la que participaron 60 países, de éstos fueron seleccionados 11 a nivel mundial de los cuales 2 corresponden a América Latina, siendo uno de ellos el proyecto presentado por Ecuador, el mismo que promueve el ejercicio de los derechos políticos y laborales de las personas con algún tipo de discapacidad a nivel nacional.

Esta iniciativa se está ejecutando desde septiembre del 2006, el proyecto está dividido en dos componentes, el primero de Participación Ciudadana que busca el involucramiento de las personas con discapacidad en el quehacer político del Ecuador, para que se respete el derecho al voto, a la comunicación e información, a vigilar el cumplimiento de sus derechos y a la accesibilidad a los medios físicos.

En este tiempo de ejecución se han realizado importantes acciones, en lo que respecta a este campo, como por ejemplo: se presentó la propuesta de la Discapacidad como Política de Estado, la misma que fue acogida por el Presidente de la República y que se publicó en el Registro Oficial N° 97 del 4 de Junio del 2007.

La propuesta de las Federaciones abarcan los siguientes puntos:

1. Reforma política, legal e institucional
2. Salud y rehabilitación integral

3. Inserción laboral, producción y comercialización
4. Sistema educativo
5. Integración comunitaria y vida autónoma
6. Participación política y social

La inserción laboral de personas con discapacidad ofrece importantes ventajas competitivas para las empresas. Por una parte, existen estudios que han constatado mayores niveles de productividad (hasta un 35 % más) en el personal con discapacidad en relación al resto de empleados. Además, normas internacionales - como la certificación SA 800 - señalan la importancia del cumplimiento de la Ley y la responsabilidad social como parámetros irrestrictos de calidad (Cerrejón, 2010).

### **2.6.2. Ergonomía.**

#### **Definiciones. Clasificación**

La ergonomía es una disciplina que pretende adaptar el medio habitable al habitante. Según la Asociación Internacional de Ergonomía, la ergonomía es el conjunto de conocimientos científicos aplicados para que el trabajo, los sistemas, productos y ambientes se adapten a las capacidades y limitaciones físicas y mentales de la persona.

Según la Asociación Española de ergonomía, la ergonomía es el conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar (Cullen, 2009).

La Ergonomía se apoya en disciplinas que dotan de métodos, procedimientos y técnicas que serán de mucho interés para el ergónomo, quien deberá conocer lo mejor posible las características antropométricas de las personas para quienes va a realizar un diseño o trabajo, asegurando así los resultados de los objetos y diseños

propuestos como solución a los inconvenientes causados por tamaño, proporciones o configuraciones erradas. También serán de interés las características biomecánicas del usuario y su capacidad de resistir cargas sin perjudicarse.

La Ergonomía se puede clasificar de acuerdo a distintos criterios, una posible clasificación propone las siguientes posibilidades:

- Ergonomía geométrica.
- Ergonomía ambiental.
- Ergonomía temporal.

**Ergonomía geométrica:** Estudia a la persona en su entorno de trabajo, prestando especial atención a las dimensiones y características del puesto, así como a las posturas y esfuerzos realizados por el trabajador. Por lo tanto, tiene en cuenta su bienestar tanto desde el punto de vista estático (que implica, posiciones del cuerpo de pie, sentado, acostado. Diseño de mobiliario, herramientas, estaciones o puestos de trabajo), como desde el punto de vista dinámico (movimientos, esfuerzos etc.) siempre con la finalidad de que el puesto de trabajo se adapte a las características de las personas.

**Ergonomía ambiental:** Es la rama de la ergonomía que estudia todos aquellos factores del medio ambiente que inciden en el comportamiento, rendimiento, bienestar y motivación del trabajador. Tales como: ruido, temperatura, humedad, iluminación, vibraciones, etc. Un ambiente que no reúne las condiciones ambientales adecuadas, afecta a la capacidad física y mental del trabajador.

**Ergonomía temporal:** Consiste en el estudio del trabajo en el tiempo. Nos interesa, no solamente la carga de trabajo, sino como se distribuye a lo largo de la jornada, el ritmo al que se trabaja, las pausas realizadas, etc. (Cortez, 2007).

### **Objetivos (adaptación, facilitación, eficiencia)**

El objetivo básico de la ergonomía es conseguir la eficiencia en cualquier actividad realizada con un propósito, eficiencia en el sentido más amplio, de lograr el resultado deseado sin desperdiciar recursos, sin errores y sin daños en la persona involucrada o en los demás (Aguilar, 2015).

Otra finalidad de la ergonomía es garantizar que el entorno de trabajo esté en armonía con las actividades que realiza el trabajador. Este propósito es válido en sí mismo, pero su consecución no es fácil por una serie de razones. La persona que trabaja como operador es flexible y adaptable y aprende continuamente, pero la variación de características individuales puede ser muy grande. Algunas diferencias, tales como las de constitución física y fuerza, son evidentes, pero hay otras, como las culturales, de estilo o de habilidades que son más difíciles de identificar. Entonces proporcionar un entorno flexible y que se adapte a las capacidades del usuario puede optimizar una forma específicamente adecuada de hacer las cosas (CROEM, 2014).

Entonces en concordancia con los objetivos citados en el estudio de la ergonomía, se resume como finalidad que se busca alcanzar en beneficio de los usuarios: la adaptación del entorno a la persona.

La ergonomía busca entonces adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidades del ser humano. Todos los elementos de trabajo ergonómicos se diseñan teniendo en cuenta quiénes van a utilizarlos. Lo mismo debe ocurrir con la organización de la empresa: es necesario diseñarla en función de las características y las necesidades de las personas que las integran. Además de facilitar la adaptación del usuario sobre las modificaciones funcionales para incrementar la eficiencia del sistema. La importancia entonces de la ergonomía es conseguir la eficiencia en cualquier actividad realizada con un propósito (CROEM, 2014).

### **Áreas complementarias de la ergonomía.**

Existen áreas o ciencias complementarias de la ergonomía que tienen concordancia con su naturaleza. La correspondencia de otras disciplinas con la ergonomía puede ser indistintamente en doble dirección: otras ciencias se pueden aplicar como complemento a la ergonomía, pero la ergonomía se puede aplicar como complemento a ciencias tales como:



### – **Psicología**

La Ergonomía y Psicosociología aplicada como disciplina preventiva en el campo de la prevención de riesgos laborales tiene un objetivo muy importante desde el punto de vista de la salud de la persona. Por un lado la ergonomía intenta buscar la correcta adecuación entre el puesto de trabajo, el entorno y las características de la persona y por otro lado se intenta evitar la insatisfacción del trabajador (Cuixart, 2000).

### – **Fisiología**

Para la conformación ergonómica de puestos de trabajo tiene especial importancia el conocimiento de datos fisiológicos tales como las fuerzas corporales que se pueden ejercer con trabajo muscular, o bien la carga y duración del trabajo a ejecutar. Además, los factores condicionantes de tipo fisiológico son muy importantes para:

- Evaluación de la carga continua tolerable.
- Elección de la posición y postura corporal correcta.
- Disposición estereométrica de mandos e indicadores.
- Lograr condiciones del medio ambiente tolerables.

El objetivo de la conformación fisiológica del puesto de trabajo es adaptar la tecnología al método y las condiciones de trabajo al cuerpo humano y mejorar el grado de eficacia del trabajo (Cullen, 2012).

### – **Antropometría**

La antropometría es la ciencia que entiende de las medidas de las dimensiones del cuerpo. Los conocimientos y técnicas para llevar a cabo dichas mediciones, así como su tratamiento estadístico. La ergonomía al buscar que el hombre y la tecnología trabajen en completa armonía, diseñando y construyendo productos, puestos de trabajo, tareas y equipos; se ve precisada a ocupar estudios antropométricos que facilitarán los diseños y cambios que persigue la ergonomía. (UGTBALIARS, 2011).

– **Biomecánica**

La biomecánica se relaciona con la ergonomía debido a que se dedica al estudio del cuerpo humano desde el punto de vista de la mecánica clásica o Newtoniana, y la biología, pero también se basa en el conjunto de conocimientos de la medicina del trabajo, la fisiología, la antropometría y la antropología. Su objetivo principal es el estudio del cuerpo con el fin de obtener un rendimiento máximo, resolver algún tipo de discapacidad, o diseñar tareas y actividades para que la mayoría de las personas puedan realizarlas sin riesgo de sufrir daños o lesiones (Discapnet, 2013).

– **Anatomía**

Trata la forma y la estructura de los distintos órganos y organismos; el consumo energético es uno de los objetos principales de esta ciencia.

– **Organización de Empresas**

Contribuye a elevar la productividad del trabajo, a mantener la salud y al desarrollo del individuo. Incluye todo lo relacionado con tiempos y métodos, así como las comunicaciones.

- **Arquitectura**

Abarca, principalmente temas referidos a los espacios y accesos.

– **Ingeniería**

Es el arte de dirigir los grandes recursos de energía de la naturaleza para uso y conveniencia del hombre.

Es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar modos en que se puedan utilizar, de manera óptima los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad, en el contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales.

## **Funciones de la ingeniería.**

**La Investigación:** que es la búsqueda de nuevos conocimientos; por ejemplo, cuando en el desarrollo de la profesión se presenta un problema sin antecedente, el cual requiere de estudio y una investigación previa con nivel científico, para luego emitir conclusiones sobre los posibles pasos a seguir para resolver el problema.

**El Desarrollo:** que es llevar a una forma accesible los resultados o descubrimientos, de manera que puedan conducir a productos, métodos o procesos útiles. Como ejemplo, orientando la toma de valores de peso de un grupo de personas descrito como muestra, de manera tal que se logren datos representativos en el sitio de estudio; para obtener luego una mejor interpretación en el laboratorio donde se analizarán dichas muestras, lo cual nos conducirá a conclusiones más acertadas.

**El Diseño:** es algo fundamental, es especificar o proyectar la solución óptima a un problema planteado. Ejemplo, al proyectar el trazado de una red de alta tensión será óptima la solución que integre seguridad, economía y beneficios, y un moderado impacto ambiental (Comín, 2003).

### **Diseño Industrial.**

El diseño industrial antecede a la ergonomía en el tiempo y es en parte por esta razón que el acoplamiento de ambas disciplinas, aunque tienen múltiples esferas de acción comunes, no es enteramente obvio a pesar de la importancia que esto reviste.

Es necesario ahondar en las formas teóricas y metodológicas de ambas disciplinas que actúan en la búsqueda de objetivos comunes, que entre los más importantes se encuentra el confort del usuario en el desempeño de la función o la actividad. Para lograr el confort del usuario la ergonomía aporta una amplia base de información sobre las características antropométricas, de organización del trabajo o la tarea-función, psicológicas, sociológicas, etc. de dicho usuario; base sobre la cual

el diseñador puede y debe desarrollar sus propuestas proyectuales. El desconocimiento de estas bases ocasiona un diseño de objetos no centrado en el usuario, tendencia que corresponde a modelos de gestión de la calidad que han demostrado ya su incapacidad o incompetencia en la satisfacción del cliente, y con ello la ineficiencia en la producción, aumento de los costos y del precio final (Camargo, 2015).

### **Ergonomía del trabajo u ocupacional.**

La Ergonomía ocupacional es aquella que se utiliza para el diseño de puestos de trabajo. Por lo general, es muy eficaz examinar las condiciones laborales de cada caso al aplicar los principios de la ergonomía para resolver o evitar problemas. En ocasiones, cambios ergonómicos, por pequeños que sean, del diseño del equipo, del puesto de trabajo como en las tareas pueden mejorar considerablemente la comodidad, la salud, la seguridad y la productividad del trabajador.

El puesto de trabajo es el lugar que un trabajador ocupa cuando desempeña una tarea. Puede estar ocupado todo el tiempo o ser uno de los varios lugares en que se efectúa el trabajo.

### **Diseño del Puesto de Trabajo.**

Es importante que el puesto de trabajo esté bien diseñado para evitar enfermedades relacionadas con condiciones laborales incorrectas y para que el trabajo sea productivo. Por lo tanto hay que diseñar cada puesto de trabajo teniendo presentes al trabajador y las tareas que habrá de desempeñar.

Si el puesto de trabajo está diseñado adecuadamente, el trabajador podrá mantener una postura corporal correcta y cómoda. Al diseñar un puesto de trabajo hay que tener en cuenta varios factores ergonómicos, entre ellos la altura de la cabeza, la altura de los hombros, el alcance de los brazos, la altura del codo, la altura de la mano, la longitud de las piernas y el tamaño de las manos y del cuerpo (DETEA, 2014).

En la Ergonomía del trabajo que se utiliza para diseñar el puesto de trabajo, es importante considerar los siguientes aspectos:

- El sujeto de estudio es: el trabajador.
- El objetivo es: analizar las actividades, las herramientas y los modos de producción.
- La finalidad es: evitar accidentes y enfermedades, disminuyendo la fatiga, aumentando la satisfacción y aumentando la productividad.

Además dentro de la Ergonomía del trabajo deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones para la adaptación o diseño del puesto de trabajo:

- Para el diseño del puesto de trabajo, se debe configurar o adaptar equipos y espacios que faciliten la ejecución de las tareas, mejorar la carga postural y disminuir los movimientos superfluos.
- Para el diseño de herramientas del trabajo, éstas se deben adaptar a las tareas a realizar o también, las herramientas se deben adaptar a los trabajadores (usuarios); permitiendo disminuir la sobrecarga músculo-esquelética. Además se deben analizar los riesgos de accidentes y dispone de los sistemas de seguridad pertinentes.
- Para el diseño o adaptación de mandos e indicadores, se debe disponer de una adecuada ubicación en zonas de buena visión y alcance, propiciando que haya facilidad de uso en: botones, agarres, pedales. Lo cual llevará a hacer que el funcionamiento sea intuitivo.
- En cualquiera de los casos de diseño-adaptación han de tomarse en cuenta las condiciones ambientales. El ambiente de trabajo debe mantener una relación directa con el individuo y conseguir que los factores ambientales estén dentro de los límites del confort con el fin de conseguir un grado de bienestar y satisfacción, estas condiciones son: temperatura, humedad, ruido, radiaciones, vibraciones y otros (ED, 2004).
- Es importante tener en cuenta la carga mental, a la que están sometidos los usuarios u operarios de sillas de ruedas. La carga mental está debida a: tareas estresantes, aburridas o monótonas. Turnos, horarios y fatiga.

- De suma importancia debe considerarse la carga o actividad física a la que están sometidos los usuarios en el área de trabajo. Hay que considerar factores ergonómicos, como el peso y la forma de la carga o la frecuencia con que el trabajador debe levantar la carga, cuando se diseñen las tareas que comporten un trabajo físico pesado. Otras recomendaciones ergonómicas son: disminuir el peso de la carga, hacer que la carga sea más fácil de manipular; utilizar las técnicas de almacenamiento para facilitar la manipulación; disminuir la distancia que debe recorrer una carga; disminuir el número de levantamientos y disminuir los giros que debe efectuar el cuerpo (DTEA, 2012).

- **Manipulación manual de carga.** Que produce un sobreesfuerzo, que incide en la región lumbar y puede degenerar en enfermedades o accidentes ocupacionales, producto del levantamiento manual de cargas.
- **Movimientos repetitivos.** Que son aquellos movimientos de ciclos rápidos y que al ser repetitivos no requieren de mucho esfuerzo. Se los realiza con y, producen daños en la región cervico-braquial y en los brazos.
- **Posturas forzadas.** Que son aquellas posturas estáticas inadecuadas-forzadas en extremos y prolongadas (Laura, 2012).

### **Ergonomía para el diseño del producto.**

En la Ergonomía del producto, es importante considerar los siguientes aspectos:

- El sujeto de estudio es: el consumidor.
- El objeto del estudio es: el producto.
- La finalidad es: obtener un producto seguro, fácil de usar, que sea eficiente, saludable y satisfactorio para el usuario.

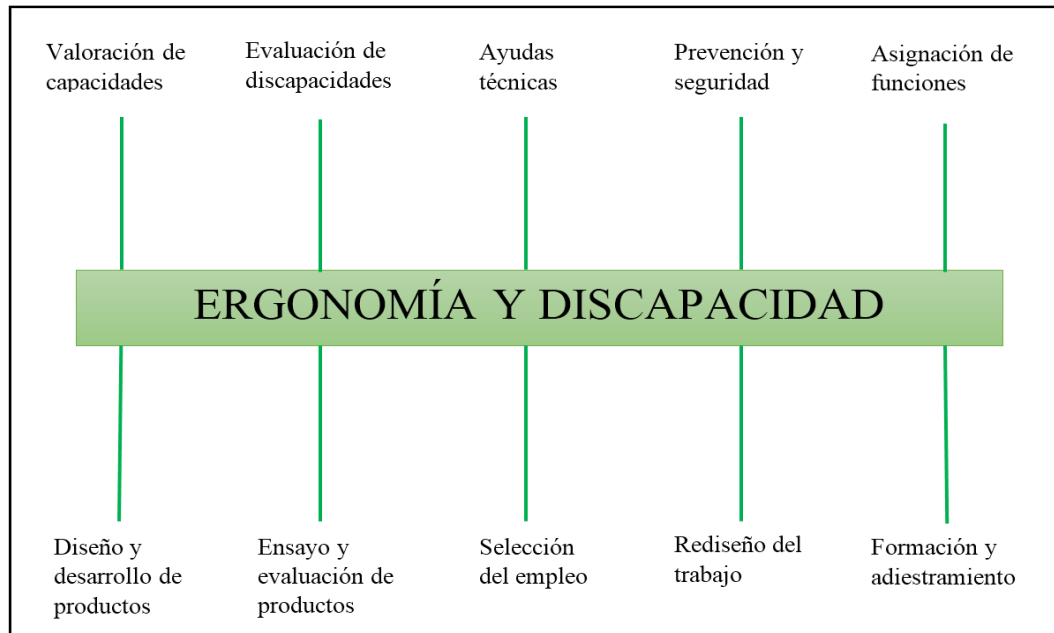
Además dentro de la Ergonomía del producto deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Se diseña para un uso masivo, para un colectivo amplio y heterogéneo determinado por cultura, edad, sexo.
- Se diseña buscando la facilidad de uso. Si consideramos una silla de oficina simple, se entiende que una gran mayoría de personas la podrá ajustar y usar. Por el contrario una silla de oficina compleja pocos usuarios la ajustarán y casi no la usarán por su complejidad.
- También debe tenerse en cuenta la seguridad en cuanto a riesgos: mecánicos, químicos, eléctricos, térmicos, de radiación, presión, ruido, vibraciones y otros; lo cual se logra a través del cumplimiento de las normas de seguridad a través de aplicación de controles, que nos ayudarán a disminuir los accidentes y las enfermedades laborales.
- También el diseño de los productos se lo realiza para el uso de un colectivo de características especiales: niños, personas mayores, personas con discapacidad, embarazadas.
- El diseño del producto puede buscar solucionar algunos problemas de uso, buscando dotar de facilidad.
- El diseño del producto no tiene un límite definido entre el diseño para todos versus el diseño para usos específicos, a menos que se logre determinar, como ya se mencionó características especiales de un determinado grupo homogéneo y particular.
- El diseño del producto busca compensar la limitación de un usuario o persona con discapacidad, ante la compleja naturaleza de la tarea o las condiciones del entorno (Laura, 2012).

### **Contribución de la Ergonomía en el área de la discapacidad.**

En la actualidad muchas personas que poseen una discapacidad se ven favorecidas por la Ergonomía, que busca mejorar los ambientes de trabajo de dichas personas, que con mayor razón necesitan ambientes de trabajos cómodos y personalizados, puestos y herramientas acordes a su realidad. En la Gráfica N° 5

se puede apreciar la relación causa efecto que existe entre algunas características de la ergonomía en dependencia de la discapacidad, así por ejemplo la ergonomía como herramienta de ayuda valora las capacidades de las personas que tienen discapacidad para poder diseñar y adaptar ayudas técnicas acorde a sus necesidades, lo cual conllevará a disminuir los accidentes y enfermedades ocupacionales, satisfaciendo condiciones de prevención y seguridad.



**Gráfico N° 5. Ergonomía y discapacidad.**

Fuente: Investigación bibliográfica (Dr. Roberto Núñez, 2014).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

### **Algunas aplicaciones de la ergonomía en el área de las personas con discapacidad.**

La Ergonomía entonces ayuda a desarrollar y diseñar productos singulares para un determinado grupo de usuarios exclusivos que tienen determinadas características antropométricas (por ejemplo los usuarios de sillas de ruedas de un determinado lugar).

Además la Ergonomía ayudará a realizar una selección del empleo y del empleador más eficiente y real, logrando que la empresa, de ser el caso, rinda de una mejor manera obteniendo condiciones de trabajo óptimas. Por último la ergonomía ayuda a los usuarios en su formación y adiestramiento que redundará en un aumento de la producción.



### **2.6.3. Seguridad y salud en el trabajo.**

#### **Definición.**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la salud ocupacional o Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) como una actividad multidisciplinaria que promueve y protege la salud de los trabajadores mediante la prevención y el control de enfermedades y accidentes, y la eliminación de los factores y condiciones que ponen en peligro la salud y seguridad en el trabajo. Además procura generar y promover el trabajo sano y seguro, así como buenos ambientes y organizaciones del trabajo; realza el bienestar físico, mental y social de los trabajadores y respaldar el perfeccionamiento y el mantenimiento de su capacidad de trabajo (ESTRUCPLAN, 2000).

#### **Objetivos.**

La salud y seguridad ocupacional deben tener como objetivos:

- La promoción y mantenimiento del más alto grado de bienestar físico, mental y el bienestar social de los trabajadores en todas las ocupaciones.
- La prevención entre los trabajadores de las desviaciones de salud causados por sus condiciones de trabajo.
- La protección de los trabajadores en su empleo contra los riesgos resultantes de factores adversos a la salud.
- La colocación y el mantenimiento del trabajador en un entorno de trabajo adaptado a sus capacidades fisiológicas y psicológicas.
- La adaptación del trabajo al hombre y cada hombre a su puesto de trabajo (ESTRUCPLAN, 2003).

#### **Riesgos y factores de riesgo laboral.**

Se los define como la posibilidad de daño a las personas o bienes como consecuencias de circunstancias o condiciones de trabajo (FENCE, 2005).

- **Físicos.** Su origen está en los distintos elementos del entorno de los lugares de trabajo. Las condiciones ambientales como humedad,

temperatura, vibraciones, iluminación, ruido, radiaciones ionizantes y no ionizantes pueden producir daños a los trabajadores (FENEDIF, 2010).

- **Químicos.** Riesgo químico es aquel susceptible de ser producido por una exposición no controlada a agentes químicos. Se entiende por agente químico cualquier sustancia que pueda afectar al trabajador directa o indirectamente. Una sustancia química puede afectarnos a través de tres 3 vías: inhaladora o respiración, ésta es con muchísima diferencia la principal, ingestión por la boca, dérmica a través de la piel (FISO, 2013).
- **Biológicos.** Son aquellos susceptibles de ser producidos por una exposición no controlada a agentes biológicos. Se entiende por agente biológico a cualquier microorganismo (“microbio”), cultivo celular o endoparásito humano capaz de producir enfermedades, infecciones, alergias, o toxicidad (García, 1999).
- **Psicosociales.** Estrés, fatiga laboral, hastío, monotonía, enfermedades psicosomáticas. Hacen referencia a situaciones y condiciones inherentes al trabajo y relacionadas al tipo de organización, al contenido del trabajo y la ejecución de la tarea, y que tienen la capacidad de afectar, en forma positiva o negativa, el bienestar y la salud (física, psíquica o social) del trabajador y sus condiciones de trabajo (Gavarito, 2008).
- **Ergonómicos.** Son los que más inciden en el diseño y adaptación del puesto de trabajo en dependencia mayormente a la carga física. Se los define como la probabilidad de sufrir un evento adverso e indeseado (accidente o enfermedad) en el trabajo y condicionado por ciertos factores de riesgo ergonómico tales como: sobreesfuerzo, movimientos repetitivos y posturas forzadas.  
Dichos factores de riesgo ergonómico constituyen un conjunto de atributos presentes en la tarea o trabajo que desempeña la persona; incidiendo en el aumento de la probabilidad de que un sujeto, expuesto a ellos, desarrolle una lesión en su trabajo (Cortez, 2007).

## **Riesgos laborales predominantes en usuarios de sillas de ruedas.**

Una vez definidos los riesgos laborales como la posibilidad de daño a las personas como consecuencias de las condiciones de trabajo. Se aplica dicho concepto a los usuarios de sillas de ruedas y, se deduce que del uso mismo de la silla de ruedas como medio diario de movilización o como un puesto de trabajo para casos laborales, los riesgos predominantes son:

- **Psicosociales.** Estrés, hastío, enfermedades psicosomáticas.

**La discriminación** es uno de los factores psicosociales que más afecta a los trabajadores sin movimiento en sus extremidades inferiores.

- La discriminación directa se produce cuando, por motivos de discapacidad, una persona recibe un trato menos favorable que el que recibe, ha recibido o recibiría otra persona en una situación similar;
- La discriminación indirecta se produce cuando una práctica, un criterio o una disposición aparentemente neutra podría perjudicar a las personas con una discapacidad determinada, frente a las demás personas.

Las medidas de seguridad y salud, diseñadas para proteger a las personas de los riesgos, no deberían utilizarse de forma discriminatoria para excluir a las personas con discapacidad del lugar de trabajo o para tratarlos de forma menos favorable, por ejemplo, que un trabajador en silla de ruedas no pueda escapar del edificio en caso de emergencia (Gómez, 1999).

**El estrés laboral** es la respuesta fisiología, psicológica y del comportamiento del trabajador, para intentar adaptarse a los estímulos que le rodean.

- En una relación hombre - trabajo o máquina siempre tiene que existir un equilibrio entre la demanda y la respuesta.
- El estrés laboral aparece cuando este equilibrio falla y la persona no tiene capacidad para superarlo.

En la sociedad que vivimos es necesaria una cierta cantidad de estrés para estar alerta y ejercer nuestra profesión. El grado de estrés tiene que ser el suficiente para aumentar la satisfacción laboral, pero sin sobrepasarlo para no caer en la enfermedad, es por eso que para los usuarios de sillas de ruedas todos estos factores coadyuvan y los hacen más vulnerables a sufrir enfermedades debido al alto grado de estrés que los rodea por el estereotipo que tienen de la “condición” en que se encuentran (Góngora, 2010).

- **Ergonómicos en personas que utilizan sillas de ruedas.**

**Manipulación manual de cargas o sobreesfuerzo muscular**

Un factor importante para las lesiones es la cantidad de fuerza aplicada y durante cuánto tiempo. Esto se ve influenciado por el peso y las condiciones del usuario, el tipo de agarre, la postura del cuerpo y la repetitividad.

**Movimientos repetitivos**

El realizar tareas de movilización de manera repetida durante largos periodos de tiempo contribuye a incrementar el riesgo de lesión.

**Posiciones forzadas**

Las flexiones repetitivas, alcances o posturas fijas prolongadas pueden contribuir a las lesiones de hombro, cuello y espalda. Las posturas inadecuadas en la movilización de usuarios pueden ocurrir por una superficie de apoyo muy baja, por la existencia de barandillas fijas, por disponer de poco espacio para acceder al usuario, etc. (ILO, 2015).

**Métodos para calcular riesgos laborales en personas con discapacidad.**

Se pueden mencionar métodos que nos ayudan a valorar riesgos laborales, de manera cualitativa (subjativa) y también métodos que evalúan los riesgos cuantitativamente en los usuarios de sillas de ruedas. Sin embargo la mayoría de los métodos que calculan riesgo laboral en personas con discapacidades son las adaptaciones de los métodos que calculan riesgo laboral en personas con capacidades normales:

- Métodos adaptables a personas con discapacidad tales como: Rapid Upper Limb Assessment (RULA), Rapid Entire Body Assessment (REBA), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
- Métodos exclusivos para personas con discapacidad tales como: Mutuality de la Agrupación de Propietarios de Fincas Rústicas de España (MAPFRE), Physical Demands Job Analysis (PDJA), De Ontario (PDA), Helsinki NTP387.

### **Método RULA para calcular riesgo ergonómico.**

Valoración rápida de miembros superiores o Rapid upper limb Assessment (RULA). La adopción continuada o repetida de posturas inadecuadas durante el trabajo genera fatiga y a la larga puede ocasionar trastornos en el sistema musculoesquelético.

La *carga postural* es uno de los factores a tener en cuenta en la evaluación de las condiciones de riesgo en el trabajo. Se evalúa al usuario, se evalúa la movilidad y posicionamiento del usuario en dependencia de cargas y repetitividad.

El objetivo del método RULA es valorar el grado de exposición al riesgo por *adopción de posturas inadecuadas* lo que se conoce como carga postural. Aunque se requieren datos de otras partes de cuerpo, se valora el riesgo en las extremidades superiores.

Para evaluar el riesgo causado por carga postural, se consideran: *postura adoptada, duración y frecuencia y, las fuerzas aplicadas* cuando se mantiene dicha postura.

El Método RULA fue desarrollado por los doctores McAtamney y Corlett de la Universidad de Nottingham en 1993 (Institute for Occupational Ergonomics) (INPAHU, 2010), con el fin de evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que pueden ocasionar trastornos en los miembros del cuerpo. RULA evalúa posturas concretas. La aplicación del método comienza con la observación

de la actividad del trabajador. A partir de esta observación se deben seleccionar las tareas y posturas más significativas por su duración y al presentar, una mayor carga postural, siendo estas las posturas a evaluar. Las mediciones a realizar sobre las posturas adoptadas son fundamentalmente angulares, se las puede realizar directamente sobre el trabajador mediante transportadores de ángulos, electrogoniómetros, o cualquier dispositivo que permita la toma de datos angulares. Es posible emplear fotografías del trabajador adoptando la postura estudiada y medir los ángulos sobre éstas, si se utilizan fotografías se deberán tomar varias tomas desde diferentes puntos de vista como: alzado, perfil, vistas de detalle entre otras.

El método debe ser aplicado al lado derecho y al lado izquierdo del cuerpo por separado, el evaluador experto puede elegir el lado que aparentemente esté sometido a mayor carga postural (INPAHU, 2010).

#### **División del método de RULA.**

- RULA divide el cuerpo en dos grupos:
  - El grupo A que incluye los miembros superiores (brazos, antebrazos y muñecas)
  - El grupo B, que comprende las piernas, el tronco y el cuello.

#### **Medición del método RULA.**

1. Las puntuaciones globales de los grupos A y B consideran la *postura estática adoptada*. Mediante las tablas asociadas al método, se asigna una puntuación a cada zona corporal como el brazo, el antebrazo, las piernas, el tronco, las muñecas, etc. Para en función de dichas puntuaciones, asignar valores globales a cada uno de los grupos A y B. Una explicación más detallada se encuentra en la página siguiente.
2. La clave para la asignación de puntuaciones a los miembros es la medición de los ángulos que forman las diferentes partes del cuerpo del operario
3. El método determina para cada miembro la forma de medición del ángulo
4. Posteriormente, los valores globales de los grupos A y B son modificadas en función de: el *tipo de actividad dinámica muscular desarrollada* y, de la *fuerza aplicada durante la realización de la tarea*. Esta modificación transforma

los valores A y B en C y D respectivamente. Una explicación más detallada se encontrará en las siguientes páginas.

5. Por último, se obtiene el valor global modificado al cruzar en una tabla del método los valores C y D.

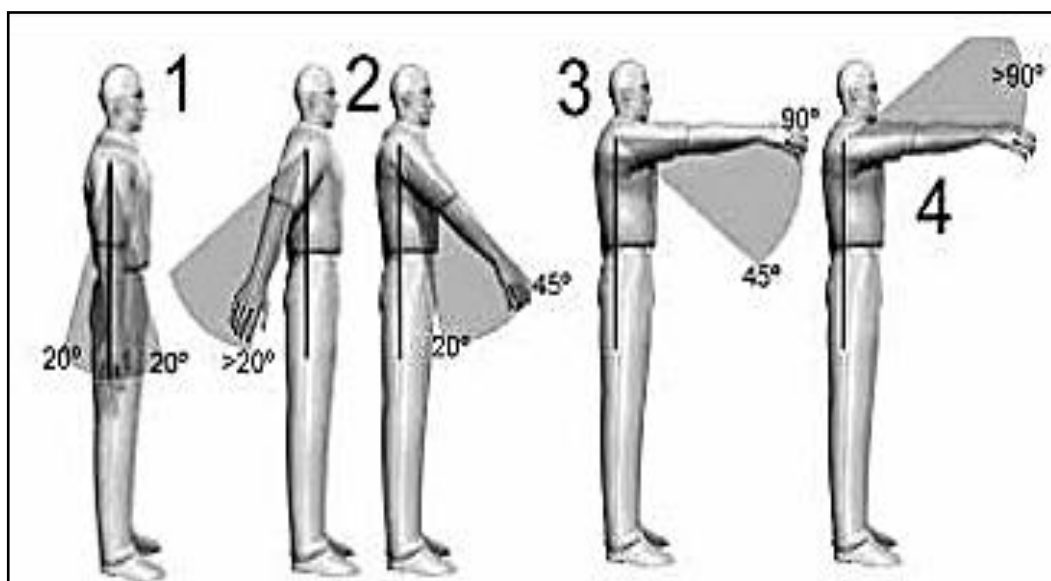
6. El valor final proporcionado por el método RULA es proporcional al riesgo que conlleva la realización de la tarea, de forma que valores altos indican un mayor riesgo de aparición de lesiones musculoesqueléticas.

7. Los *niveles de actuación* propuestos van del nivel 1, que estima que la postura evaluada resulta aceptable, al nivel 4 que indica la necesidad urgente de cambios en la actividad.

### Grupo A, Puntuaciones de los miembros superiores.

#### Puntuación del Brazo.

El primer miembro a evaluar será el brazo. Para determinar la puntuación a asignar a dicho miembro, se deberá medir el ángulo que forma con respecto al eje del tronco, el gráfico 6 muestra las diferentes posturas consideradas por el método y pretende orientar al evaluador a la hora de realizar las mediciones necesarias. En función del ángulo formado por el brazo, se obtendrá su puntuación consultando la tabla que se muestra a continuación.



**Gráfico N° 6. Posiciones del brazo.**

Fuente: Investigación bibliográfica (ERGONAUTAS, 2006).

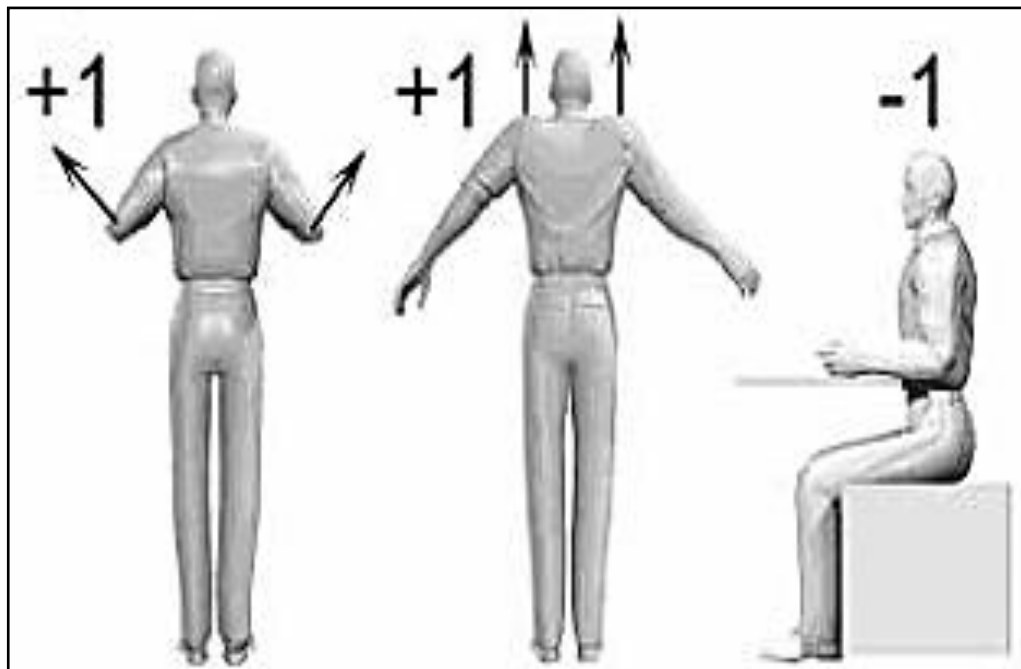
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**Tabla N° 3.-Puntuación del brazo.**

PUNTOS	POSICIÓN
1	Desde 20° de extensión a 20° de flexión
2	Extensión > 20° o flexión entre 20° y 45°
3	Flexión entre 45° y 90°
4	Flexión > 90°

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS ,2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

La puntuación asignada al brazo podrá verse modificada, aumentando o disminuyendo su valor, si el trabajador posee los hombros levantados, si presenta rotación del brazo, si el brazo se encuentra separado o abducido respecto al tronco, o si existe un punto de apoyo durante el desarrollo de la tarea. Cada una de estas circunstancias incrementará o disminuirá el valor original de la puntuación del brazo. Si ninguno de estos casos fuera reconocido en la postura del trabajador, el valor de la puntuación del brazo sería el indicado en la tabla 4 sin alteraciones.



**Gráfico N° 7. Posiciones que modifican la puntuación del brazo.**

Fuente: Investigación bibliográfica (ERGONAUTAS, 2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



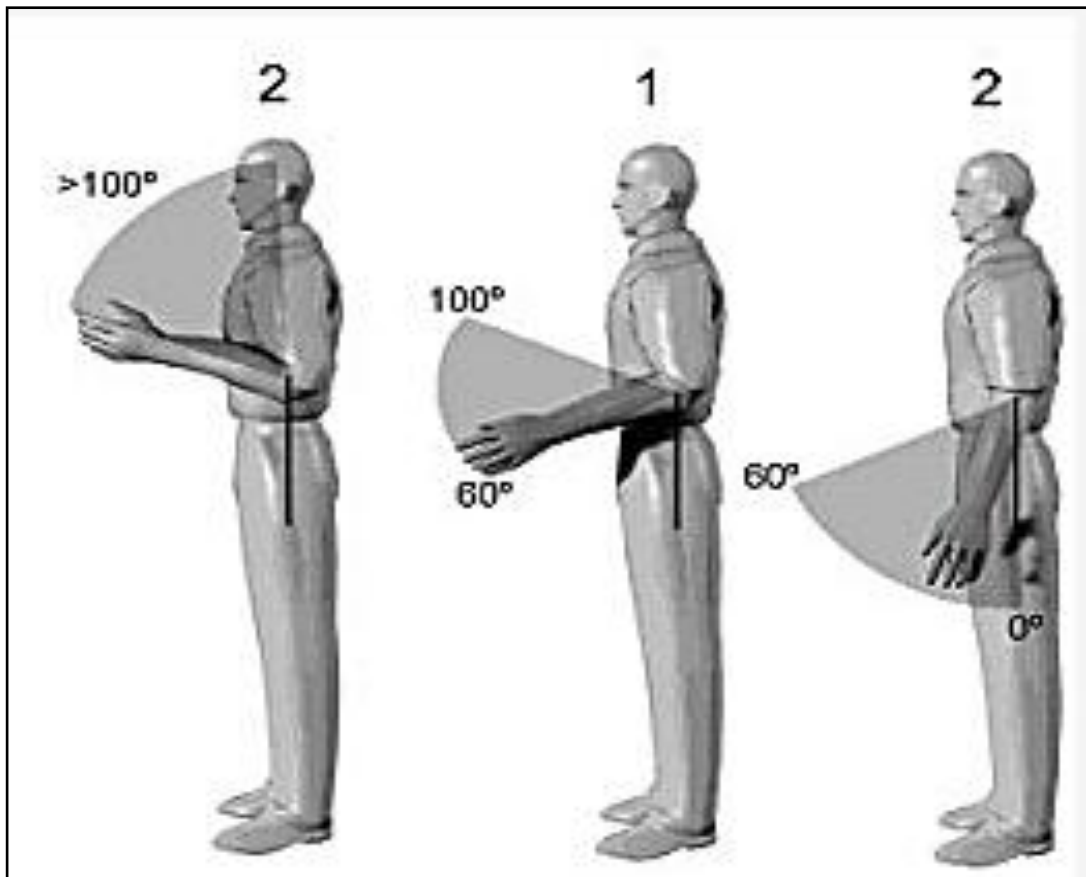
**Tabla N° 4.- Modificaciones sobre la puntuación del brazo.**

PUNTOS	POSICIÓN
+1	Si el hombro está elevado o el brazo rotado.
+1	Si los brazos están abducidos.
-1	Si el brazo tiene un punto de apoyo

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS, 2006).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

**Puntuación del Antebrazo.**

A continuación será analizada la posición del antebrazo. La puntuación asignada al antebrazo será nuevamente función de su posición. El Gráfico 8 muestra las diferentes posibilidades. Una vez determinada la posición del antebrazo y su ángulo correspondiente, se consultará la tabla 5 para determinar la puntuación establecida por el método.



**Gráfico N° 8. Posiciones del antebrazo.**

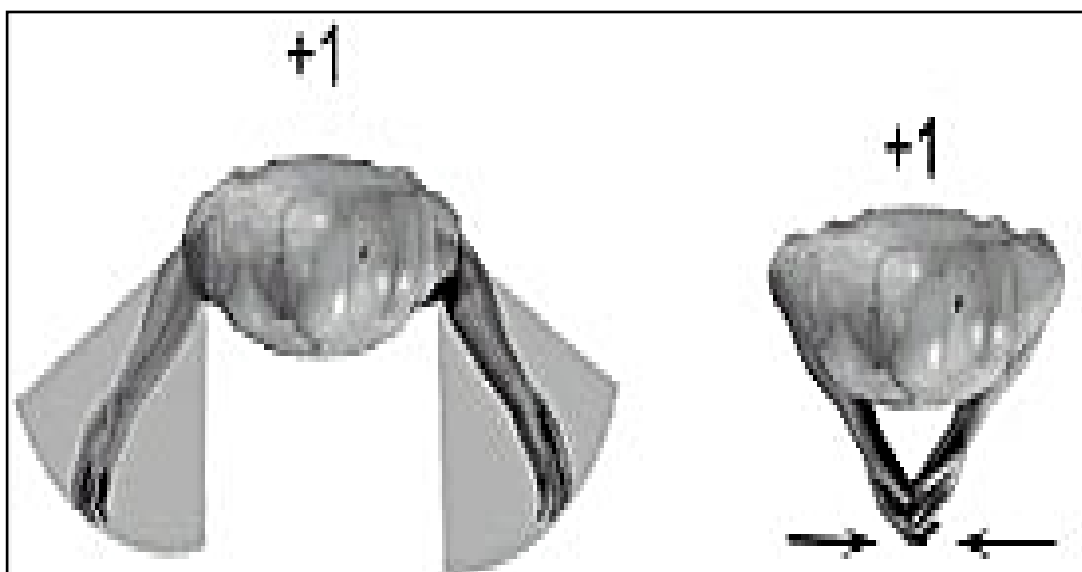
Fuente: Investigación bibliográfica (ERGONAUTAS, 2006).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**Tabla N° 5.-Puntuación del antebrazo.**

PUNTOS	POSICIÓN
1	Flexión entre 60° y 100°
2	Flexión < 60° ó > 100°

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS ,2006).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2016).

La puntuación asignada al antebrazo podrá verse aumentada en dos casos: si el antebrazo cruzara la línea media del cuerpo, o si se realizase una actividad a un lado de éste. Ambos casos resultan excluyentes, por lo que como máximo podrá verse aumentada en un punto la puntuación original. El Gráfico 9 muestra gráficamente las dos posiciones indicadas y en la tabla 6 se puede consultar los incrementos a aplicar.



**Gráfico N° 9. Posiciones que modifican la puntuación del antebrazo.**  
 Fuente: Investigación bibliográfica (ERGONAUTAS, 2006).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

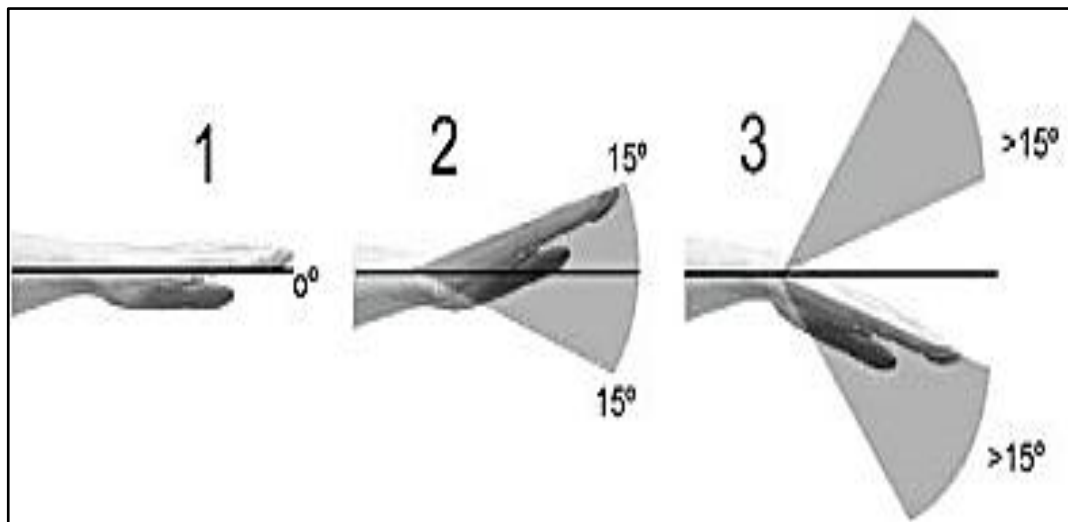
**Tabla N° 6.- Modificación de la puntuación del antebrazo.**

PUNTOS	POSICIÓN
+1	Si la proyección vertical del antebrazo se encuentra más allá de la proyección vertical del codo.
+1	Si el antebrazo cruza la línea central del cuerpo.

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS ,2006).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2016).

### Puntuación de la muñeca.

Para finalizar con la puntuación de los miembros superiores (grupo A), se analizará la posición de la muñeca. En primer lugar, se determinará el grado de flexión de la muñeca. El Gráfico 10 muestra las tres posiciones posibles consideradas por el método. Tras el estudio del ángulo, se procederá a la selección de la puntuación correspondiente consultando los valores proporcionados por la tabla 7.



**Gráfico N° 10. Posiciones de la muñeca.**

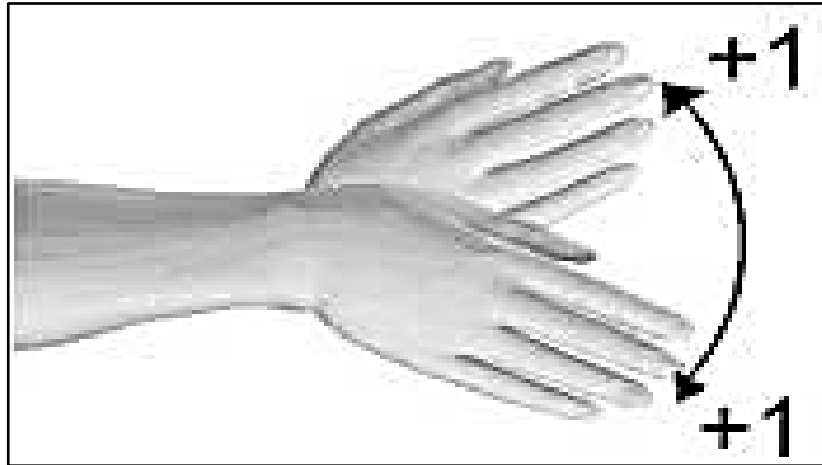
Fuente: Investigación bibliográfica (ERGONAUTAS, 2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**Tabla N° 7.-Puntuación de la muñeca.**

PUNTOS	POSICIÓN
1	Si está en posición neutra respecto a flexión.
2	Si está flexionada o extendida entre 0° y 15°.
3	Para flexión o extensión mayor de 15°

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS ,2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2016).

El valor calculado para la muñeca se verá modificado si existe desviación radial o cubital (Gráfico N°11). En ese caso se incrementa en una unidad dicha puntuación.



**Gráfico N° 11.Desviación de la muñeca.**

Fuente: Investigación bibliográfica (ERGONAUTAS, 2006).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

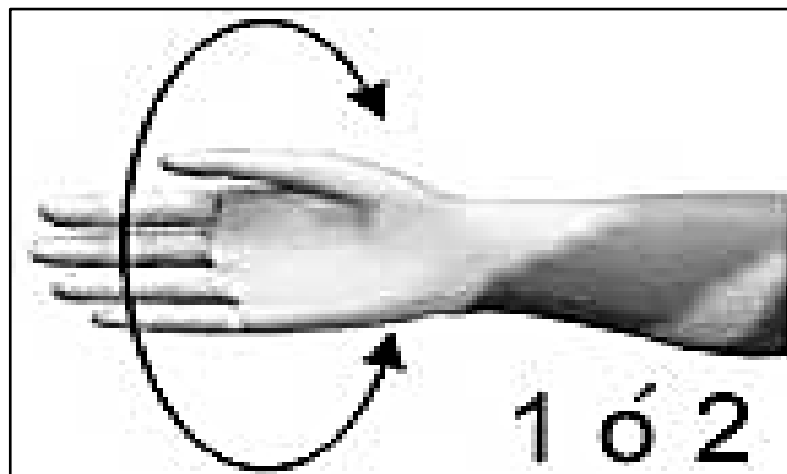
**Tabla N° 8.-Modificación de la puntuación de la muñeca.**

PUNTOS	POSICIÓN
+1	Si está desviada radial o cubitalmente.

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS ,2006).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2016).

Una vez obtenida la puntuación de la muñeca se valorará el giro de la misma. Este nuevo valor será independiente y no se añadirá a la puntuación anterior, si no que servirá posteriormente para obtener la valoración global del grupo A.



**Gráfico N° 12.Giro de la muñeca.**

Fuente: Investigación bibliográfica (ERGONAUTAS, 2006).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**Tabla N° 9.-Puntuación del giro de la muñeca.**

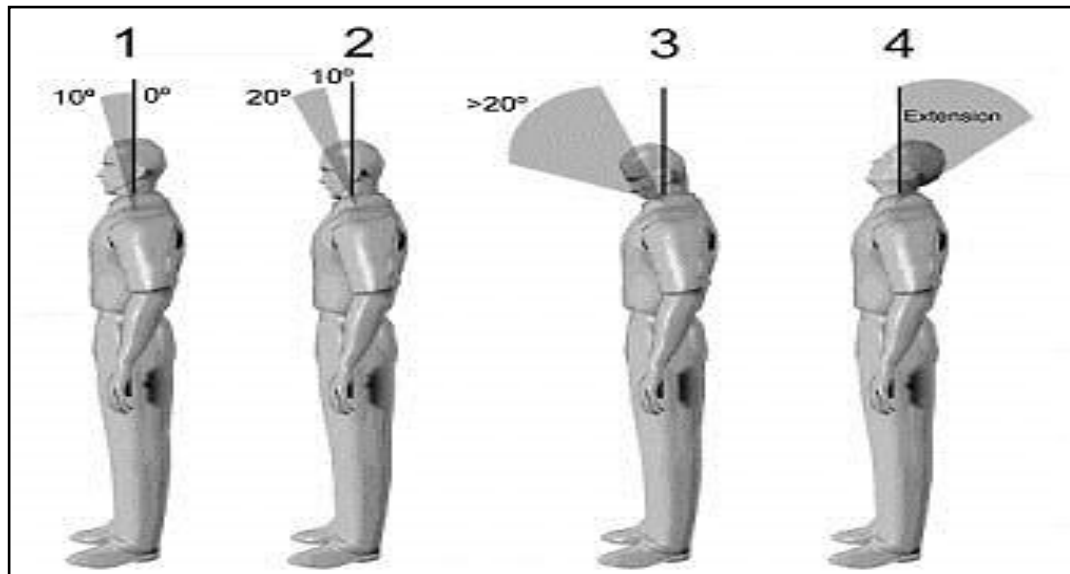
PUNTOS	POSICIÓN
1	Si existe pronación o supinación en rango medio.
2	Si existe pronación o supinación en rango extremo.

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS ,2006).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016).

**Grupo B: Puntuaciones para las piernas, el tronco y el cuello.**

**Puntuación del cuello.**



**Gráfico N° 13.-Puntuación del cuello.**

Fuente: Investigación bibliográfica (ERGONAUTAS, 2006).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

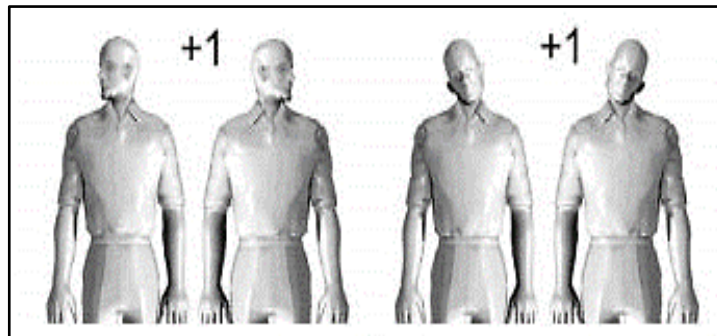
**Tabla N° 10.-Puntuación del giro del cuello.**

PUNTOS	POSICIÓN
1	Si existe flexión entre 0 <sup>0</sup> y 10 <sup>0</sup>
2	Si está flexionado entre 10 <sup>0</sup> y 20 <sup>0</sup>
3	Para flexión mayor de 20 <sup>0</sup>
4	Si está extendido

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS ,2006).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

La puntuación hasta el momento calculada para el cuello podrá verse incrementada si el trabajador presenta inclinación lateral o rotación.



**Gráfico N° 14. Inclinación lateral o rotación.**  
 Fuente: Investigación bibliográfica (ERGONAUTAS, 2006).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**Tabla N° 11.- Modificación de la puntuación del cuello.**

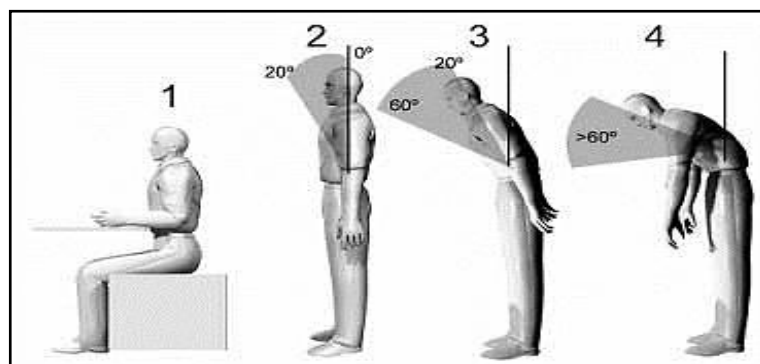
PUNTOS	POSICIÓN
+1	Si el cuello está rotado.
+1	Si hay inclinación lateral.

Fuente: Investigación de campo ERGONAUTAS (2006).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

### Puntuación del tronco.

Se deberá determinar si el trabajador realiza la tarea sentada o bien la realiza de pie, indicando en este último caso el grado de flexión del tronco.

La puntuación del tronco incrementará su valor si existe torsión o lateralización del tronco.



**Gráfico N° 15. Puntuación del tronco.**  
 Fuente: Investigación bibliográfica (ERGONAUTAS, 2006).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

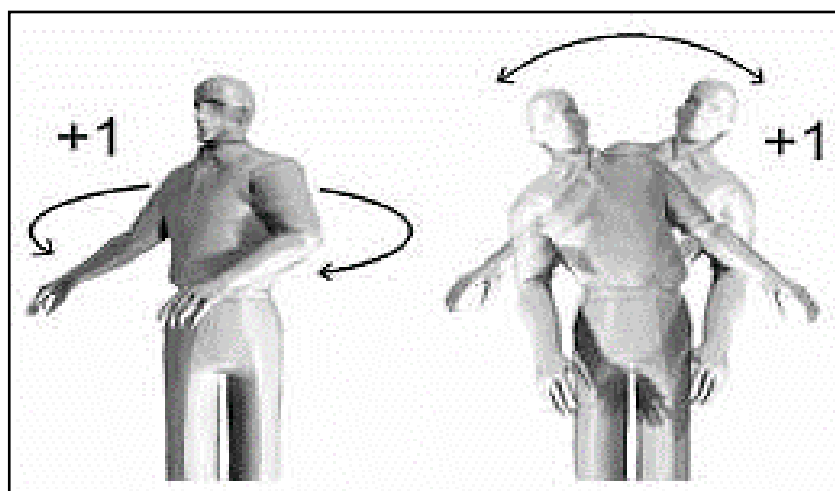
**Tabla N° 12.-Puntuación del tronco.**

PUNTOS	POSICIÓN
1	Sentado, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas > 90°
2	Si está flexionado entre 0° y 20°
3	Si está flexionado entre 20° y 60°
4	Si está flexionado más de 60°

Fuente: Investigación de campo ERGONAUTAS (2006).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

La puntuación del tronco incrementará su valor si existe torsión o lateralización del tronco.



**Gráfico N° 16.Puntuación del tronco.**

Fuente: Investigación bibliográfica (ERGONAUTAS, 2006).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**Tabla N° 13.-Modificación de la puntuación del tronco.**

PUNTOS	POSICIÓN
+1	Si hay torsión de tronco.
+1	Si hay inclinación lateral del tronco.

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS ,2006).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

Tras la obtención de las puntuaciones de los miembros del grupo A y del grupo B de forma individual, se procederá a la asignación de una puntuación global a ambos grupos.

**Puntuación global para los miembros del grupo A:**

**Tabla N° 14.-Puntuación global para los miembros del grupo A.**

Muñeca									
Brazo	Antebrazo	1		2		3		4	
		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS ,2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)



**Puntuación global para los miembros del grupo B:**

**Tabla N° 15.-Puntuación global para los miembros del grupo B.**

Cuello	Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS ,2006).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

**Modificación de la puntuación en función del tipo de actividad muscular desarrollada y fuerzas aplicadas.**

Las puntuaciones globales obtenidas se verán modificadas en función del tipo de actividad muscular desarrollada y de la fuerza aplicada durante la tarea. La puntuación de los grupos A y B se incrementarán en un punto si la actividad es principalmente estática (la postura analizada se mantiene más de un minuto seguido) o bien si es repetitiva (se repite más de 4 veces cada minuto). Además, para considerar las fuerzas ejercidas o la carga manejada, se añadirá a los valores anteriores la puntuación conveniente según la siguiente tabla:

**Tabla N° 16.-Puntuación global para los miembros del grupo B.**

PUNTOS	POSICIÓN
0	Si la carga o fuerza es menor de 2kg. Y se realiza intermitentemente
1	Si la carga o fuerza está entre 2 y 10kg y se levanta intermitente
2	Si la carga o fuerza está entre 2 y 10 kg y es estática o repetitiva
2	Si la carga o fuerza es intermitente y superior a 10 kg
3	Si la carga o fuerza es superior a los 10 kg y es estática o repetitiva
3	Si se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS ,2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

### **Puntuaciones finales.**

La puntuación obtenida de sumar a la del grupo A la correspondiente a la actividad muscular y la debida a las fuerzas aplicadas pasará a denominarse puntuación C. De la misma manera, la puntuación obtenida de sumar a la del grupo B la debida a la actividad muscular y las fuerzas aplicadas se denominará puntuación D. A partir de las puntuaciones C y D se obtendrá una puntuación final global para la tarea que oscilará entre 1 y 7, siendo mayor cuanto más elevado sea el riesgo de lesión. La puntuación final se extraerá de la tabla 17.

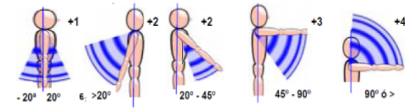
**Tabla N° 17.-Puntuación Final**

PUNTUACIÓN FINAL							
Puntuación C	Puntuación D						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS, 2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

**A. Analizar de brazo, antebrazo y muñeca**

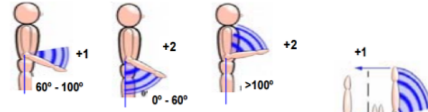
Paso 1: Localizar la posición del brazo



Si el hombro esta elevado +1  
Si el brazo esta abducido (despegado del cuerpo);+1  
Si el brazo esta apoyado o sostenido;-1

Puntuación brazo =

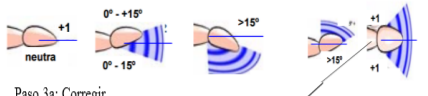
Paso 2: Localizar la posición del antebrazo



Paso 2a: Corregir...  
Si el brazo cruza la línea media del cuerpo:+1  
Si el brazo sale la línea del cuerpo:+1

Puntuación antebrazo =

Paso 3: Localizar la posición de la muñeca



Paso 3a: Corregir...  
Si la muñeca esta doblada por la línea media:+1

Puntuación muñeca =

Paso 4: Giro de muñeca  
Si la muñeca está en el rango medio de giro:+1  
Si la muñeca esta girada próxima al rango final de giro:+2

Puntuación de giro de la muñeca =

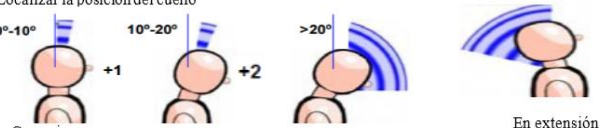
**PUNTUACIÓN**

**Tabla A**

Brazo	Ante	Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro muñeca	Giro muñeca	Giro muñeca	Giro muñeca	Giro muñeca	Giro muñeca	Giro muñeca	Giro muñeca
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	3	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	5	5	5	5
	2	4	4	4	5	5	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	8
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

**B. Análisis del cuello, tronco y piernas**

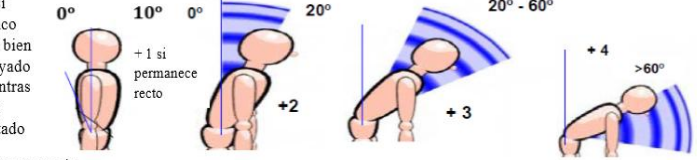
Paso 9: Localizar la posición del cuello



Paso 9a: Corregir...  
Si hay rotación:+1; si hay inclinación lateral:+1

Puntuación del cuello =


Paso 10: Localizar la posición del tronco



Paso 10a: Corregir...  
Si hay torsión +1; si hay inclinación lateral:+1

Puntuación tronco =

Paso 11:



Si las piernas y pies apoyados y equilibrados: +1  
Si no: +2

Puntuación piernas =

Cuello	Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	
1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
3	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
4	3	4	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
5	4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	8	8
6	5	7	7	7	7	8	7	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9

**Gráfico N° 17. Análisis del brazo, antebrazo y muñeca.**


Fuente: Investigación bibliográfica (Any García, 2012).


Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.


**Gráfico N° 18. Análisis del cuello, tronco y pierna.**

Fuente: Investigación bibliográfica (Any García, 2012).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia

**Paso 5: Localizar puntuación postural en Tabla A**  
Utilizar valores de pasos 1, 2,3 y 4 para localizar puntuación postural en Tabla A  
**Puntuación postural A =** 

**Paso 6: Añadir puntuación utilización muscular**  
Si la postura es principalmente estática (p.e. agarres superiores a 1 min.) ó si sucede repentinamente la seccion ( 4 veces/min. ó más): +1  
**Puntuación muscular =** 

**Paso 7: Añadir puntuación de la Fuerza/ Carga**  
Si carga ó esfuerzo < 2 Kg. Intermitente:+0  
Si es de 2 a 10 Kg. Intermitente:+1  
Si es de 2 a 10 Kg. Estática o repetitiva:+2  
Si es una carga > 10Kg. ó vibrante ó súbita:+3  
**Puntuación fuerza/carga =** 



**Paso 8: Localizar fila en Tabla C**  
Ingresar a Tabla C con la suma de los pasos 5,6,7  
**Puntuación final muñeca, antebrazo y brazo =** 


Tabla C


	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7


Tabla C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

**Paso 12: localizar puntuación postural en Tabla B**  
Utilizar los valores de pasos 9, 10 y 11 para localizar puntuación postural en Tabla B  
**=Puntuación postural B** 

**Paso 13: Añadir puntuación utilización muscular**  
Si la postura es principalmente estática (p.3. agarres superiores a 1 min.) ó si sucede repentinamente la acción ( 4 veces/min. ó más):+1  
**=Puntuación uso muscular** 

**Paso 14: Añadir puntuación de la Fuerza/Carga**  
Si carga o esfuerzo < 2 Kg. intermitente:  
Si es de 2 a 10 Kg. intermitente:+1  
Si es de 2 a 10 Kg. estática o repetitiva:+2  
Si es una carga > 10 Kg. ó vibrante ó súbita:+3  
**=Puntuación fuerza/carga** 

**Paso 15: Localizar columna en Tabla C**  
Ingresar a Tabla C con la suma de los pasos 12,13 y 14  
**=Puntuación final muñeca, antebrazo y brazo** 

**Gráfico N° 19. Puntuación final.**  
Fuente: Investigación bibliográfica (Any García, 2012)  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

## Recomendaciones.

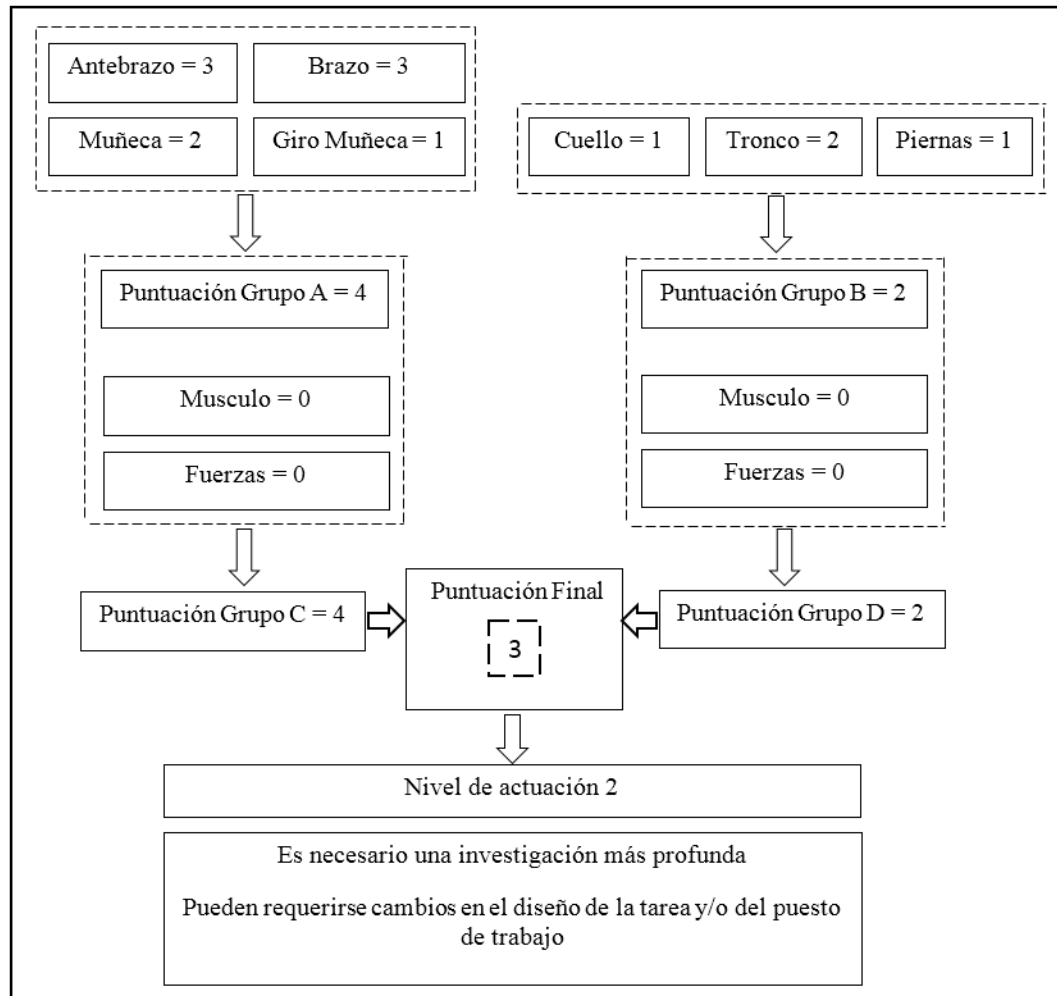
Por último, conocida la puntuación final, y mediante la tabla 17, se obtendrá el nivel de actuación propuesto por el método RULA. Así el evaluador habrá determinado si la tarea resulta aceptable tal y como se encuentra definida, si es necesario un estudio en profundidad del puesto para determinar con mayor concreción las acciones a realizar, si se debe plantear el rediseño del puesto o si, finalmente, existe la necesidad apremiante de cambios en la realización de la tarea. El evaluador será capaz, por tanto, de detectar posibles problemas ergonómicos y determinar las necesidades de rediseño de la tarea o puesto de trabajo. En definitiva, el uso del método RULA le permitirá priorizar los trabajos que deberán ser investigados. La magnitud de la puntuación postural, así como las puntuaciones de fuerza y actividad muscular, indicarán al evaluador los aspectos donde pueden encontrarse los problemas ergonómicos del puesto, y por tanto, realizar las convenientes recomendaciones de mejora de éste.

**Tabla N° 18.-Niveles de actuación según la puntuación final obtenida.**

NIVEL	ACTUACIÓN
1	Cuando la puntuación final es 1 o 2 la postura es aceptable
2	Cuando la puntuación final es 3 o 4 pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
3	La puntuación final es 5 o 6. Se requiere el rediseño de la tarea; es necesario realizar actividades de investigación
4	La puntuación final es 7. Se requiere cambios urgentes en el puesto o tarea.

Fuente: Investigación de campo (ERGONAUTAS ,2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

## Esquema de puntuaciones obtenidas.



**Gráfico N° 20. Flujo de obtención de puntuaciones en el método RULA.**

Fuente: Investigación bibliográfica (ERGONAUTAS, 2006).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

La ergonomía nos permite adaptar el ambiente en el que vivimos y trabajamos para que se ajuste a nuestras necesidades específicas, cada persona es diferente. Nos proporciona técnicas para minimizar el impacto físico de las actividades cotidianas. Nos brinda un ambiente cómodo en el trabajo y en el hogar en el cual se puede ser productivo (INPAHU, 2010).

## Método MAPFRE para evaluar el riesgo por ergonomía.

El método Mutuo de la Agrupación de Propietarios de Fincas Rústicas de España (MAPFRE), es un método mixto de análisis ergonómico de riesgos del

puesto de trabajo, que pretende una valoración simplificada de las condiciones de trabajo: se hace una valoración objetiva por parte del técnico y se complementa con una valoración subjetiva por parte del usuario. Esta valoración se constituye en la base para abordar estudios más profundos y específicos de los aspectos considerados como negativos dentro de un puesto de trabajo.

Este método consta de tres partes perfectamente diferenciadas: ***una descriptiva, donde se indican los datos más significativos del puesto de trabajo*** (denominaciones de las máquinas, equipos, materiales empleados, así como una breve descripción de las tareas que se realizan).

En esta misma parte lo primero que se realiza es un perfil profesiográfico del puesto, donde figura la evaluación de cada factor considerado, con cinco niveles, que van desde el 1, el cual supone unas condiciones muy favorables, hasta el 5, que se aplica a aquellas condiciones evaluadas que son precisas de mejorar o corregir, pasando por el grado 3 el cual se ha definido como el "nivel de acción", lo que quiere decir, que es una situación aceptable legal o técnicamente, a partir de la cual se deben introducir correcciones o mejoras.

Por ser un método mixto, en cada uno de los factores, se introduce una valoración de las condiciones por parte del trabajador o usuario, también en cinco grados cualitativos: (++) muy aceptable, (+) aceptable, (•) neutro, (-) desfavorable, (--) muy desfavorable.

***La segunda parte es la evaluativa***, donde se establecen los factores que vamos a considerar en la evaluación y, que abarcan aspectos relativos a esfuerzos físicos, sensoriales y mentales, factores psicosociológicos (iniciativa, comunicación, turnos y horarios, etc.), y factores ambientales (iluminación, ruido, temperatura, etc.).

***La tercera parte del análisis es la dedicada a las medidas correctivas***, donde se relacionan las proposiciones mínimas que deben incluirse en el puesto respecto de los factores analizados y sus posibles mejoras técnicas, organizativas, administrativas o formativas (ISNHT, 2010).

## **Criterios de evaluación.**

### **Puesto de trabajo.**

En este apartado se deben considerar el equipo de trabajo, el mobiliario, otros instrumentos auxiliares de trabajo, así como su disposición y dimensiones. La disposición del puesto de trabajo dependerá de la amplitud del área donde se realiza el trabajo así como del equipo disponible. Es importante definir los planos de trabajo, las distancias visuales del mismo, la posibilidad de realizar movimientos (accesos, espacio para las piernas, ausencia de obstáculos, etc.), los asientos de trabajo, las mesas de trabajo, herramientas y otros útiles o equipamientos como pueden ser dispositivos de protección personal, controles, equipos de ayuda para el manejo o el levantamiento de cargas, etc.

La valoración en este apartado, se realiza en función del número de factores que no cumplen las recomendaciones mínimas establecidas legalmente. Por ello asignaremos las puntuaciones de la siguiente forma:

**Tabla N° 19.-Puntuaciones referentes al puesto de trabajo.**

<b>GRADO</b>	<b>CRITERIO</b>
<b>1</b>	El puesto de trabajo reúne todas las recomendaciones o posibilidades de regulación para los diferentes usuarios.
<b>2</b>	El puesto reúne los principales requisitos que hacen compatible las exigencias del trabajo con las necesidades biomecánicas básicas.
<b>3</b>	El puesto tiene algún aspecto claramente mejorable que es necesario corregir.
<b>4</b>	El puesto de trabajo tiene varios aspectos mejorables que es preciso corregir.
<b>5</b>	El puesto tiene varios puntos claramente deficientes, siendo necesario un rediseño del puesto.

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)



### **Actividad física general.**

Se determina según la intensidad de la actividad física que requiera el trabajo, los métodos utilizados y los equipamientos. Podemos hacer una distinción entre lo que es carga física estática- postural y carga física dinámica.

### **Carga física estática postural.**

Es un factor que valora la postura de trabajo, los movimientos y esfuerzos que se deben realizar en el puesto de trabajo con la finalidad de mejorar la eficacia y disminuir las dolencias posturales.

La carga estática está asociada a las posturas de trabajo y a la actividad isométrica de los músculos. En un gran número de ocasiones, la fatiga física, está asociada al mantenimiento de una postura forzada e invariante. Las posturas de trabajo con muy poca movilidad corporal, suelen ser más fatigantes que los esfuerzos dinámicos moderados, por lo que podemos asegurar que, el confort postural depende más de la posibilidad de cambiar la postura de trabajo que de buscar una postura ideal, ya que, cualquier postura a la larga se transforma en fatigante.

La valoración de la carga estática se realiza considerando la postura de trabajo y el tiempo que se mantiene dicha postura, según tabla que se adjunta. El resultado total será la suma del resultado obtenido por las distintas posturas de trabajo a lo largo de una jornada, teniendo en cuenta que en caso de obtener decimales se redondeará la cifra hacia arriba.

### **Carga física dinámica.**

Hace referencia a lo que se puede entender como actividad física, estando muy unida al concepto de gasto energético, aunque la carga estática también supone un gasto energético mínimo adicional.

Tabla N° 20.-Carga física estática en función de la postura.

POSTURA PRINCIPAL	DURACIÓN DE LA POSTURA POR HORA (min/h).				
	< 10'	De 10' a < 20'	De 20' a < 35'	De 35' a < 50'	> 50'
Sentado en posición neutra	0	0	0	0	0
Sentado, tronco inclinado hacia adelante.	0,5	0,5	1	1,5	2,5
Sentado, brazos por encima de los hombros	1	2	4	5	5
De pie, brazos hacia abajo.	0	0	0,5	1	1,5
De pie, brazos al frente	0,5	1,5	2	3	3,5
De pie, brazos por encima de los hombros.	1	2	4	5	5
De pie, cuerpo inclinado hacia delante.	0,5	1	2	3	3,5
De pie, con flexión de tronco (90°).	1	2	3	4,5	5
De rodillas, brazos al frente.	1	2	3	4	5
De rodillas, tronco en flexión (90°).	1	2,5	4	5	5
De rodillas, brazos por encima de los hombros.	1,5	3,5	4,5	5	5
De cúbito supino, brazos hacia arriba.	1	3	4	5	5
Agachado, brazos por debajo de los hombros.	1	2	2,5	4	5
Agachado, brazos por encima de los hombros.	1,5	3,5	4,5	5	5

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

**Índice de riesgo por sobreesfuerzos.** Nos indica la posibilidad de lesión muscular por sobreesfuerzos, especialmente de la zona lumbar, durante el movimiento de cargas. Este indicador se mide por la fórmula del límite de acción de carga que es:

$$LA = 40 \left( \frac{15}{H} \right) \times (1 - 0,004[V - 75]) \times (0,7 + \frac{1,5}{D}) \times (1 - \frac{F}{F_{max}}) \quad (1)$$

Y el resultado de esta ecuación expresado en Kgr. Siendo:

H = separación horizontal cuerpo – centro del objeto en cm.

V = altura vertical de partida del objeto en cm.

D = distancia vertical desplazado en cm.

F = frecuencia media de manipulaciones por minuto.

Fmáx = Frecuencia máxima

**Tabla N° 21.-Carga física estática en función de la postura.**

PERIODO	POSTURA	
	De pie	Sentado
1 Hora	18	15
8 Horas	15	12

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

Como criterio de valoración de la carga física, utilizará el metabolismo total del trabajo que se determina según las tablas existentes en la norma ISO/DIS8996.

### **Levantamiento de cargas.**

El estrés causado por el levantamiento se basa en el peso de la carga, la distancia horizontal entre la carga y el cuerpo (distancia de agarre), y la altura de alzamiento.

### **Guía para el análisis.**

- Se mide la altura a la que se realiza el levantamiento.
- Se pesa la carga. Hay que estimar el estrés, según la carga elevada más pesada.
- Se mide la distancia horizontal de manejo desde la línea central del cuerpo.
- Se elige la tabla que corresponda según sea la altura del levantamiento de la carga.

**Tabla N° 22.-Puntuación para el levantamiento de cargas.**

GRADO	CRITERIO
1	Levantamiento de carga de 0,5 kg. Durante menos de 10 minutos por hora.
2	Levantamiento de carga de 0,8 kg. Entre 10 a 20 minutos por hora.
3	Levantamiento de carga de 1,6 kg. Entre 20 a 35 minutos por hora.
4	Levantamiento de carga de 2,16 kg. Entre 35 a 50 minutos por hora.
5	Levantamiento de carga de 2,5 kg. Mayores a 50 minutos por hora.

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

## **Postura de trabajo y movimientos.**

La postura de trabajo hace referencia a la posición del cuello, de los brazos, de la espalda, de las caderas y de las piernas durante el trabajo. Los movimientos de trabajo son los movimientos del cuerpo requeridos por el trabajo.

### **- Guía para el análisis**

El tiempo que se utiliza para mantener la postura repercute, acentuando la carga de una situación. El valor de la clasificación aumenta en un nivel, si se mantiene la postura más de media jornada, pero decrece un nivel, si la postura se mantiene menos de una hora.

**Tabla N° 23.-Valoración de postura.**

<b>GRADO</b>	<b>CRITERIO</b>
<b>1</b>	Permanece sentado una hora diaria.
<b>2</b>	Permanece sentado por varios periodos de tiempo.
<b>3</b>	Permanece sentado durante una jornada diurna.
<b>4</b>	Permanece sentado durante una jornada completa.
<b>5</b>	Permanece sentado todo el tiempo.

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

## **Carga sensorial.**

Este factor incluye la atención y el sentido de disponibilidad sensorial a la recepción de señales e información procedente del puesto de trabajo, que van a determinar una evaluación de la situación en cada momento y la toma de decisiones.

Es de suma importancia dentro de este factor, la capacidad del trabajador a la hora de discriminar señales, formas, colores, etc., ya que una elevada sollicitación del trabajo puede inducir a la sobrecarga. También es de considerar, que una baja sollicitación puede producir efectos de infracarga y como consecuencia de ello se puede llegar a la monotonía.

**Tabla N° 24.-Puntuación en función del trabajo.**

GRADO	CRITERIO	EJEMPLOS
1.	Puestos con escasa atención sostenida, donde la inadvertencia de señales pueden ser corregidas por otros medios. Existe poca presión de velocidad y pocas señales que advertir.	Trabajos de accionamiento /parada, producción semiautomática a baja velocidad.
2.	Trabajos que requieran una atención difusa permanente con momentos críticos de atención sostenida previsibles.	Trabajos de montaje en serie, clasificación de materiales, etc.
3.	Trabajos que implican atención periódica o intermitente de distintas variables, coincidiendo varias de ellas a la vez, de modo que la atención concentrada sobre algún aspecto del trabajo es permanente.	Trabajos de montaje manual con controles de variables en pantallas, diales, señales acústicas, etc, trabajos administrativos repetitivos.
4.	Trabajos que implican atención sostenida permanente, con escasa previsibilidad sobre la aparición de señales críticas, en los que hay que actuar con rapidez y cuyas consecuencias pueden ser importantes.	Conducción de vehículos en áreas de intenso tráfico, controles permanentes de variables o factores críticos, etc.
5.	Trabajo que necesita de atención continua y permanente donde se puede producir conflicto por varias solicitaciones críticas a la vez.	Máquinas textiles, líneas de embotellados, centralita de teléfono con más de 200 llamadas al día, etc.

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

**Tabla N° 25.-Valoración en función de metabolismo.**

NIVEL DE VALORACIÓN	VALOR DEL METABOLISMO TOTAL			EJEMPLO
	Kcal/h	W	Met	
<b>1</b>	100	117	1,1-1,7	Sentado cómodamente: Trabajo manual ligero, escribir, dibujar, contabilidad, inspección, montaje, clasificación de piezas pequeñas, conducción de vehículos ligeros. De pie: taladrado, montaje y fabricación de piezas pequeñas, desplazamientos ocasionales a una velocidad de 3,4 km/h.
	150	175		
<b>2</b>	150	175	1,7-2,5	Trabajo continuado de manos y brazos, conducción de vehículos medios y pesados, carretillas elevadoras, manipulación discontinua de materiales moderadamente pesados, andar a una velocidad de 3,5 a 5,5 Km/h.
	225	265		
<b>3</b>	225	265	2,5-3,3	Trabajo continuado de manos, brazos y tronco, manejo de materiales pesados, trabajo pesado con herramientas manuales, serrar, limar, cincelar, segar a mano, andar a una velocidad de 5,5 a 6 km/h.
	300	350		
<b>4</b>	300	350	3,3-4,4	Trabajo continuado pesado de manos, brazos y tronco. Manejo de materiales pesados con desplazamiento, trabajo con herramientas pesadas, cavar, serrar a ritmo rápido. Andar a velocidades del orden de 6 a 7 km/h.
	400	468		
<b>5</b>	> 400	> 468	> 4,4	Actividad muy intensa a ritmo muy rápido, palear o cavar con intensidad, subir escaleras, rampas o escalas, correr, andar a una velocidad superior a 7 km/h.

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

El criterio de evaluación a seguir se realiza mediante la siguiente tabla:

## **Contenido del trabajo. Carga mental.**

Toda actividad humana se compone de carga física y carga mental. Acostumbramos a tipificar el trabajo en función del predominio de una u otra, ya que, usualmente, existe una diferencia importante entre las cargas requeridas por los diferentes tipos de actividades que realizan las personas (Mondelo, 1994).

Podemos definir la carga de trabajo mental como en función del número total y la calidad de las etapas de un proceso, o el número de procesos mentales requeridos para realizar una actividad.

Se ha detectado que los operarios expuestos a sobrecarga mental, esta puede ser:

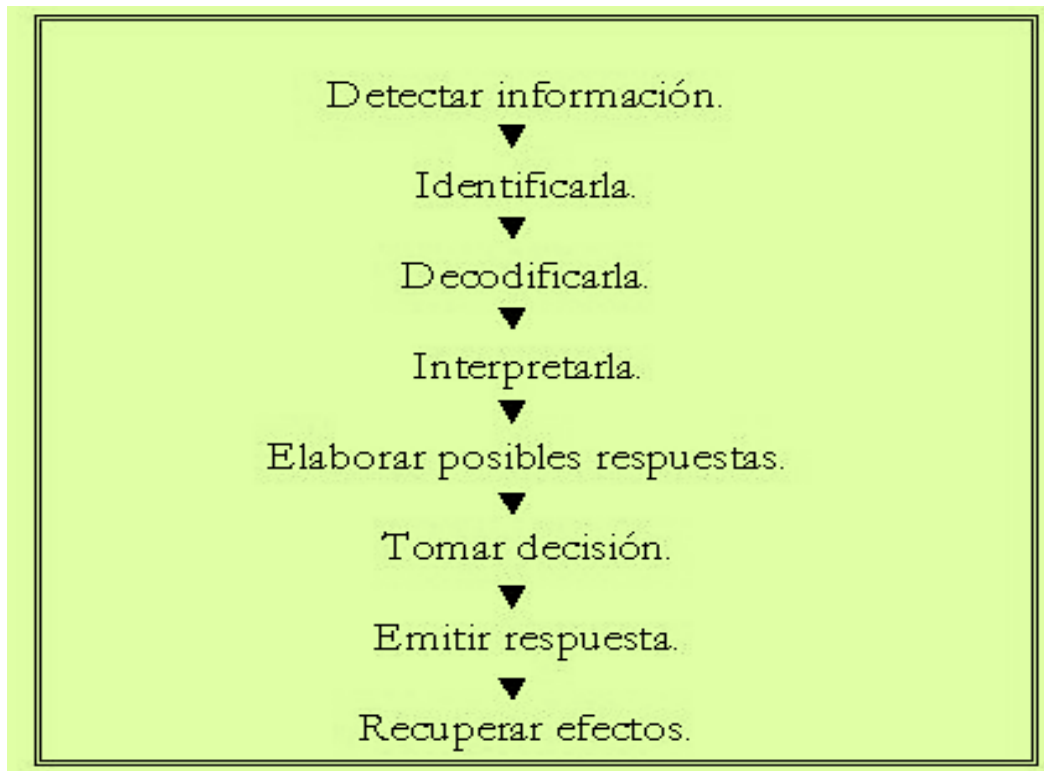
- Cuantitativa, es decir, cuando hay demasiado que hacer.
- Cualitativa, cuando el trabajo es demasiado difícil.
- Infracarga, cuando los trabajos están muy por debajo de la cualificación profesional del operario.

La sobrecarga cuantitativa y la infracarga, producen síntomas de estrés que se manifiestan por una pérdida del respeto hacia sí mismo, una motivación mediocre para el trabajo y una tendencia a refugiarse en las drogas y el alcohol.

La sobrecarga cualitativa, está más asociada con la insatisfacción, las tensiones y una baja opinión de sí mismo pudiendo desembocar en la irritación permanente, trastornos psicósomáticos incluso en algunos casos depresión.

El exceso de carga de trabajo también puede derivarse del uso de técnicas muy perfeccionadas (central nuclear), donde el trabajador dedica la mayor parte de su tiempo a labores de vigilancia y control, en las que acostumbran a aparecer largos periodos de inactividad que pueden ser interrumpidos repentinamente por una situación de gran urgencia, lo que puede conducir a un quebrantamiento repentino del estado físico y psíquico del trabajador.

Cualquier tipo de operación mental se puede analizar como un proceso que incluye diferentes sub operaciones:



**Gráfico N° 21. Valoración en función de metabolismo.**  
Fuente: Investigación bibliográfica (ESTRUCPLAN ,2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

Hay que tener en cuenta una vez más, que la capacidad de respuesta de una persona está limitada en función de una serie de variables tales como: edad, nivel de aprendizaje, pericia, estado de fatiga, características de la personalidad, experiencia, actitud, motivación hacia la tarea, condiciones ambientales, etc.

Si el usuario realiza su tarea en los límites de sus capacidades, lo que implica el mantenimiento prolongado de un esfuerzo, puede dar lugar a la fatiga mental, que puede acompañarse de una respuesta errónea en situaciones críticas.

Los criterios de evaluación que se recomiendan para este factor son los del cuadro siguiente:



**Tabla N° 26.-Criterios de evaluación.**

<b>GRADO</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>EJEMPLOS.</b>
<b>1.</b>	Trabajos planificados o en serie donde no se presenten incidencias, o estas no deban ser resueltos por el propio trabajador.	Trabajos de clasificación de piezas de pocas variedades, transporte de materiales por medios estandarizados.
<b>2.</b>	Trabajos que requieran lectura o escritura de códigos estandarizados.	Trabajos de ordenar y clasificar materiales diversos con memorización de algunas referencias,
<b>3.</b>	Trabajos que requieran lectura o escritura de textos, registro de parámetros físicos y resolución de incidencias todas ellas previstas o cálculos repetitivos con operaciones matemáticas elementales.	Cálculo de operaciones matemáticas sencillas de forma repetida. Copiar a máquina un texto manuscrito, montaje de componentes de equipos de serie bajo plano o esquema que requieran unas secuencias determinadas, pudiendo presentar variaciones sobre el mismo modelo, etc.
<b>4.</b>	Tareas sobre procedimientos no estandarizados, sobre los que surgen incidencias imprevisibles para las que solo se conocen los procedimientos generales y con frecuencia están sometidas a la presión del tiempo.	Trabajos de reparación de equipos nuevos con procedimientos generales de diagnóstico e intervención. Cálculo de operaciones con procedimientos de análisis que precisan de un conocimiento amplio de materias determinadas.
<b>5.</b>	Trabajos con equipos o procesos complejos en los que se deben reconocer la relación entre los distintos componentes (electrónicos, mecánicos).	Instalador de equipos muy especializados, bajo planos y con verificaciones de alta precisión. Con frecuencia requieren de formación especializada obtenida fuera de la empresa.

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

### **Autonomía y decisiones.**

Es un factor específicamente relacionado con las posibilidades de iniciativa de las personas y el tipo de control ejercido sobre el trabajo. La iniciativa es la capacidad para actuar autónomamente a partir de la planificación normal del trabajo, tomando decisiones, desde los recursos que un trabajador posee, para mejorar la calidad del producto, cumplir el tiempo establecido o mejorar las condiciones de trabajo.

En los trabajos muy restrictivos, las condiciones en las que se realiza el mismo, limitan la movilidad del trabajador y su libertad para escoger cómo y cuándo debe realizar las tareas.

Determinados puestos de trabajo en las que se solicita mucha iniciativa, ésta, está en relación directa con el status del mismo y, junto con la formación y experiencia, constituye factor de profesionalidad para el puesto.

Por todo ello, podemos hacer una separación entre lo que puede ser la **autonomía temporal** que es aquella en la que el trabajador puede acelerar o retardar su ritmo de trabajo sin perturbar la producción, siendo típica en los trabajos administrativos y difícil de llevar a cabo cuando los trabajos son en cadena, donde es necesario colocar un comodín cada vez que el operario abandona su puesto de trabajo. Por otro lado tendríamos la **autonomía operacional**, que es la posibilidad que tiene el trabajador de organizar su trabajo y modificar el orden de las operaciones para acomodarlas a su forma de trabajar consiguiendo un mayor rendimiento y retardar la aparición de la fatiga. Los criterios de evaluación que se utilizan para este factor, quedan definidos en la tabla siguiente:

**Tabla N° 27.-Valorización de autonomía operacional.**

GRADOS	CRITERIOS	EFFECTOS
1.	Trabajos planificados con actuación en incidencias planificadas, donde se puede recurrir a apoyos de los superiores en cualquier momento. Trabajos en los que existe total autonomía en ritmo de trabajo y orden de operaciones.	No existe la posibilidad de sobrecarga cualitativa, por estar perfectamente definido cómo actuar en cada incidencia.
2.	Trabajos planificados, donde a veces es preciso decidir sobre pequeños detalles relacionados con las tareas o el control del proceso. Existe autonomía en el orden de operaciones	No es previsible que se produzca sobrecarga cualitativa por no estar previsto cómo actuar en determinadas situaciones.
3.	Trabajos donde es preciso definir el orden de las operaciones que se van a realizar. Ante las incidencias importantes tiene la posibilidad de consulta, pero las derivadas de las tareas específicas tienen que ser definidas.	Ocasionalmente puede producir sobrecarga cualitativa por no saber cómo intervenir en situaciones específicas y tener que consultar a niveles superiores de la organización.

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000)  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

**Tabla N°27. Continuación.**

**Valorización de autonomía operacional.**

<b>4.</b>	Trabajos en los que para muchas operaciones no están definidos los procedimientos de trabajo. A veces ante ciertas eventualidades no es posible la consulta a un superior y los errores pueden tener repercusiones importantes en la sección.	Pueden producirse sobrecargas cualitativas debido al desconocimiento de las alternativas para solución de problemas.
<b>5.</b>	Trabajos variados donde no existen procedimientos definidos y en la mayoría de las situaciones no es posible la consulta jerárquica superior para la resolución de problemas.	Se producen sobrecargas cualitativas ante la carencia de recursos organizativos de la empresa, además de presentar demandas de decisión individual a problemas de resolución interdisciplinar o grupal.

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

**Monotonía y repetitividad.**

La repetitividad en el trabajo, viene determinada por la duración media de un ciclo de trabajo. Es una característica del trabajo en sí. La monotonía es la vivencia subjetiva de dicha repetitividad y se caracteriza por la ausencia de estímulos ambientales o de contenido de trabajo en la realización de las tareas; también es característica de la monotonía la ausencia de variedad de movimientos y ritmo.

La monotonía es una consecuencia de las subcargas cualitativas del trabajo, si bien, pueden ir acompañadas de sobrecargas cuantitativas de tiempos, velocidad, plazos, etc.

Los criterios de evaluación de este factor quedan expresados en el siguiente cuadro, donde ha sido valorada la duración media del ciclo de trabajo y el número de operaciones realizadas en cada ciclo.

**Tabla N° 28.-Ciclo de trabajo.**

DURACION MEDIA DEL CICLO DE TRABAJO	NUMERO DE OPERACIONES DIFERENTES POR CICLO		
	Hasta 2.	De 3 a 10.	Superior a 10
Inferior a 3 minutos.	5	5	4
De 3 a 10 minutos.	4	4	3
De 10 a 30 minutos.	3	3	2
Superior a 30 minutos	2	2	1

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

**Tabla N° 29.-Criterio de evaluación de monotonía y repetitividad.**

GRADO	CRITERIO
1	Duración media del ciclo de un minuto
2	Duración media del ciclo de trabajo inferiores a tres minutos
3	Duración media del ciclo de trabajo de 3 a 10 minutos
4	Duración media del ciclo de trabajo de 10 a 30 minutos.
5	Duración media del ciclo de trabajo superior a 30 minutos.

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

### **Comunicación y relaciones sociales.**

Ambos conceptos hacen referencia a las oportunidades de comunicación que tienen los trabajadores entre sí y/o con sus superiores. En este factor hemos de considerar que tanto la comunicación continua (Ej: trabajo cara al público), como el aislamiento físico y comunicacional, son normalmente fuente de estrés e insatisfacción.

**Tabla N° 30.-Criterio de evaluación de monotonía y repetitividad.**

<b>HORARIO DE TRABAJO</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Grado</b>
Normal, flexible u opcional	1
Horario fijo diurno	2
Horario diario rotativo 2 x 8	3
Horario a turnos rotativos 3 x 8 con descanso en fines de semana	4
Horario a turnos rotativo en proceso “non stop”	5

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

### **Turnos y horarios. Pausas en el tiempo de trabajo.**

La organización del tiempo de trabajo es uno de los factores que más importancia tienen en la cantidad y calidad del trabajo, con respecto a la fatiga del trabajador, condicionando en una gran cantidad de ocasiones la vida privada del mismo.

Este factor tiene aspectos que quedan fuera de toda posibilidad de regulación ergonómica (calendario laboral, n° de horas trabajadas, etc.), si bien hay algunos que se pueden adaptar o regular (pausas, horarios, etc.).

De cualquier forma, la mejor sería la optativa por parte del trabajador o la auto-administrada, teniendo en cuenta que la mayor parte de las veces, esto solo es posible en una parte del horario, en algunas pausas o en la elección del periodo de vacaciones.

Para los criterios de evaluación se siguen las siguientes tablas de asignación de valores, teniendo en cuenta que la puntuación final será la media de los valores obtenidos en cada tabla:

**Tabla N° 31.-Asignación de valores de trabajo.**

<b>HORARIO DE TRABAJO</b>	
Tipo	Grado
Normal, flexible u opcional	1
Horario fijo diurno	2
Horario diario rotativo 2 x 8	3
Horario a turnos rotativos 3 x 8 con descanso en fines de semana	4
Horario a turnos rotativo en proceso “non stop”	5

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

**Tabla N° 32.-Horarios y pausas.**

<b>TIEMPO Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO (PAUSAS, MÉTODOS).</b>	
<b>1. HORAS EXTRAORDINARIAS.</b>	
· Imposibilidad de rechazo.....	1
· Posibilidad parcial de rechazo.....	0,5
· Posibilidad total de rechazo.....	0
<b>2. RETRASOS HORARIOS.</b>	
· Imposibilidad de rechazo.....	1
· Poca tolerancia.....	0,5
· Tolerancia en retrasos.....	0
<b>3. PAUSAS.</b>	
· Imposibilidad de fijar duración y tiempos.....	1
· Posibilidad de fijar el momento.....	0,5
· Posibilidad de fijar momento y duración.....	0
<b>4. TÉRMINO DEL TRABAJO.</b>	
· Posibilidad de parar de trabajar solo a la hora prevista.....	1
· Posibilidad de acabar antes, permaneciendo en el puesto.....	0,5
· Posibilidad de acabar antes y abandonar el puesto de trabajo.....	0
<b>5. TIEMPO DE DESCANSO.</b>	
· Imposibilidad de descansar en caso de incidente.....	1
· Tiempo de descanso de media hora o menor.....	0,5.
· Tiempo de descanso de más de media hora.....	0.
<b>TOTAL.....</b>	

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

### **Riesgo de accidente.**

Este factor se refiere a la posibilidad de sufrir una lesión física como consecuencia del trabajo, de forma repentina, inesperada o imprevista y debido a una exposición laboral inferior a un día.

Se determina evaluando la posibilidad de que ocurra el accidente y su gravedad en cuanto a las consecuencias. Los riesgos a valorar son los siguientes:

- Mecánicos.
- Riesgos causados por un diseño incorrecto.
- Riesgos derivados de la actividad del trabajador.
- Riesgos relativos a la energía (electricidad, aire comprimido, los gases, la temperatura, agentes químicos, etc.).

Se considera que el riesgo de accidente es:

- Bajo, si el trabajador puede evitar el accidente teniendo precaución y siguiendo las normas generales de seguridad. La frecuencia media con la que ocurre es superior a cinco años.
- Medio, si el trabajador puede evitar el accidente siguiendo unas instrucciones especiales o debiendo permanecer en un estado de atención especial o permanente. El accidente suele ocurrir con una frecuencia media superior a un año.
- Alto, cuando el trabajador solo puede evitar el accidente siguiendo unas instrucciones complejas de seguridad, permaneciendo bajo un estado permanente de atención. El accidente puede ocurrir cada tres meses o menos.

Se considera que la gravedad del accidente es:

- Baja, cuando no causa baja laboral, las secuelas no son apreciables, o la baja es inferior a una semana.
- Media, cuando la baja puede ser superior a un mes o deja una secuela o incapacidad permanente no invalidante.
- Alta, cuando la baja laboral es superior a un mes y la secuela que puede dejar es incapacidad permanente parcial o total.

Las puntuaciones que se asignan son las siguientes:

**Tabla N° 33.-Valoración de riesgo de accidente.**

		GRAVEDAD DEL ACCIDENTE		
		Baja	Media	Alta
Riesgo de accidente	Bajo	1	2	3
	Medio	2	3	4
	Alto	3	4	5

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

### Contaminantes químicos.

Mediante la realización de evaluaciones higiénicas periódicas, podemos determinar el riesgo higiénico de exposición a los distintos contaminantes químicos existentes en el medio ambiente de trabajo. Para la valoración de la exposición a este factor se aplicarán los distintos grados atendiendo a la siguiente tabla:

**Tabla N° 34.-Ponderación del riesgo químico.**

GRADO	CRITERIO
1	Cuando la concentración media de un contaminante (o combinación de varios de ellos) es inferior al 20% del límite o valor admisible de exposición.
2	Cuando la concentración media está comprendida entre el 20 y el 50% del límite admisible de exposición.
3	Cuando la concentración media es inferior al límite de exposición y superiores al 50% de este.
4	Cuando la exposición media supera el límite permisible, y el control de la contaminación se realiza por medio del empleo de sistemas de protección respiratoria, pero no de forma permanente.
5	Cuando la concentración media supera el límite permisible y es necesario el uso permanente de medios de protección respiratoria.

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)



## **Ruido**

La valoración del ruido se realiza de acuerdo al trabajo realizado. Está en función de las exigencias de la tarea: trabajos que requieren comunicación verbal, las personas deben poder hablar con los demás para dirigir o ejecutar un trabajo; en trabajos que necesitan concentración; los trabajos que necesitan concentración, el trabajador tiene que razonar, tomar decisiones y usar su memoria continuamente.

Los criterios a seguir para valorar la exposición laboral son los establecidos en la siguiente tabla:

**Tabla N° 35.-Valoración de la exposición laboral.**

<b>GRADO</b>	<b>CRITERIO</b>
<b>1</b>	Dosis media diaria inferior al 10% del límite admisible ( $L_{eq} < 80$ dB A). No existen perturbaciones extra-auditivas para el tipo de trabajo realizado.
<b>2</b>	Dosis media diaria entre el 10 y el 50% ( $L_{eq} = 80 - 87$ dB A). No existe perturbaciones extra-auditivas importantes, pero el confort acústico no existe.
<b>3</b>	Dosis comprendida entre el 50 y el 100% ( $L_{eq} = 87 - 90$ dB A). Pueden existir perturbaciones extra-auditivas ocasionales (dificultades para la comunicación verbal, incremento de la fatiga).
<b>4</b>	Dosis media superior al 100% ( $L_{eq} > a 90$ dB A) con ruidos de impacto inferiores a 140 dB de nivel pico. Existen perturbaciones auditivas y el tiempo de empleo de las protecciones individuales es inferior al 80%.
<b>5</b>	Dosis media superior al 100% de nivel diario equivalente permitido con ruidos de impacto de más de 140 dB, existencia de importantes perturbaciones extra-auditivas y el control de la exposición se efectúa mediante el empleo de protecciones personales por un tiempo superior al 80%.

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

### **Ambiente térmico.**

La valoración del ambiente térmico, está en función de variables climatológicas estacionales y horarias. Por ello debe valorarse en las estaciones verano/invierno y en los distintos turnos de día/noche. En cualquier caso, las valoraciones se realizarán para las horas más desfavorables de cada jornada.

Los criterios de valoración usados para este factor están basados en criterios de confortabilidad térmica (índice de voto medio estimado o PMV) basado en la norma ISO 7730, y en el índice WBGT, que evalúa condiciones de estrés térmico por calor, cuando las condiciones del trabajo pueden suponer un riesgo higiénico profesional que excede de lo que serían unas condiciones de disconfort térmico (López, 2000).

La valoración se realiza según la tabla siguiente:

**Tabla N° 36.-Ponderación del ambiente térmico.**

<b>GRADO</b>	<b>CRITERIO</b>
<b>1</b>	Condiciones de confort térmico durante toda la jornada (PMV: -0,5 y 0,5) Posibilidad de regulación térmica en caso necesario.
<b>2</b>	Ligero disconfort térmico en parte de la jornada de trabajo (PMV -1 y 1). Escasas o nulas posibilidades de regulación térmica.
<b>3</b>	Disconfort térmico importante durante toda la jornada de trabajo (PMV -2 y 2). Existencia de importantes contrastes termos higrométricos con el exterior. El índice WBGT es inferior al 100%.
<b>4</b>	Condiciones valorables por el WBGT superiores al 100%, con exposición discontinua y periodos de recuperación suficientes. No es preciso el empleo de ropas de trabajo especial (aislante o reflectante al calor) para su control.
<b>5</b>	Condiciones de trabajo en las que el índice de WBGT es superior al 100% y su control se realiza por medio del uso de material de protección (aislante) durante la mayor parte del tiempo de trabajo, siendo necesario el establecimiento de pausas de recuperación muy controladas.

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

### **Iluminación y ambiente cromático.**

Este factor valora las condiciones de iluminación de los puestos de trabajo, en función de la minuciosidad y las exigencias visuales que se necesitan, para el desarrollo de las tareas que en él se realizan. También, se valorará el aspecto o la

impresión visual que nos da el puesto (color, suciedad, claridad, etc.), si bien este aspecto es un poco subjetivo, solo será tomada en cuenta cuando sea excesivamente manifiesto. Para la valoración de este factor, se realiza una medición del nivel de iluminación del puesto, y se compara con los que están legalmente establecidos en la ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo, para las distintas tareas.

**Tabla N° 37.-Valorización del nivel de iluminación.**

<b>GRADO</b>	<b>CRITERIO</b>
<b>1</b>	Niveles de iluminación superiores a los recomendados, existiendo iluminación natural, no habiendo reflejos excesivos o deslumbramientos directos por reflexión, pudiendo evitarse fácilmente si los hubiera. La impresión visual y cromática es agradable.
<b>2</b>	Nivel de iluminación es suficiente con respecto a los recomendados, pero es necesario el empleo de iluminación artificial durante la mayor parte de la jornada, no existiendo elementos perturbadores durante la jornada y si los hubiera serían fácilmente evitables.
<b>3</b>	Niveles de iluminación suficientes con respecto a los establecidos en las recomendaciones legales, pero se trabaja continuamente con luz artificial, siendo en ocasiones necesario el uso de iluminación auxiliar. Pueden existir desequilibrios o reflejos molestos que en general no afectan al desarrollo del trabajo.
<b>4</b>	Niveles de iluminación existentes en el puesto de trabajo comprendidos entre el 50 y el 100% de los recomendados, existiendo cuatro deslumbramientos directos o por reflexión durante la mayor parte de la jornada, que obligan a adoptar medidas de evitación, como puede ser cambios de posturas.
<b>5</b>	Niveles de iluminación inferiores al 50% de los recomendados o existen cinco deslumbramientos directos o por reflexión que no pueden evitarse e interfieren en el trabajo, durante la mayor parte de la jornada laboral.

Fuente: Investigación de Campo (ESTRUCPLAN, 2000).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

### **Radiaciones.**

Este factor recoge los niveles de exposición a distintas radiaciones, como pueden ser: rayos X, UVA, radioisótopos, etc.

Los criterios de valoración son los siguientes (ISNHT, 2010):

**Tabla N° 38.-Criterios de valoración de los niveles de radiación.**

GRADO	CRITERIO
1	Niveles de iluminación superiores a los recomendados, existiendo iluminación natural, no habiendo reflejos excesivos o deslumbramientos directos por reflexión, pudiendo evitarse fácilmente si los hubiera. La impresión visual y cromática es agradable.
2	Nivel de iluminación es suficiente con respecto a los recomendados, pero es necesario el empleo de iluminación artificial durante la mayor parte de la jornada, no existiendo elementos perturbadores durante la jornada y si los hubiera serían fácilmente evitables.
3	Niveles de iluminación suficientes con respecto a los establecidos en las recomendaciones legales, pero se trabaja continuamente con luz artificial, siendo en ocasiones necesario el uso de iluminación auxiliar. Pueden existir desequilibrios o reflejos molestos que en general no afectan al desarrollo del trabajo.
4	Niveles de iluminación existentes en el puesto de trabajo comprendidos entre el 50 y el 100% de los recomendados, existiendo cuatro deslumbramientos directos o por reflexión durante la mayor parte de la jornada, que obligan a adoptar medidas de evitación, como puede ser cambios de posturas.
5	Niveles de iluminación inferiores al 50% de los recomendados o existen cinco deslumbramientos directos o por reflexión que no pueden evitarse e interfieren en el trabajo, durante la mayor parte de la jornada laboral.

Fuente: Investigación de Campo (INSHT, 2010).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

#### **2.6.4. Antropometría general.**

##### **Definición.**

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

Aunque los estudios antropométricos resultan un importante apoyo para saber la relación de las dimensiones del hombre y el espacio que este necesita para realizar

sus actividades, en la práctica se deberán tomar en cuenta las características específicas de cada situación, logrando así la optimización en el proyecto a desarrollar (López, 1999).

### **Objetivos de la antropometría.**

Al saber que la antropometría es la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, estudia las dimensiones tomando como referencia distintas estructuras anatómicas, y sirve de herramienta a la ergonomía con objeto de adaptar el entorno a las personas se derivan varios objetivos de la misma:

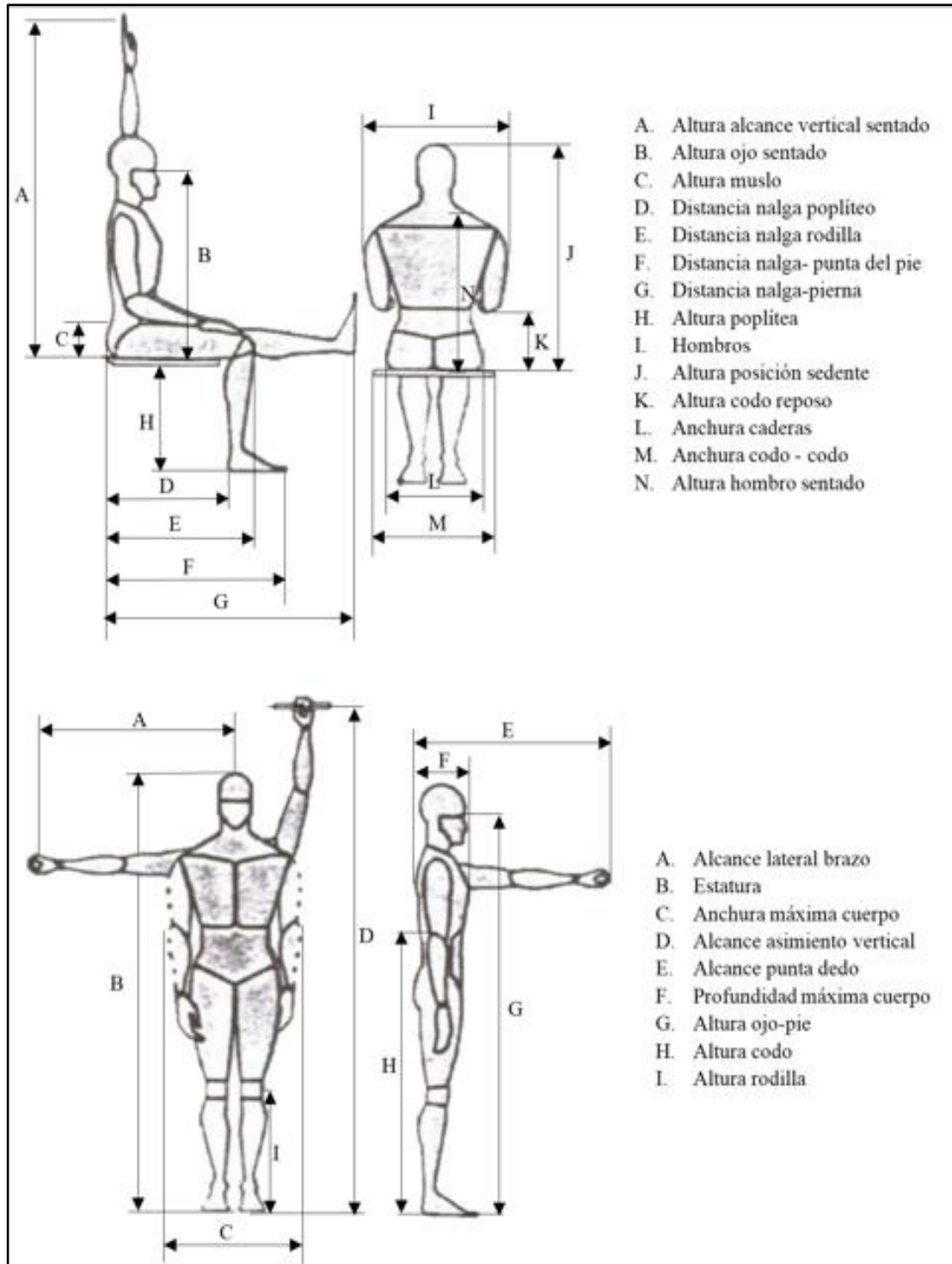
- Como principal objetivo es la búsqueda de la adaptación física del cuerpo del individuo que está trabajando y también adaptar los espacios que los rodean.
- Adaptar el medio donde se realiza el trabajo para las diferencias de las medidas del cuerpo humano
- Otro objetivo importante es diseñar los puestos de trabajo, aplicando métodos fisicomatemáticos al individuo para la realización de dicho diseño, con el fin de que estos espacios sean adecuados al usuario.

### **Clasificación.**

#### **Antropometría estática.**

La antropometría estática o estructural es aquella cuyo objeto es la medición de dimensiones estáticas, es decir, aquellas que se toman con el cuerpo en una posición fija y determinada. Sin embargo, el hombre se encuentra normalmente en movimiento, de ahí que se haya desarrollado la antropometría dinámica o funcional, cuyo fin es medir las dimensiones dinámicas que son aquellas medidas realizadas a partir del movimiento asociado a ciertas actividades. El conocimiento de las dimensiones estáticas es básico para el diseño de los puestos de trabajo y permite establecer las distancias necesarias entre el cuerpo y lo que le rodea, las dimensiones del mobiliario, herramientas, etc. Las dimensiones estructurales de los diferentes segmentos del cuerpo se toman en individuos en posturas estáticas, normalizadas

bien de pie o sentado. Del cuerpo humano pueden tomarse gran número de datos antropométricos estáticos diferentes que pueden interesar, en función de lo que se esté diseñando.



**Gráfico N° 22. Medidas antropométricas estáticas**

Fuente: Investigación bibliográfica (DTEAntropometría, 2012).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

### **Antropometría Dinámica.**

Se trata de una disciplina difícil que requiere conocimientos de biomecánica que permitan el análisis de los movimientos del trabajador en las operaciones que éste realiza.

Las dimensiones dinámicas o funcionales, como hemos dicho, son las que se toman a partir de las posiciones de trabajo resultantes del movimiento asociado a ciertas actividades, es decir, tiene en cuenta el estudio de las articulaciones suministrando el conocimiento de la función y posibles movimientos de las mismas y permitiendo valorar la capacidad de la dinámica articular.

Por ejemplo, el límite de alcance del brazo no se corresponde meramente con la longitud del brazo, sino que es más complejo. En realidad, al realizar un movimiento, los distintos segmentos del cuerpo no actúan independientemente, sino se actúan de forma coordinada. Así, al mover un brazo, hay que tener en cuenta además de la propia longitud del brazo, el movimiento del hombro, la posible rotación parcial del tronco, e incluso la función a realizar con la mano. Ello hace que la resolución de los problemas espaciales en los sistemas de trabajo sea un tema complejo.

Las variables antropométricas son principalmente medidas lineales, como por ejemplo la altura, o la distancia con relación a un punto de referencia, con el sujeto en una postura tipificada; longitudes, como la distancia entre dos puntos de referencia distintos; curvas o arcos, como la distancia sobre la superficie del cuerpo entre dos puntos de referencia, y perímetros, como la medidas de curvas cerradas (perímetro del brazo, por ejemplo). También se puede medir el espesor de los pliegues de la piel, o volúmenes por inmersión en agua (Carranza, 2005).

### **Variables antropométricas y sus correspondientes nomenclaturas.**

#### **Variables antropométricas.**

Las medidas del cuerpo humano tanto en reposo como en movimiento están determinadas por la longitud de sus huesos, el espesor de las capas musculares y de los tejidos, y de la forma y mecánica de las articulaciones. Para la conformación del

puesto de trabajo es importante conocer las dimensiones más importantes del cuerpo y la extensión respectiva de las zonas de movimiento de las manos y de los pies. Las posturas naturales, es decir, las posiciones del tronco, de los brazos y de las piernas que no generen esfuerzos estáticos, y los movimientos naturales indispensables en un trabajo eficaz (OIT, 2010).

Existen numerosos estudios que determinan las dimensiones antropométricas de una persona, obteniendo en cada estudio una nomenclatura diferente de dichas medidas.

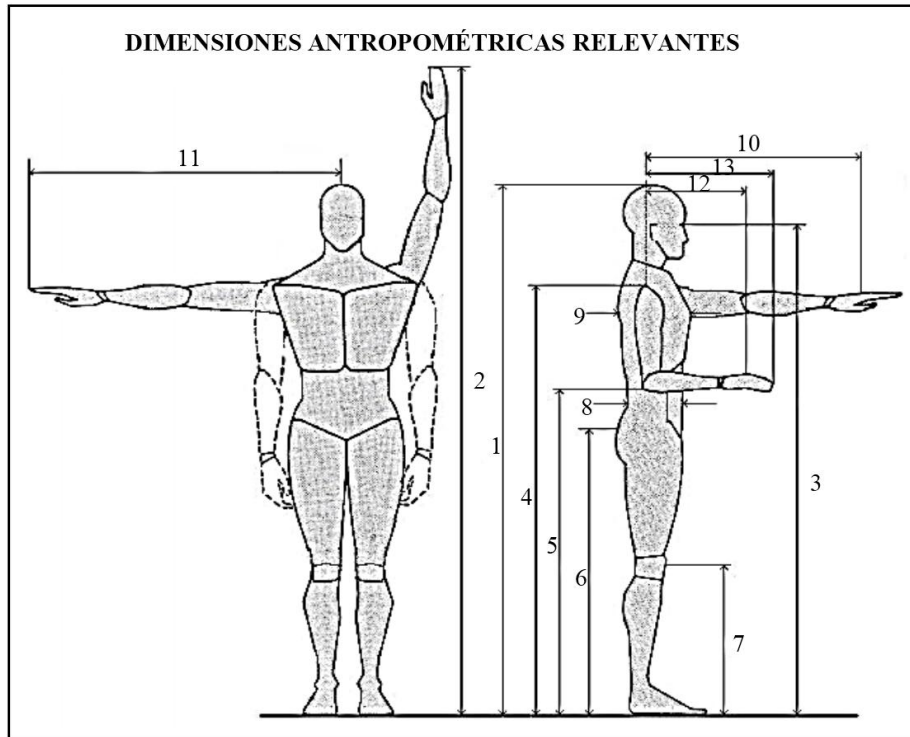
De acuerdo al texto de Antropometría estática de la Escuela Colombiana de ingeniería las medidas antropométricas a tomarse en cuenta son:

**Tabla N° 39.-Variables Antropométricas.**

No	Variable Antropométrica
1	Estatura
2	Alcance vertical
3	Altura de ojos
4	Altura de hombros
5	Altura de codos
6	Altura espina iliaca
7	Altura rodilla
8	Profundidad de abdomen
9	Profundidad de pecho
10	Alcance máximo con agarre
11	Alcance máximo lateral
12	Alcance mínimo con agarre
13	Alcance mínimo sin agarre

Fuente: Investigación de Campo (FISO ,2014).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

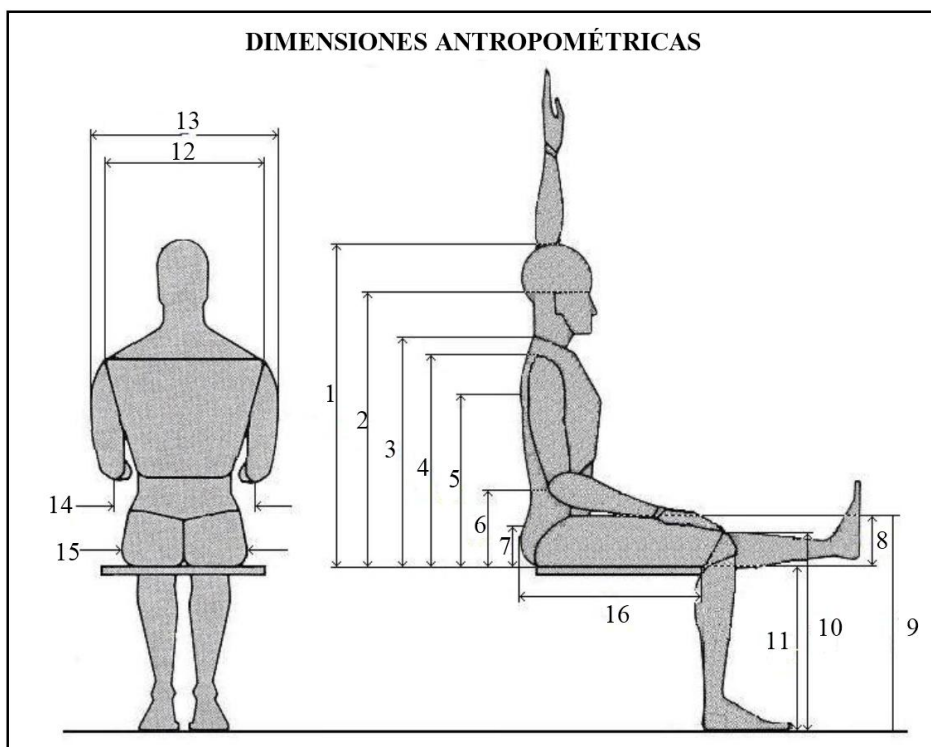




**Gráfico N° 23. Dimensiones antropométricas relevantes (de pie).**

Fuente: Investigación bibliográfica (ERGO ,2012).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



**Gráfico N° 24. Dimensiones antropométricas relevantes (sentado).**

Fuente: Investigación bibliográfica (ERGO, 2012)

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

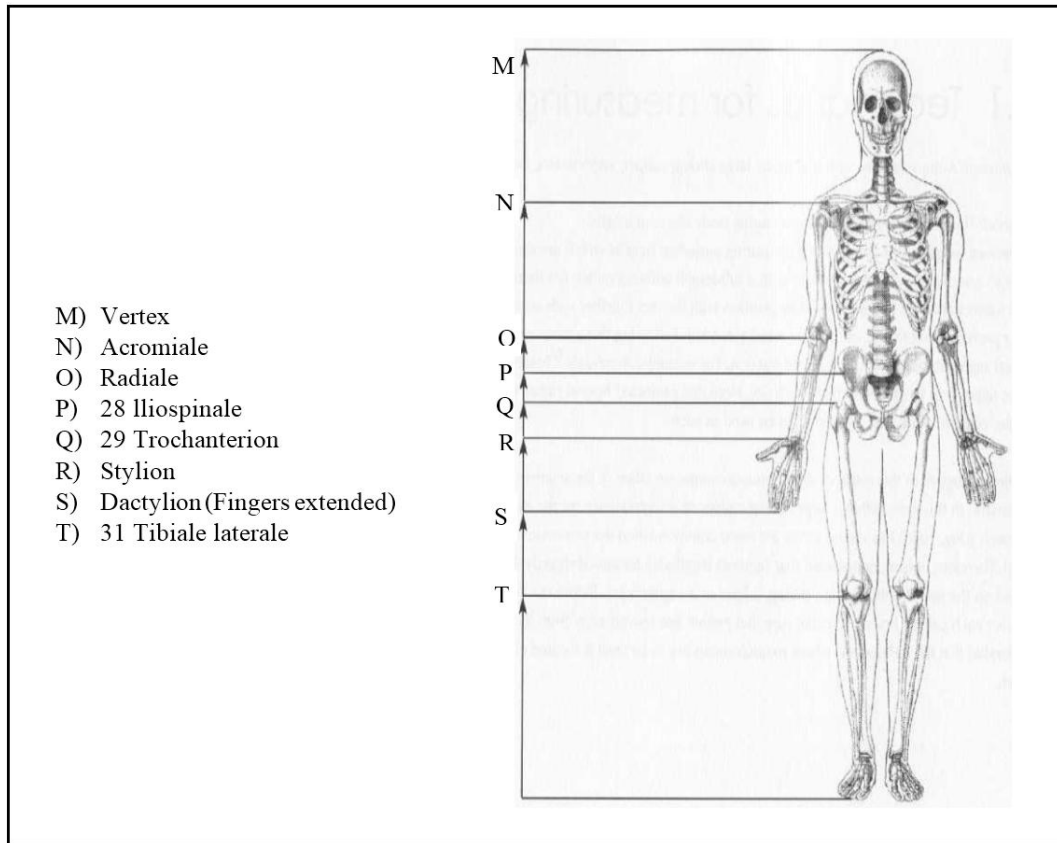
**Tabla N° 40.-Variables Antropométricas.**

No	Variable Antropométrica
1	Altura cabeza-asiento
2	Altura ojos-asiento
3	Altura cervical
4	Altura hombros-asiento
5	Altura subescapular
6	Altura codo-asiento
7	Altura cresta iliaca
8	Altura muslo-asiento
9	Altura muslo-suelo
10	Altura rodilla-suelo
11	Altura poplítea
12	Anchura de hombros
13	Anchura bideltaoidea
14	Anchura codo-codo
15	Anchura de cadera sentado
16	Distancia sacro-poplítea

Fuente: Investigación de Campo (ERGO ,2012).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

De acuerdo al manual de antropometría realizado en la Facultad de Ciencias de la actividad física y del deporte en la Universidad Politécnica de Madrid las variables antropométricas son (PORTALPREVENCIÓN, 2010):



**Gráfico N° 25. Variables antropométricas (1).**  
 Fuente: Investigación bibliográfica (INEF ,2006).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

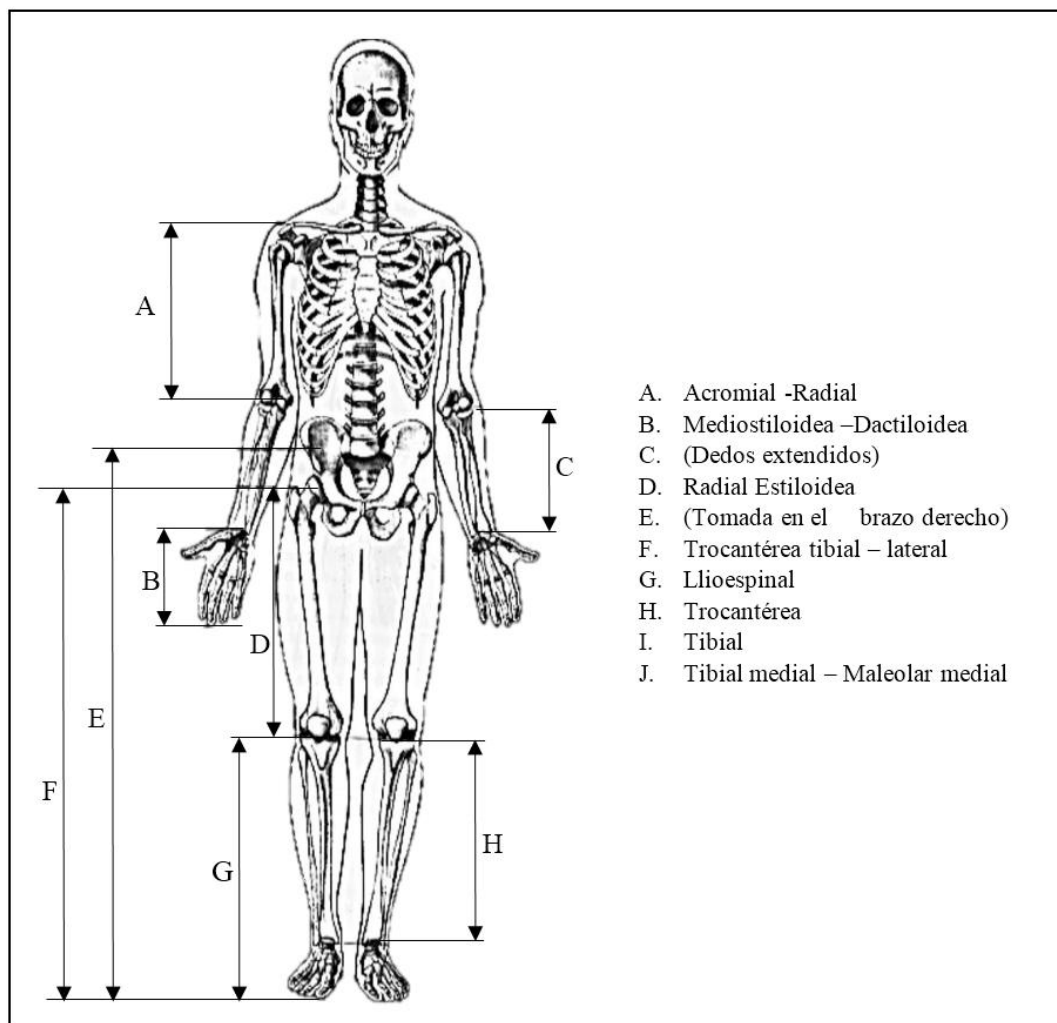
- Peso (P)
- Talla (T o H)
- Talla sentado (Ts)

**Alturas**

- Altura Acromial (Ac)
- Altura Radial (Rd)
- Altura Estiloidea (Et)
- Altura dedal o dactilar (Dd)
- Altura Ileoespinal (Il)
- Altura Trocanterea (Tr)
- Altura tibial lateral (Tb)
- Altura Maleolar Tibial (Mt)
- Altura Maleolar Peroneal (Mp)

## Longitudes

- L. Extremidad superior (Ac - Et)
- L. Brazo (Ac -Rd)
- L. Antebrazo (Rd – Et)
- L. Mano (Et – Dd)
- L. Extremidad inferior (T – Ts)
- L. Muslo 1 (T – Ts – Tb)
- L. Muslo 2 (Tr – Tb)
- L. Tibia[50]



**Gráfico N° 26. Variables antropométricas (2).**  
Fuente: Investigación bibliográfica (INEF ,2006)  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

## **Antropometría para personas con discapacidad móvil inferior.**

Los principios de la Antropometría son generales y de común uso para cualquier tipo de usuario, sin embargo se sugiere que desde los principios de la Antropometría general se adapte a conveniencia para encontrar validez en el diseño de equipos, ambientes y procesos de la Antropometría particular para personas con discapacidad móvil inferior.

### **Instrumentos para mediciones antropométricas en personas que utilizan sillas de ruedas.**

- **Cinta antropométrica:** sirve para medir perímetros y localizar los puntos medios de los segmentos corporales



**Gráfico N° 27.-Cinta antropométrica.**

Fuente: Investigación bibliográfica (INEF ,2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

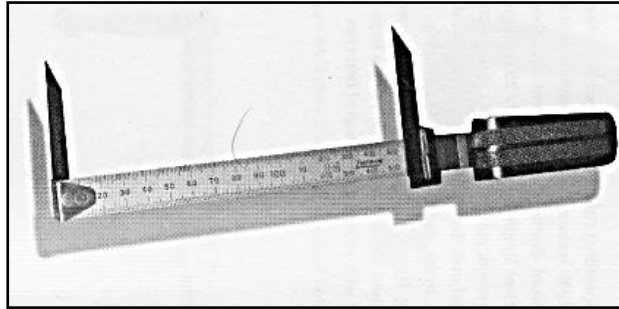
- **Plicómetro:** sirve para medir el pániculo adiposo con una precisión de 0.2 a 1 mm.



**Gráfico N° 28.-Plicómetro.**

Fuente: Investigación bibliográfica (INEF ,2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

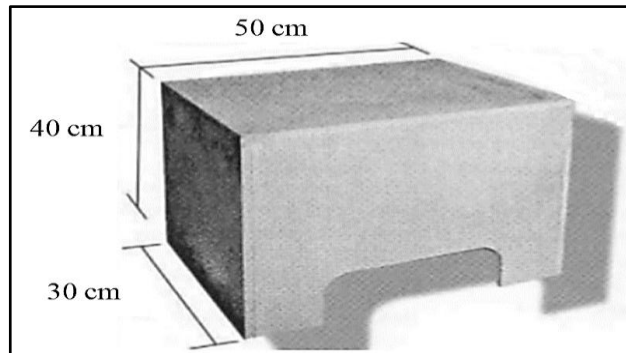
- **Segmómetro:** Sirve para medir directamente longitudes de segmentos corporales y algunas alturas



**Gráfico N° 29.Segmómetro.**

Fuente: Investigación bibliográfica (INEF ,2006)  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

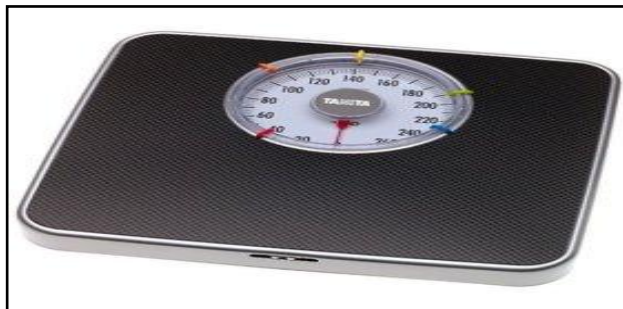
- **Banco Antropométrico:** Sirve para medir la talla sentado y para facilitar la toma de ciertas medidas. Sus dimensiones son 40 de alto, 50 de ancho y 30 de profundidad.



**Gráfico N° 30.Banco antropométrico.**

Fuente: Investigación bibliográfica (INEF ,2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

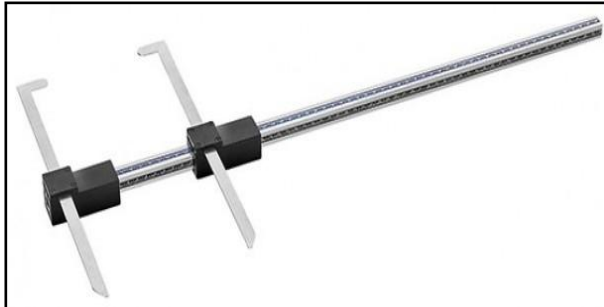
- **Báscula:** Instrumento mecánico o digital utilizado para medir el peso.



**Gráfico N° 31.Báscula.**

Fuente: Investigación bibliográfica (INEF ,2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

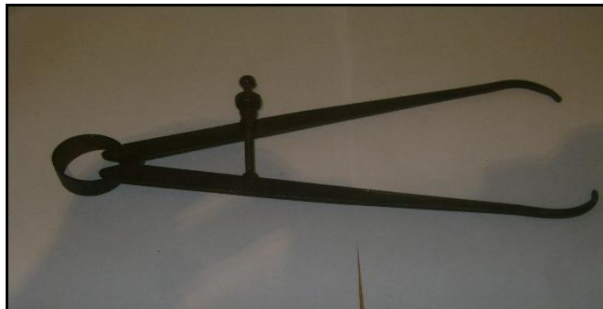
- **Antropómetro:** Barra metálica con un cursor deslizante que puede extenderse gracias a una serie de ramas desmontables. Mide longitudes y tiene una precisión de 1mm.



**Gráfico N° 32. Antropómetro.**

Fuente: Investigación bibliográfica (INEF ,2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**Gran compás:** Se utiliza para medir los diámetros del tronco de manera cómoda (PTOLOMEO, 2010).



**Gráfico N° 33. Gran compás.**

Fuente: Investigación bibliográfica (INEF ,2006).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

### **Métodos de mediciones antropométricas, para personas que utilizan sillas de ruedas.**

- **Medida a mano.-** Esta toma de medidas se realizan a través de instrumentos de medida, aplicándolo a la persona de manera directa.
- **Técnica fotográfica.-** Es un método de medición más sofisticado en la técnica fotográfica. Cuando se realiza correctamente puede dar datos muy precisos, pero se trata de una técnica más costosa debido al costo

del equipo y a la dificultad de convertir las imágenes fotográficas en medidas reales lo que requiere un procesamiento digital de la imagen. También hay que tener en cuenta que son equipos de más difícil transporte.

- **Registro de imágenes.-** Más recientemente se han comenzado a emplear técnicas de registro de imágenes antropométricas en tres dimensiones. Esta técnica facilita la medida de determinadas dimensiones del individuo, pero además tiene otras ventajas entre las que cabe destacar que pueden utilizarse como modelo para el diseño asistido por ordenador de ropa, equipos de protección individual, prótesis, etc.
- Existen otras técnicas tales como las basadas en la fotografía moiré, la estereofotogrametría “raster”, así como otras basadas en la obtención de imágenes mediante láser o ultrasonidos (PTOLOMEO, 2010).

## **2.7. SILLAS DE RUEDAS COMO PUESTO DE TRABAJO.**

### **Adaptación del puesto de trabajo para personas con discapacidad.**

El objetivo de la adaptación ergonómica de puestos de trabajo es determinar cuál es la relación que existe entre la demanda del trabajo y la capacidad del sujeto para detectar las áreas problemáticas y la necesidad de realizar cambios en un caso particular trabajo-sujeto. Sin olvidar que un gran número de personas con discapacidad son capaces de volver al trabajo previo o empezar un trabajo nuevo con mayor determinación y entusiasmo que otras personas sin discapacidad.

#### **2.7.1. Alternativas.**

##### **Adaptar el empleo al trabajo.**

Comprende la adaptación o acoplamiento del trabajador (de la persona o usuario) al medio ambiente laboral, y dentro de éste, específicamente al lugar o puesto de trabajo. El empleado deberá adaptarse al puesto de trabajo; para el caso de sillas de ruedas el usuario debe cambiar para ajustarse a las medidas y características de la silla de ruedas. O también se puede contemplar la selección



solo de aquellos trabajadores apropiados para la exigencia del trabajo, con lo que se discrimina a un determinado número de usuarios al no entrar en los estándares exigidos. Aunque menos recomendable, éste método es aceptable siempre y cuando no signifique ajustar la actividad del sujeto a estándares que puedan ser poco razonables o injustos.

La adaptación al puesto de trabajo, sintetiza el conjunto de medidas preventivas que el empresario debe tener en cuenta para que los factores externos de riesgo laboral se reduzcan al máximo. Para ello debe partirse de un conocimiento completo de las características de los lugares y puestos de trabajo, así como de las condiciones y aptitudes personales y profesionales del trabajador. Lo que también incluye un entrenamiento especial para aquellas personas que se desea reinsertar al trabajo. Éste es el método menos recomendable, sin embargo una vez agotadas las posibilidades de adaptar el trabajo al usuario, se puede optar por esta opción (Quintana, 2006).

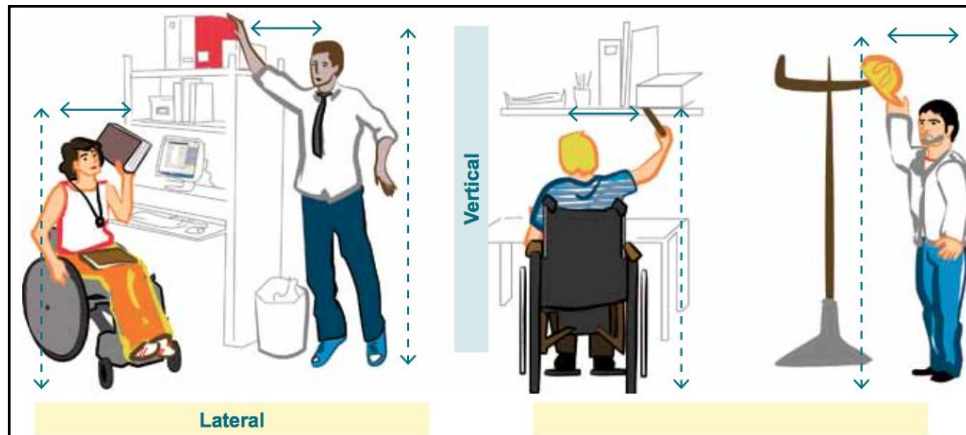
### **Adaptar el trabajo al empleado.**

Se parte por considerar que debe seleccionarse el trabajo adecuado a la persona solicitante: lo cual implica el diseño, o rediseño del puesto de trabajo. Aquí se observa que quien debe cambiar es la silla de ruedas de acuerdo a las características particulares de los usuarios.

Aunque siempre interesa adaptar el entorno al usuario, en el caso de las personas con limitaciones funcionales la adaptación es especialmente necesaria, dado que dependen mucho más de su entorno inmediato que una persona que no las tiene. Si ese entorno productos, trabajos, espacios, etc. no se ajusta a sus características, necesidades y limitaciones; los efectos negativos repercutirán no solo en el confort, facilidad de uso y eficiencia a corto plazo, sino también en su salud, seguridad, independencia, bienestar social y, en definitiva, en su calidad de vida.

Parte esencial de este entorno va generado por el ajuste razonable del puesto de trabajo, dentro del cual adquiere connotada atención la silla de ruedas de una persona con discapacidad móvil inferior. Es indispensable realizar un análisis más

completo, de manera que las incompatibilidades entre el trabajador y el resto de componentes del puesto de trabajo: puedan ser identificadas y corregidas (Razeto, 2013).



**Gráfico N° 34. Adaptación del trabajo al empleado.**

Fuente: Investigación bibliográfica (CEAPAT, 2008).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

Entonces para adaptar el entorno se toman en cuenta diferentes aspectos que pueden darse en el desempeño de las tareas asociadas al puesto:

- Desplazamiento a distintos lugares, entre ellos en lugar de trabajo.
- Realización de reuniones en lugares poco accesibles.
- Alcance a las partes altas de estanterías y armarios.
- Circulación y alcance a elementos en la mesa de trabajo.
- Desplazamientos en el interior de la empresa.
- Transporte de material (poco frecuente).

La conducción puede adaptarse a usuarios de sillas de ruedas. El principal problema se presenta en lugares sean estos empresas, oficinas, talleres, etc. con una presencia importante de barreras arquitectónicas que deberán suprimirse. Las acciones organizativas en cuanto a los desplazamientos, como ejemplo la asistencia de una tercera persona en determinadas visitas, acuerdo previo con empresarios, concertar más citas en el centro de trabajo, etc. son aspectos clave. Si estas medidas son posibles, el puesto de trabajo sería adecuado ya que el resto de tareas pueden adaptarse con relativa facilidad, así en el caso del mobiliario, espacios libres y de

paso, etc. implica el cambio, adaptación o rediseño de ayudas técnicas tales como la silla de ruedas.

Para una persona con discapacidad el entorno va girando alrededor de su dispositivo de movilidad. Es importante que la silla de ruedas se ajuste correctamente y satisfaga en la mayor medida posible las necesidades físicas, funcionales y laborales. Lo dicho exige un enfoque que responda a necesidades particulares (Roberto, 2014).

Por último es necesario considerar, los cambios de actitud de todas las personas que orbitan alrededor de los usuarios de sillas de ruedas: compañeros, familiares, jefes, y público en general los cuales deben comprometerse con una reeducación en cuanto al trato y consideración hacia las personas que tienen una determinada discapacidad.

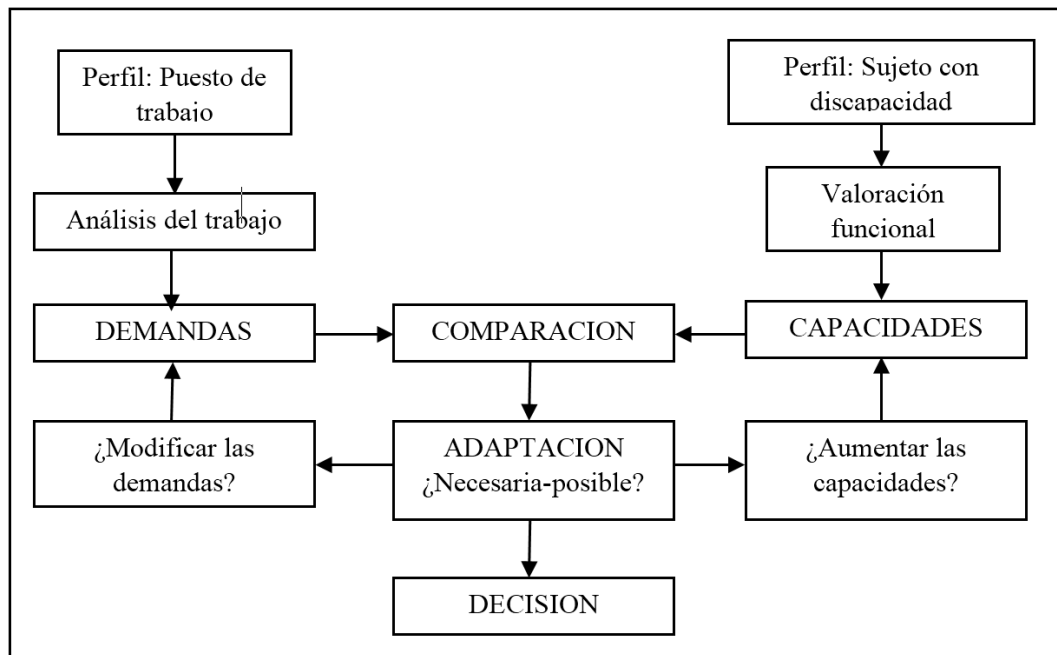
### **2.7.2. Planteamiento general para adaptar la silla de ruedas al usuario.**

Para los usuarios permanentes, la silla de ruedas se debe ajustar bien a sus medidas antropométricas: proporcionar buen apoyo postural y aliviar las presiones. Distintos anchos y profundidades del asiento y la posibilidad de ajustar por lo menos el apoyo de los pies y el espaldar son elementos importantes para asegurar que la silla de ruedas se pueda ajustar correctamente. Otros ajustes y opciones comunes son los tipos de cojines, apoyos posturales y posición variable de las ruedas.

Las mejoras que se pueden implementar en las sillas de ruedas deben decidirse desde una metodología propuesta por autores mediante métodos que se adaptan como un planteamiento general para adaptar la silla de ruedas como puesto de trabajo a la persona usuaria de la misma (Salas, 2015). Aquí se indica la necesidad de comparar las demandas que el trabajo necesita de los posibles candidatos, versus las capacidades que los posibles candidatos ofrecen para cumplir con el trabajo o la labor a desarrollar.

En el Gráfico N°. 35 se resume el procedimiento, donde se aprecia en columnas separadas dos perfiles: uno de las demandas que exige cubrir el puesto de trabajo y

la segunda de las capacidades que disponen los posibles candidatos a utilizar la silla de ruedas como puesto de trabajo.



**Gráfico N° 35. Comparación entre capacidades y demandas para adaptar el puesto de trabajo al usuario.**

Fuente: Investigación bibliográfica (INUNETE, 2014).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

En el caso del puesto de trabajo se realiza un análisis del trabajo que va a realizar la persona y se busca obtener unas demandas que pide el puesto. En el caso de los posibles candidatos a usuarios, se realiza una valoración funcional que puede ser hecha mediante dos opciones: a través de un médico ocupacional que obtiene la valoración de la fisiología de los usuarios; o a través de un informe ergonómico, proporcionado por un profesional en ergonomía y, que obtiene valoraciones antropométricas, en cualquiera de los dos casos se pretende obtener una valoración donde se calcula la **aptitud** para el trabajo.

De la comparación entre las demandas y las capacidades se pueden obtener como resultados las siguientes posibilidades:

- Las demandas son < que las capacidades => el puesto de trabajo es aceptable y seguro: no debe tomarse ninguna acción.

- Las demandas son  $>$  que las capacidades  $\Rightarrow$  el puesto de trabajo es inaceptable e inseguro: deben tomarse acciones correctivas inmediatas.

Es aceptable pensar que en cualquiera de los dos casos propuestos, deben existir limitaciones funcionales propias de los usuarios que no podrán ser totalmente solucionadas, pero se buscará minimizarlas en la medida que adaptaciones pertinentes técnica y éticamente lo permitan. Estas adaptaciones necesarias y, posibles de ejecutar harán que la silla de ruedas o puesto de trabajo ayuden a los usuarios a aumentar sus capacidades para rendir de mejor manera. Este proceso se llevará a cabo a través de tomas de decisiones que serán implementadas con estudios técnicos y científicos validados por metodologías reconocidas.

Por último y como complemento necesario se debe formar y adiestrar a los usuarios y a quienes componen su entorno laboral, en programas de formación, capacitación y adiestramiento de las mejoras que se implementan.

### **Planteamiento de adaptación de actividades y demandas para una silla de ruedas como un puesto de trabajo.**

En el momento de elegir las características y variables que se puedan adaptar, la base fundamental en todos los casos, es la de relacionar los requisitos de la tarea con la capacidad del trabajador/a para realizarla; es por ello que se toma en cuenta ciertas demandas o actividades que influyen en usuario en su ámbito laboral. Para el caso de usuarios de sillas de ruedas se da mayor importancia a las demandas físicas y psicoafectivas (ESTRUCPLAN, 2000).

#### **- Demandas físicas.**

##### **• Manipulación manual de cargas.**

Una carga demasiado ancha obliga a posturas forzadas de los brazos, dificulta el agarre y, si se ha de levantar desde el suelo, al no poder introducirla entre las piernas impide mantener la espalda derecha, aumentando el riesgo de lesión. También una carga demasiado profunda, al alejar el centro de gravedad de la espina dorsal, incrementa la fuerza compresiva sobre ella y, por consiguiente, aumenta el riesgo de lesión. En la postura de una persona con discapacidad sentada no se deberían

levantar o sostener cargas de peso superior a 2,5 Kg., ya que la capacidad de levantamiento se ve reducida debido a que no se puede utilizar la fuerza de las piernas y el cuerpo no puede servir de contrapeso, por lo que la mayor parte del esfuerzo ha de hacerse con los músculos de los brazos y el tronco (Salas, 2015).

- **Movimientos repetitivos.**

Lo constituyen aquellos movimientos continuos mantenidos durante un trabajo que implica la acción conjunta de los músculos, huesos, articulaciones y nervios de una parte del cuerpo y provoca en esta misma zona fatiga muscular, sobrecarga, dolor y por último, lesión. Se considera “trabajo repetitivo” cualquier actividad laboral cuya duración es de al menos 1/2 hora en la que se lleva a cabo en ciclos de trabajo de menos de 30 segundos y similares en esfuerzos y movimientos aplicados o en los que se realiza la misma acción el 50% del ciclo (Salas, 2015). Se entenderá por ciclo “la sucesión de operaciones necesarias para ejecutar una tarea u obtener una unidad de producción. Las lesiones que se suelen producir son: Síndrome del túnel carpiano, se produce por repetidas extensiones y flexiones, rotaciones, desviaciones movimientos con fuerza, de la muñeca, presión con la mano, o con los dedos. Tendinitis, se produce al llevar a cabo esfuerzos sucesivos con la muñeca realizando flexiones - extensiones o desviaciones cubitales. Síndrome del conducto torácico, transporte de cargas pesadas con las manos, transporte de cargas en los hombros, hiperextensión del brazo, alcance por encima de la cabeza (Salas, 2015).

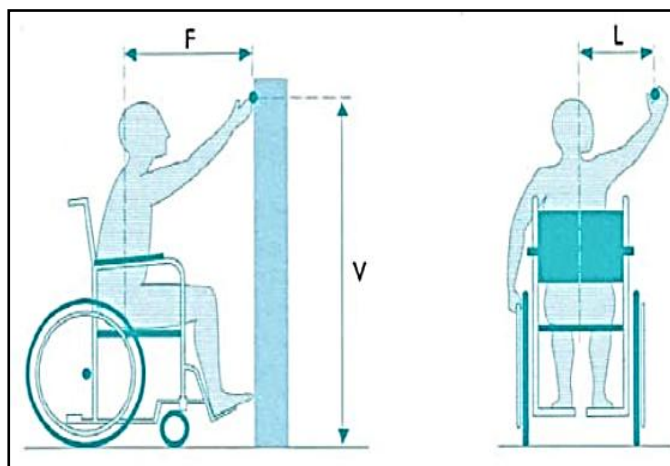
- **Posturas forzadas.**

Cuando una persona usa una silla de ruedas resulta evidente que sus alcances pueden estar reducidos y dependiendo del tipo de lesión o patología, es probable que la extensión del tronco sea muy limitada. Para determinar los alcances que conllevan a tener posturas forzadas, es necesario clasificarlos según se puede observar en el gráfico N° 36.

Vertical (V): Es la distancia vertical desde el suelo, hasta el punto o sector de alcance.

Frontal (F): Es la distancia horizontal entre el plano frontal que pasa por la base de apoyo, es decir, desde la parte posterior del asiento de la silla de ruedas.

Lateral (L): Es la distancia tomada desde el eje antero-posterior que divide en dos partes iguales al cuerpo humano, puede ser derecho o izquierdo (San Juan, 2010).



**Gráfico N° 36. Posturas forzadas.**

Fuente: Investigación bibliográfica (UNAM, 2012).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

- **Demandas sensoriales y psíquicas.**

• **Necesidad de bienestar y satisfacción.**

Los usuarios presentan una extensa gama de requisitos para obtener una satisfactoria movilidad, una silla de ruedas que solvete sus particularidades y necesidades más comunes es imprescindible para mejorar su movilidad.

El abastecer de sillas de ruedas no implica solamente la entrega de la silla misma a los usuarios: se trata de conseguir adicionalmente a que las

personas con discapacidad sean móviles y que al mismo tiempo se conserven sanas y participen a cabalidad en la vida de la comunidad.

La silla de ruedas debe satisfacer las necesidades particulares de cada usuario y las condiciones ambientales, debe proporcionar apoyo postural y debe ser segura y durable. Debe estar disponible en el país en que se use, su precio debe ser accesible a la mayoría de usuarios y su mantenimiento y sustentación deben ser posibles dentro del mismo país.

- **Necesidades de mantener la concentración y atención.**

Se refieren, principalmente, a los procesos mentales como la percepción, procesamiento, e interpretación de la información relevante en el puesto de trabajo, carga mental y toma de decisiones.

- **Necesidad de cooperar con otras personas.**

Conciernen a las relaciones sociales formales e informales, la comunicación, el diseño de los horarios y turnos, las estructuras organizativas y la cultura de la organización.

### **2.7.3. Métodos de adaptación del puesto de trabajo.**

#### **Método EAM de Jochheim.**

El Ertomis Assessment Method (EAM) es un sistema para facilitar la integración laboral de personas con discapacidad, que ha sido desarrollado en Alemania por la fundación Ertomis (Trujano, 2012).

El objetivo de EAM es realizar un proceso específico, dirigido al ámbito laboral, en el que no se pidan a los aspirantes a un puesto de trabajo todas sus capacidades y habilidades, sino solo aquellas necesarias para el trabajo. Se trata, por tanto, de un proceso que quiere ser pragmático y fácil de aplicar.

La tarea de EAM es perfilar las posibles limitaciones del individuo y documentar su influencia, si la hubiera, en la realización de un trabajo. El objetivo es integrar a las personas con discapacidad en el mundo del trabajo y en un empleo que sea económicamente ventajoso tanto para el empleado como para el empresario (Trujano, 2012).



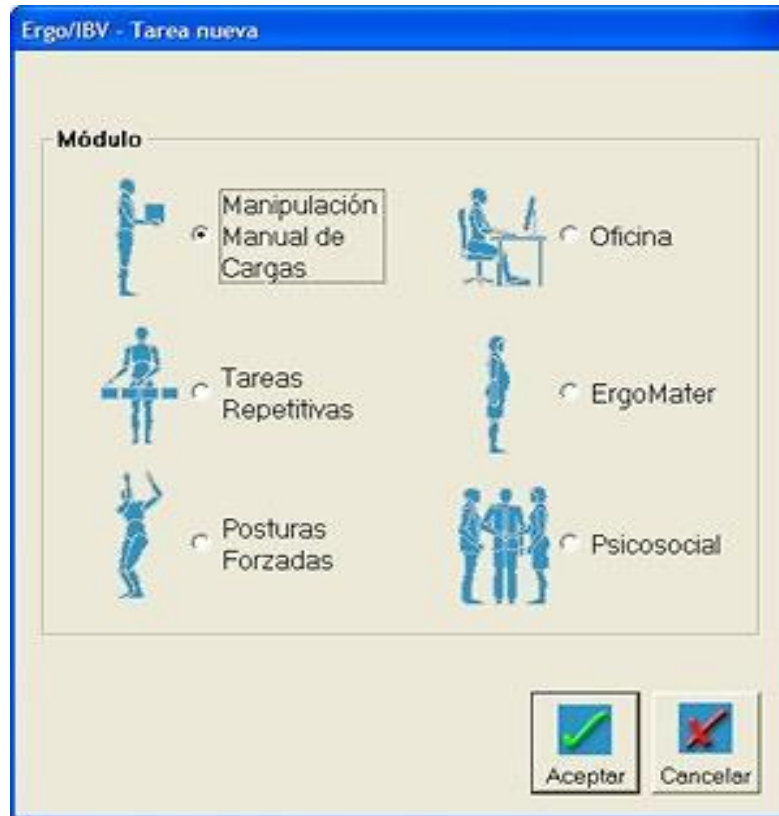
### **Método AMAS.**

El Activity Matching Ability System (AMAS) fue desarrollado en Inglaterra por el Institute for Consumer Ergonomics, bajo contrato de la Comunidad Europea del Carbón y del Acero, para colocar a empleados con discapacidad en la industria siderúrgica. La idea era analizar la actividad describiendo el trabajo en términos de niveles de demanda para los aspectos relevantes al área de la discapacidad, y valorar la capacidad de la persona describiendo su aptitud en términos comparables a los del trabajo, utilizando los mismos ítems y niveles de codificación. AMAS fue desarrollado hace 20 años por la Universidad de Loughborough y fue diseñado para ayudar a los jóvenes con discapacidad que deseen integrarse al ámbito laboral. Es una herramienta que evalúa los aspectos ergonómicos de puestos de trabajo: las actividades y las habilidades de un individuo (Trujano, 2012).

### **Método ErgoDis/IBV.**

El ErgoDis/IBV es un método de adaptación ergonómica de puestos de trabajo para personas con discapacidad, desarrollado por el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) gracias a un proyecto financiado por el Fondo Social Europeo, en el marco de la Iniciativa Comunitaria EMPLEO / Capítulo HORIZON II, contando con la colaboración del Instituto de Migraciones y Servicios Sociales (IMSERSO) y de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

Se trata de una herramienta informática para la evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales asociados al puesto de trabajo. En la Gráfica N° 37 se puede apreciar una de las pantallas que despliega la aplicación de Ergo/IBV, se observa que deben suministrarse datos semejantes a los pedidos por RULA o MAPFRE tales como: manipulación manual de cargas, tareas repetitivas, posturas forzadas. El método permite no sólo determinar el riesgo asociado a la tarea sino también obtener recomendaciones para solucionar los problemas detectados.



**Gráfico N° 37. Método ErgoDis/IBV.**

Fuente: Investigación bibliográfica (ADAPTARyAR ,2015).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

#### - Estructura

El programa se estructura en seis módulos de evaluación con diferente ámbito de aplicación:

- **Manipulación Manual de Cargas.** Permite analizar tareas de levantamiento, transporte, empuje y/o arrastre de cargas y calcula un índice de riesgo para la zona dorsolumbar de la espalda.
- **Tareas Repetitivas.** Se aplica a tareas que asocian movimientos repetitivos de los miembros superiores y calcula el riesgo para la zona del cuello-hombro y de la mano- muñeca.
- **Posturas Forzadas.** Analiza tareas que implican posturas inadecuadas de la espalda, los brazos y las piernas, determinando el nivel de riesgo de dichas posturas.

- **Oficina.** Detecta los factores de riesgo asociados a tareas de oficina que incluyen el uso continuado de pantallas de visualización de datos.
- **ErgoMater.** Se aplica a tareas realizadas por trabajadoras embarazadas, detectando factores de riesgo para la madre y/o el feto.
- **Psicosocial.** Permite evaluar la exposición en el trabajo a factores de riesgo de naturaleza psicosocial (Trujano, 2012).

– **Características**

Las principales características de ErgoDis/IBV son las siguientes:

- Analiza el trabajo y al sujeto mediante criterios y niveles de valoración similares, para facilitar la comparación de los datos y la interpretación de los resultados.
- Considera la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la actividad laboral tal como la realiza un determinado sujeto, para evitar el empeoramiento de deficiencias ya existentes producidas como consecuencia de dichos riesgos y/o la aparición de defectos nuevos.
- Incluye la opinión del propio trabajador a la hora de analizar la situación y al buscar soluciones a los problemas detectados.
- Permite la aplicación del método en diferentes contextos, tanto para seleccionar empleos como para adaptarlos a las características del trabajador.
- Está implementado en un programa informático, no sólo con el objetivo de facilitar el procesado de los datos recopilados, sino para incorporar una base de datos con recomendaciones sobre soluciones de adaptación.

– **Aplicaciones del método**

- Selección de empleo.
- **Adaptación de puestos de trabajo.**
- Reinserción de trabajadores lesionados.
- Prevención de riesgos laborales.

– **Población**

**Personas con cualquier tipo de discapacidad** (aunque se da un mayor detalle en el análisis de los aspectos físicos de la persona y el trabajo).

– **Formato**

ErgoDis/IBV está implementado en un programa informático que incluye la recogida de datos, el diagnóstico de la situación y el proceso de adaptación del puesto.

– **Estructura**

En el gráfico N°. 38 se observa un esquema que ofrece una visión de conjunto del método ErgoDis/IBV. El procedimiento comienza con la recopilación de información del trabajo y del sujeto, seguido del tratamiento de los datos analizados y la decisión sobre el caso en función de los resultados obtenidos:

**Análisis del Trabajo.**

El análisis del trabajo se basa fundamentalmente en observar la actividad laboral, realizar las entrevistas oportunas en el puesto y rellenar una serie de formularios:

- **Generalidades.** Contiene datos generales sobre la empresa y el puesto de trabajo.
- **Tareas.** Por cada tarea de trabajo se indica la secuencia de elementos que la componen, los equipos que se utilizan, el tiempo dedicado, y si es esencial para el puesto de trabajo en cuestión.
- **Demandas.** Se refiere a las funciones que el trabajo exige de la persona que lo tiene que realizar. Incluye las demandas físicas (posturas, movimientos, fuerza empleada, etc.), las sensoriales y de comunicación (vista, oído, tacto, gusto, olfato, lectura, escritura y habla) y las psíquicas (razonamiento, responsabilidad, cooperación, atención, etc.) del conjunto de tareas descritas en el formulario anterior. Los ítems que contiene se valoran mediante una escala de tres niveles de demanda:
  - A no necesaria.
  - B intermedia.
  - C indispensable.

**TRABAJO**

Dossier Trabajo TT TT Tipo de análisis: TRABAJANDO ErgoDis/IBV

Fecha 29/06/2005 N° Video  Consulta con:  
 Supervisor  Empleado/s  Descripción formal

Analista

Generalidades | Tareas | Demandas | Entorno y Dimensiones | Barreras arquitectónicas | Riesgos

**Empresa**

Empresa   
Dirección   
Persona de contacto  Teléfono

**Puesto de trabajo**

Puesto   
Formación/Experiencia exigida   
Resumen de la actividad   
N° de otros empleados en el mismo puesto

**Observaciones**

**Gráfico N° 38. Análisis del trabajo.**  
Fuente: Investigación bibliográfica (ADAPTARyAR ,2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**TRABAJO \ DEMANDAS**

Dossier Trabajo: TT TT ErgoDis/IBV

Físicas | Sensoriales y Comunicación | Psíquicas

Acción global | Cuello y Tronco | Extremidades Superiores | Extremidades Inferiores

	Observaciones
1. Estar de pie <input type="radio"/> A) No necesaria <input type="radio"/> B) Intermedia <input checked="" type="radio"/> C) Indispensable	
2. Estar sentado <input type="radio"/> A) No necesaria <input type="radio"/> B) Intermedia <input checked="" type="radio"/> C) Indispensable	
3. Estar agachado/ arrodillado <input checked="" type="radio"/> A) No necesaria <input type="radio"/> B) Intermedia <input type="radio"/> C) Indispensable	
4. Andar/ desplazarse (horizontal) <input type="radio"/> A) No necesaria <input checked="" type="radio"/> B) Intermedia <input type="radio"/> C) Indispensable	
5. Subir (peldaños, pendientes) <input checked="" type="radio"/> A) No necesaria <input type="radio"/> B) Intermedia <input type="radio"/> C) Indispensable	
6. Trepar (con brazos y piernas) <input checked="" type="radio"/> A) No necesaria <input type="radio"/> B) Intermedia <input type="radio"/> C) Indispensable	
7. Coordinar movimientos <input type="radio"/> A) No necesaria <input type="radio"/> B) Intermedia <input checked="" type="radio"/> C) Indispensable	
8. Fuerza estando quieto (levantar/empujar/tirar) <input type="radio"/> A) No necesaria <input checked="" type="radio"/> B) Intermedia <input type="radio"/> C) Indispensable	
9. Fuerza desplazándose (transportar/empujar/tirar) <input type="radio"/> A) No necesaria <input checked="" type="radio"/> B) Intermedia <input type="radio"/> C) Indispensable	

**Gráfico N° 39. Demandas.**  
Fuente: Investigación bibliográfica (ADAPTARyAR ,2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

- **Entorno.** Analiza las condiciones ambientales, psicosociales, de organización, de seguridad y otros aspectos del entorno de trabajo (iluminación, ruido, vibraciones, peligros diversos, ritmo impuesto, horario irregular, etc.). Para valorar estos ítems se utilizan también tres niveles:
  - A no.
  - B ocasional.
  - C frecuente.
  
- **Dimensiones.** Como dimensiones relevantes del puesto de trabajo se miden los alcances requeridos durante las tareas y la holgura bajo las mesas de trabajo.

**TRABAJO \ ENTORNO Y DIMENSIONES**

Dossier Trabajo: TT TT

Entorno (I) | Entorno (II) | Dimensiones (alcances) | Dimensiones (holguras)

*Alcances requeridos por la tarea. Introducir los habituales y/o más desfavorables:*

Nº	Descripción	Dimensiones (cm)				Observaciones
		V	F	Ld	Li	
		Vertical	Frontal	Lat.Dcha	Lat.Izda	
1	xxx	110	60	10		
2	yyy	180	20			

Nuevo Alcance | Borrar Alcance

**Gráfico N° 40. Demandas.**  
 Fuente: Investigación bibliográfica (ADAPTARyAR ,2015).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

- **Barreras arquitectónicas.** Incluye otras dimensiones y condiciones de accesibilidad en diversas áreas utilizadas por el trabajador: aparcamiento, rampa, entrada al edificio, ascensor, puertas, pasillos y aseo.
- **Riesgo por Carga Ambiental.** Analiza de manera cuantitativa las condiciones de iluminación, ruido y entorno térmico (sólo si lo aconseja la evaluación cualitativa realizada sobre estos mismos factores y cuando se dispone de los equipos necesarios para medir las variables que incluye).
- **Riesgo por Carga Física.** Si el sujeto está trabajando, se analizan de forma detallada sus posturas de trabajo, codificando la posición de las diferentes partes del cuerpo (brazos, manos, cuello, tronco y piernas), así como el tipo de actividad muscular y la fuerza empleada por el trabajador.

**TRABAJO \ BARRERAS ARQUITECTÓNICAS**

Dossier Trabajo: TT TT

ErgoDis/IBV

Aparcamiento. Rampa y Entrada al edificio | Ascensor y Puertas | Pasillos y Aseo

**APARCAMIENTO**

¿Existe un aparcamiento próximo al edificio?  sí  no

¿Está libre de barreras la ruta desde el aparcamiento hasta el edificio?  sí  no

¿Hay un espacio reservado/señalizado para personas con discapacidad?  sí  no

¿Hay un espacio de 370 cm de anchura como mínimo?  sí  no

**RAMPA**

¿Existe una rampa para acceder al edificio como alternativa a escalones/escaleras?  sí  no

¿La rampa/camino tiene 120 cm de anchura como mínimo?  sí  no

¿La pendiente máxima es del 8% (8 cm de subida por cada metro de longitud)?  sí  ng

¿Tiene pasamanos a ambos lados y a dos alturas (superior: 95-105 cm; inferior: 65-75 cm)?  sí  no

¿Tiene mesetas de embarque y desembarque de 150 cm de diámetro como mínimo?  sí  no

**ENTRADA AL EDIFICIO**

¿Al menos una entrada accesible es una principal (y señalizada)?  sí  no

¿La puerta requiere poca fuerza para abrirla?  sí  no

¿La puerta tiene 85 cm de anchura libre como mínimo?  sí  no

¿El umbral es llano o tiene un máximo de 1 cm?  sí  no

Observaciones

**Gráfico N° 41. Barreras Arquitectónicas.**  
 Fuente: Investigación bibliográfica (ADAPTARyAR ,2015).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

## Análisis del Sujeto.

Para registrar los datos de la persona con discapacidad se utiliza otra serie de formularios:

- **Generalidades.** Contiene datos generales de identificación, socioculturales y laborales del sujeto.
- **Discapacidad.** Incluye el diagnóstico de la condición patológica, el tipo de deficiencias, las ayudas técnicas personales que utiliza habitualmente y los implantes quirúrgicos a los que se ha sometido el sujeto.

The screenshot shows a software window titled "SUJETO \ DISCAPACIDAD" with a "Dossier Sujeto: SS SS" header. The main content area is divided into two tabs: "Diagnóstico y Deficiencias" (active) and "Ayudas Técnicas e Implantes (I) | Ayudas Técnicas e Implantes (II)". Under the "Diagnóstico" section, there is a text input field containing "Parapleja" and a checkbox for "Evolución progresiva" which is checked. Below this is a "Deficiencias" section with several categories, each with a checked checkbox and a corresponding text input field: "Motoras" (with sub-options: "¿Cuáles?"  Cuello/ Tronco  MM.SS.  MM.II.  Equilibrio), "Cardiovasculares/Pulmonares", "Desmayos/Mareos/Convulsiones", "Alergias (respiratoria, cutánea)", "Visuales" (with radio buttons for "Limitación visual" and "Ceguera total", and checkboxes for "Lectura táctil alfanumérica" and "Braille"), "Auditivas" (with radio buttons for "Limitación auditiva" and "Sordera total", and checkboxes for "Lectura labial" and "Lengua de signos"), "Del Tacto", "Del Habla", "Psíquicas (procesar información)", and "Otras deficiencias (renal, digestiva, metabólica, desfiguradora, etc.)".

**Gráfico N° 42. Análisis del sujeto.**

Fuente: Investigación bibliográfica (ADAPTARyAR ,2015).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

- **Capacidades.** Incluye el análisis de las capacidades físicas, sensoriales, de comunicación y psíquicas de la persona. Para ello, se utilizan ítems idénticos a los de las Demandas del trabajo y se valoran según:
  - A normal.
  - B limitación.
  - C no puede.



**SUJETO \ CAPACIDADES** X

Dossier Sujeto: SS SS ErgoDis/IBV

Físicas	Sensoriales y Comunicación	Psíquicas	Observaciones	
17. Ver de cerca	<input type="radio"/> A) Normal	<input type="radio"/> B) Limitación	<input type="radio"/> C) No puede	
18. Ver de lejos	<input type="radio"/> A) Normal	<input type="radio"/> B) Limitación	<input type="radio"/> C) No puede	
19. Ver colores	<input type="radio"/> A) Normal	<input type="radio"/> B) Limitación	<input type="radio"/> C) No puede	
20. Oír	<input type="radio"/> A) Normal	<input type="radio"/> B) Limitación	<input type="radio"/> C) No puede	
21. Localizar dirección sonido	<input type="radio"/> A) Normal	<input type="radio"/> B) Limitación	<input type="radio"/> C) No puede	
22. Sensibilidad táctil	<input type="radio"/> A) Normal	<input type="radio"/> B) Limitación	<input type="radio"/> C) No puede	
23. Oler / saborear	<input type="radio"/> A) Normal	<input type="radio"/> B) Limitación	<input type="radio"/> C) No puede	
24. Leer	<input type="radio"/> A) Normal	<input type="radio"/> B) Limitación	<input type="radio"/> C) No puede	
25. Escribir	<input type="radio"/> A) Normal	<input type="radio"/> B) Limitación	<input type="radio"/> C) No puede	
26. Hablar	<input type="radio"/> A) Normal	<input type="radio"/> B) Limitación	<input type="radio"/> C) No puede	

**Gráfico N° 43. Capacidades del sujeto.**  
 Fuente: Investigación bibliográfica (ADAPTARyAR ,2015).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

- **Tolerancia al Entorno.** La tolerancia del sujeto a las condiciones del entorno se determina mediante ítems idénticos a los del Entorno del trabajo, y son tres los niveles de valoración:
  - A normal
  - B limitación
  - C no tolera
- **Tolerancia a las Dimensiones.** La tolerancia del sujeto a los alcances medidos en el puesto de trabajo se valora mediante tres niveles, observando a la persona en el puesto de trabajo o simulando los alcances (si no trabaja).

SUJETO \ TOLERANCIA AL ENTORNO Y DIMENSIONES	
Dossier Sujeto: SS SS	
ErgoDis/IBV	
Entorno (I)   Entorno (II)   Dimensiones (alcances)	
	Observaciones
32. Iluminación desfavorable (intensidad/deslumbr. /no regulab./cambios) <input type="radio"/> A) Normal <input type="radio"/> B) Limitación <input type="radio"/> C) No tolera	
33. Ruido <input type="radio"/> A) Normal <input type="radio"/> B) Limitación <input type="radio"/> C) No tolera	
34. Entorno térmico desfavorable (exterior/temp/humedad/corriente aire) <input type="radio"/> A) Normal <input type="radio"/> B) Limitación <input type="radio"/> C) No tolera	
35. Vibraciones <input type="radio"/> A) Normal <input type="radio"/> B) Limitación <input type="radio"/> C) No tolera	
36. Contaminación del aire (gas/polvo/humo/neblina/vapor/olor) <input type="radio"/> A) Normal <input type="radio"/> B) Limitación <input type="radio"/> C) No tolera	
37. Suciedad / peligro de infección <input type="radio"/> A) Normal <input type="radio"/> B) Limitación <input type="radio"/> C) No tolera	
38. Peligro de quemadura/eléctrico/irritación piel/explosión/proyección <input type="radio"/> A) Normal <input type="radio"/> B) Limitación <input type="radio"/> C) No tolera	
39. Peligro mecánico / objetos en movimiento <input type="radio"/> A) Normal <input type="radio"/> B) Limitación <input type="radio"/> C) No tolera	
40. Conducir <input type="radio"/> A) Normal <input type="radio"/> B) Limitación <input type="radio"/> C) No tolera	
41. Trabajo en alturas <input type="radio"/> A) Normal <input type="radio"/> B) Limitación <input type="radio"/> C) No tolera	

**Gráfico N° 44. Tolerancias al entorno y dimensiones.**  
 Fuente: Investigación bibliográfica (ADAPTARyAR ,2015)  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

- **Opinión.** Si el sujeto está trabajando, se incluye un test donde puede expresar su opinión sobre posibles problemas físicos, sensoriales, de comunicación, psíquicos, de organización, de seguridad, de accesibilidad y de cualquier tipo, y sobre la manera de resolverlos (Trujano, 2012).

**SUJETO \ OPINIÓN** Dossier Sujeto: CASO 1 ErgoDis/IBV

Opinión (I) | Opinión (II) | Opinión (III)

Problemas por posturas (estáticas, incómodas, forzadas, prolongadas...)

Problemas por movimientos (repetitivos, dolorosos, forzados...)

Problemas por fuerzas (manejo de cargas, fuerza con las manos, los pies...)

Molestias corporales por posturas/ esfuerzos de trabajo

<input type="checkbox"/> 1 Hombro-Brazo D	<input type="checkbox"/> 8 Parte alta de la espalda (dorsal)
<input type="checkbox"/> 2 Hombro-Brazo I	<input type="checkbox"/> 9 Parte baja de la espalda (lumbar)
<input checked="" type="checkbox"/> 3 Codo-Antebrazo D	<input type="checkbox"/> 10 Nalgas
<input type="checkbox"/> 4 Codo-Antebrazo I	<input type="checkbox"/> 11 Caderas-Muslos
<input type="checkbox"/> 5 Muñeca-Mano-Dedos D	<input type="checkbox"/> 12 Rodillas-Piernas
<input type="checkbox"/> 6 Muñeca-Mano-Dedos I	<input type="checkbox"/> 13 Tobillos-Pies
<input type="checkbox"/> 7 Cuello	<input type="checkbox"/> 14 Otras molestias (especificar)

Problemas por las condiciones visuales (esfuerzo visual, iluminación...)

Problemas por las condiciones sonoras (esfuerzo auditivo, ruidos, voz alta...)

Problemas por las condiciones térmicas

**Gráfico N° 45. Opinión del sujeto.**  
 Fuente: Investigación bibliográfica (ADAPTARyAR ,2015).  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

#### 2.7.4. Participación de los usuarios para valorar las características de la silla.

Se trata de obtener un listado de necesidades, que pueden ser satisfechas como demandas solicitadas por los usuarios en base a sus preferencias y realidades. La información que se obtiene es cualitativa y ayudará a integrar mejoras en el puesto de trabajo objeto de estudio.

Para identificar las preferencias en el puesto de trabajo o silla de ruedas que conllevarán a realizar los ajustes o adaptaciones razonables, se debe realizar una valoración cuantitativa y cualitativa de todas las propuestas sugeridas por los usuarios. Existen métodos que ayudan en este sentido; se considera utilizar el método de Kano para determinar las preferencias y necesidades de los usuarios.

## **Descripción del Método de Kano para evaluar las preferencias del usuario.**

Es un modelo de satisfacción del cliente que recibe el nombre de su creador, el profesor Noriaki Kano. Generalmente el método es utilizado por quienes realizan estudios de la función de la calidad denominados Quality Function Deployment (QFD) por sus siglas en inglés, que evalúa la relación entre la funcionalidad o grado de rendimiento de los productos frente a la satisfacción que ésta funcionalidad le brinda a los clientes. El método Kano establece para cada requerimiento del cliente, la relación entre satisfacción y funcionalidad, permitiendo discriminar y clasificar los mismos (UCIII, 2015). La funcionalidad es una medida del grado en que un producto cumple con sus propósitos utilitarios en una cierta dimensión. La satisfacción es un estado de gratificación o placer que se deriva del cumplimiento de las expectativas de los clientes respecto al producto.

El método de Kano que es una herramienta de la gestión de calidad vinculada con el desarrollo de un producto. Es una vía simple y económica que ayuda a integrar en un producto las características que esperan los clientes. Clasifica a los requerimientos de los clientes en 3 categorías: A atractivos, U unidimensionales, O obligatorios.

Los requerimientos serán atractivos cuando el usuario lo valora cuando está presente, aunque no lo valora ausente.

Son unidimensionales o de rendimiento o satisfactorias si aumenta la satisfacción del cliente de modo aproximadamente lineal con el aumento de su funcionalidad.

Son obligatorios o insatisfactorios, cuando su ausencia provoca insatisfacción, aunque su presencia se da por hecha y no se valora especialmente.

Mediante el empleo del método de Kano, se puede decir que existe un paralelo entre sus clasificaciones y los tipos de productos a obtener:

A atractivo	=>	producto genérico
O obligatorio	=>	producto esperado
U unidimensional	=>	producto aumentado

## **Metodología de Kano.**

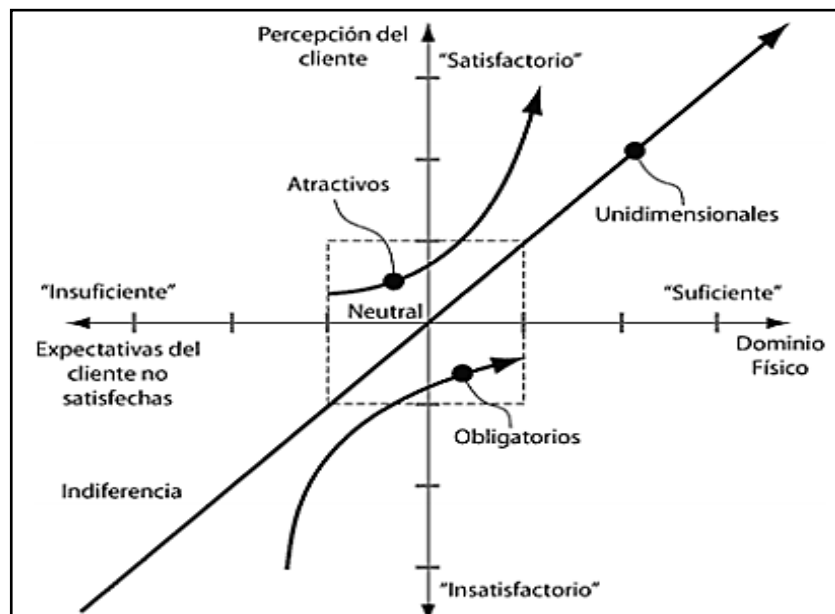
Para el desarrollo de la metodología se pueden describir los siguientes pasos: la información se analiza de un modo estándar, el análisis estándar se complementa con un estudio detallado de las encuestas, que incluyen: un coeficiente de concentración de resultados y un mapa de respuestas. Además se utilizan, una prueba que determina la significatividad estadística y un cuestionario de atribución de importancia.

El análisis estándar y sus complementos permiten extraer información suficiente sobre que atributos incluir en un producto en desarrollo. Se busca un producto que no solo cumpla sus funciones básicas (mitad ciencia), sino que también le den placer a su ánimo (mitad arte).

En el análisis mismo del cuestionario utilizado como herramienta de obtención de datos, se establece para cada requerimiento la existencia de: una pregunta funcional y una pregunta disfuncional. Las respuestas que consigna el usuario son del tipo de selección múltiple:

1. Me gusta.
2. Es algo básico.
3. Me da igual.
4. No me gusta, pero lo tolero.
5. No me gusta y no lo tolero.

Los datos obtenidos en las encuestas en base al análisis estadístico se transforman en una representación Gráfica en dos dimensiones: horizontalmente la funcionalidad y cruzando en el centro verticalmente la satisfacción. El dibujo es una curva que se observa en la Gráfica N°. 46 que representa aproximadamente a toda una muestra estudiada, según criterios aceptados como mínimos cuadrados.



**Gráfico N° 46. Descripción del Método de Kano para evaluar las preferencias del usuario.**

Fuente: Investigación bibliográfica (Ciencias Holguín, 2008).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

## Ventajas

- Permite presentar alternativas auxiliares y no elementales de solución ante los requerimientos presentados por el cliente, evitando cumplir sólo con sus necesidades básicas y lineales.
- Permite la creación constante de atributos y su evaluación por el cliente aun antes de implementarlos para saber el impacto que puedan generar en la satisfacción.
- Facilita conocer las prioridades de desarrollo de productos.
- Posibilita conocer los criterios que en el producto tienen la mayor influencia en la satisfacción del cliente.
- Proporciona una valiosa ayuda en situaciones de comercio en la etapa de desarrollo de productos.
- Permite proporcionar soluciones adaptadas al cliente para problemas especiales, garantizando así un nivel óptimo de satisfacción en los distintos segmentos de clientes.
- Permite conocer y cumplir con los requisitos A atractivo, que crean una amplia gama de posibilidades para la diferenciación.

- Ayuda a las empresas a conocer y comprender las necesidades de los clientes, ya que el método analiza los diferentes tipos de expectativas del cliente.
- Permite satisfacer a los clientes con el solo cumpliendo de sus necesidades básicas y lineales. En un segmento de mercado competitivo, las organizaciones tienen que adoptar estrategias y crear atributos en sus productos dirigidos expresamente a la satisfacción y sobresatisfacción de los clientes.
- Permite la constante creación de atributos de deleite y la evaluación del cliente antes de la implementación para conocer los efectos en la satisfacción de éste al tener implementado en el producto sus requerimientos (UPCG, 2012).

### **Consideraciones del método de Kano para el diseño de la silla de ruedas.**

El usuario de la silla de ruedas con la ayuda del ergónomo que realiza el estudio antropométrico, debe consignar su criterio en la encuesta construidas por el método de Kano. Las personas con discapacidad móvil inferior para contestar lo más acertadamente las preguntas deberán, en base a la explicación que realiza el ergónomo responder a los requerimientos teniendo en cuenta factores y características tales como:

#### **– Seguridad**

La silla es un vehículo, de uso por un discapacitado, que en muchas ocasiones tiene alteraciones del tono muscular, etc. La seguridad de la silla de ruedas está influenciada por:

- La posición del eje trasero: Con el eje trasero puesto hacia adelante o el asiento hacia atrás se disminuye la estabilidad de la silla. En esta posición se facilita el empuje, pero puede inclinarse hacia atrás al acelerar bruscamente o subir una rampa. Con el eje trasero puesto hacia atrás o el asiento hacia adelante la estabilidad aumenta.
- La separación de las ruedas: La separación de las ruedas en su contacto con el suelo afecta a la estabilidad de la silla. Mayor

separación supone mayor estabilidad. Inclinando las ruedas unos pocos grados, de modo que se hagan unos 15° convergentes por arriba y divergentes en su contacto con el suelo, la silla se hace más estable.

- Los frenos. Los frenos también dan seguridad. Hay frenos de varios tipos para ganar en seguridad según su necesidad.
- Las ruedas pequeñas: Su posición afecta también a la seguridad. La colocación más adelantada aumenta la estabilidad, mientras que la retrasada la disminuye.

### – **Confort**

El confort no es un capricho. Es una necesidad para el que tiene alteración de la sensibilidad. En las personas con alteraciones cognitivas y sensoriales puede ser un problema determinar si la silla es confortable o no. Hay que estar muy atentos a la posibilidad de que le produzca algún tipo de lesión.

La piel sobre prominencias óseas de apoyo es especialmente sensible y susceptible de sufrir úlceras por presión. Pero también otras áreas en contacto con alguna parte dura de la silla pueden lesionarse. Para reducir las fuerzas de presión en zonas concretas donde se producen lesiones o úlceras, es preciso aumentar el área de contacto y redistribuir mejor dichas presiones por medio de cojines.

Otro riesgo a tener en cuenta es la posibilidad de reacciones alérgicas al contacto con algunos de los materiales. El calor, la sudoración, la falta de transpiración pueden ser algunos de los problemas que pueden encontrarse, fundamentalmente en climas cálidos.

Si el paciente no es capaz de moverse por sus medios, cambiar de postura, etc., debe buscar la posibilidad de conseguirlo ya sea por medios manuales o eléctricos (asientos reclinables, etc.).



– **Estética**

La estética es un factor que no se debe descuidar. Para el portador de silla de ruedas es un determinante de la propia autoestima. El aspecto de la silla, su buena apariencia, influye incluso en los cuidadores.

La estética es importante para todos, incluidas las personas con discapacidad de tipo cognitivo. Aunque el usuario pudiera ignorar las apariencias, la familia y los cuidadores no, porque la silla, como el vestido, es también signo del cuidado que recibe.

– **Funcionalidad**

Los factores que intervienen en la realización del trabajo de propulsión por la propia fuerza del usuario son: resistencia al rodamiento, pendiente del camino recorrido, inclinación lateral del camino, resistencia que ofrece el aire. Desde el punto de vista de la adaptación, solo se puede influir en el primero de los factores.

- Posición del asiento sobre el chasis: El alineamiento o disposición de las ruedas en el cuadro es uno de los elementos más importantes y que debe ser cuidadosamente ajustado. La placa donde se fija el eje permite hacer un ajuste de la posición de las ruedas respecto del chasis y asiento, o lo que es lo mismo, del asiento respecto del eje de las ruedas traseras y del aro de empuje. La posición del asiento respecto del eje de las ruedas traseras y los aros de mano es importante para modificar la eficacia de la fuerza al rodar
- Variación de la posición del asiento según el impulso: Si el asiento está atrasado, el impulso lo aplica solo en la parte alta del aro. Si está adelantado el impulso lo da en la parte anterior del aro.
- Posición de asiento:
  - Si el asiento está alto, el empuje es corto y se aplica solo en la cima. Pero esto permite una mayor frecuencia, ya que el tiempo de aplicación del impulso es menor y el tiempo de retornar a la posición de partida es más corto.

- Si el asiento está bajo, el empuje se da sobre un largo recorrido de atrás hacia adelante, y puede ser de menor intensidad, ya que se aplica sobre un tiempo más largo (UPV, 2015).

## **2.8. HIPÓTESIS.**

“Las características antropométricas de las personas con discapacidad móvil inferior influyen en el diseño de silla de ruedas.”

## **2.9. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.**

### **Variable independiente:**

Características antropométricas de personas con discapacidad móvil inferior.

### **Variable dependiente:**

Diseño de silla de ruedas.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. ENFOQUE.

La presente investigación equilibra los dos enfoques: cuantitativo, ya que se realizarán mediciones, cálculos y encuestas. Y también cualitativo por que los datos se obtienen desde la subjetividad de los usuarios a través de entrevistas y listas de chequeo que implican observaciones de los investigadores.

#### 3.2. MODALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación establece como modalidad la **bibliográfica-documental** por que se utilizan fuentes de información como publicaciones de papers y artículos científicos, libros, tesis de pre y pos grado, publicaciones estadísticas, módulos, artículos de internet; toda esta bibliografía recopila el pensamiento científico de diversos autores que abordan temas como antropometría, ergonomía, discapacidad, sillas de ruedas, legislación laboral de personas con discapacidad, riesgos laborales, diseño de equipos de ayuda para las personas con discapacidad, información estadística, y más datos, conceptos y definiciones que ayudarán a soportar teóricamente el estudio.

También la presente investigación se enmarca como **de campo** porque la obtención de los datos antropométricos y las medidas de los usuarios se lo realizará en sus lugares de trabajo en donde se obtiene información sobre el problema investigado.

Adicionalmente este trabajo asume una **modalidad especial** que va a solucionar un problema de un contexto específico que lo conforman las personas con discapacidad móvil de miembros inferiores, respondiendo así a solucionar un problema social que los involucra; se plantea el diseño de una propuesta, un

equipo de ayuda como prototipo que aumente las posibilidades de inserción laboral de las personas con dicha discapacidad.

### 3.3. TIPOS O NIVELES DE INVESTIGACIÓN.

La presente investigación se enmarca dentro del nivel: correlación de variables. La variable independiente: características antropométricas de personas con discapacidad móvil inferior, influencia y se asocia a la variable dependiente: diseño de silla de ruedas. La anterior explicada relación proporciona datos que ayudarán a obtener un mejor producto que solucione problemas del grupo de personas con discapacidad móvil de miembros inferiores.

### 3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.

La población hace referencia al total de personas con discapacidad móvil de miembros inferiores y puedan ejercer algún tipo de trabajo; además se ha limitado el estudio a la provincia de Tungurahua.

La muestra conlleva en sí un error propio del muestreo, el cual debe buscarse sea mínimo, habría que calcular el tamaño de la muestra tal que el error de muestreo sea **razonable**, por ejemplo 5%, 10%, 12%. En virtud de que el número de elementos es mayor a 100, se trabajará con una muestra representativa de la población, esta muestra se obtuvo de la siguiente manera:

Según el CONADIS en la provincia de Tungurahua existen 4.233 personas con discapacidad física. La Organización Mundial de la Salud afirma que aproximadamente el 10.1% de una población con discapacidad física, es usuario de silla de ruedas lo cual es corroborado en un estudio abordado por la Universidad Salesiana; por esta razón la población obtenida para el estudio a realizarse es de 428 personas.

Para el cálculo de la muestra se consideró la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\sigma^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + \sigma^2 * p * q} \quad (2)$$

Donde:

$\sigma$  = Coeficiente de confianza = Z.

N = Universo o población.

p = probabilidad a favor (prevalencia de personas con discapacidad en sus miembros inferiores).

q = probabilidad en contra (1 – p).

e = error estimado (límite aceptado por la estadística es:  $e \leq 15\%$ ).

n = tamaño de la muestra.

**Tabla N° 41.- Tabla de elección del nivel de confianza.**

Nivel de confianza	$\sigma$ (Z)
99.7 %	3
99 %	2.58
98 %	2.33
96 %	2.05
95 %	1.96
90 %	1.645
80 %	1.28
50 %	0.674

Fuente: (Materias/Cursos/Estadística/Notas, 2012).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

**Tabla N° 42. Tabla de elección del nivel de confianza.**

DATOS		CONVERSION
N	428	Universo
P	10.1 %	0.101
Q	89.9%	0.899
$\Sigma$	95%	1.96
E	12%	0.12

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

$$n = \frac{\sigma^2 * N * p * q}{e^2 * (N-1) + \sigma^2 * p * q}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 * 428 * 0.101 * (1 - 0.101)}{(0.12)^2 * (428) + (1.96)^2 * 0.101 * (1 - 0.101)}$$

$$n = 22,97$$

$$n = 22$$

Se obtuvo una muestra de 22,97 personas, a las cuales se les realizó:

- Las entrevistas correspondientes.
- Una observación para aplicar el método MAPFRE.
- Una observación-medición para aplicar el método RULA.
- Una medición de las medidas antropométricas.
- La aplicación del método de Kano.

### 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla N° 43.-Operacionalización de la variable independiente.

<b>CONCEPTUALIZACIÓN</b> <b>Antropometría de personas con discapacidad inferior</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ITEMS BÁSICOS</b>	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS</b>
<p>La antropometría es la ciencia de la <u>medición de las dimensiones y algunas características físicas del cuerpo humano</u>. Se sustenta en <u>teorías y prácticas para definir métodos y variables que relacionan los objetivos de diferentes campos de aplicación</u>. En el campo de la <u>salud y seguridad en el trabajo y de la ergonomía</u>, los sistemas antropométricos relacionan dimensiones del cuerpo humano en relación con las <u>dimensiones del lugar de trabajo, máquinas y entorno industrial</u> (OIT).</p>	<p>Medición de dimensiones y características físicas del cuerpo humano</p>	<p>Medidas antropométricas. Características de movilidad y de trabajo</p>	<p>¿Se han realizado medidas antropométricas y otras, de los usuarios de sillas de ruedas? ¿Son necesarias las características que soliciten los usuarios de sillas de ruedas para mejorar su movilidad?</p>	<p>-Observación.- Listas de observación -Encuestas.- cuestionario individual</p>
	<p>Teorías y prácticas para definir métodos y variables. Que relacionan los objetivos de diferentes campos de aplicación.</p>	<p>Métodos ergonómicos y estadísticos. Actividades sociales y laborales.</p>	<p>¿Se han aplicado métodos ergonómicos y principios estadísticos para procesar y generar estándares dimensionales? ¿Se tienen en cuenta las opiniones de las personas con discapacidad para regular sus actividades sociales y laborales?</p>	<p>-Observación.- Listas de observación -Encuestas.- cuestionario individual</p>
	<p>Seguridad y salud en el trabajo y de la ergonomía</p>	<p>Riesgos en las labores de personas discapacitadas. Acciones de protección.</p>	<p>¿Se realizan actividades y medidas de control y protección que ayuden a evitar riesgos en sillas de ruedas? ¿Qué acciones se toman para insertar social y laboralmente a las personas con discapacidad?</p>	<p>-Observación.- Listas de observación -Mediciones.- Registro de medidas -Encuestas.- cuestionario individual</p>
	<p>Dimensiones del lugar de trabajo idóneo</p>	<p>Dimensiones y características de equipos de ayuda para movilidad y apoyo al trabajo.</p>	<p>¿El diseño de las sillas de ruedas satisface las necesidades de la población con discapacidad en Ambato? ¿El diseño de la silla de ruedas cumple con la normativa establecida?</p>	<p>-Observación.- Listas de observación -Encuestas.- cuestionario individual</p>

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

Tabla N° 44.- Operacionalización de la variable dependiente.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Diseño de sillas de ruedas</p> <p>Es aquel <u><i>diseño de equipos y aparatos de ayuda para personas con discapacidades</i></u>, en el que se involucran <u><i>criterios de ergonomía apropiados</i></u> que solventan más eficazmente las <u><i>necesidades de los usuarios de sillas de ruedas</i></u>, generando un <u><i>ambiente social y laboral inclusivo que proporcione bienestar personal</i></u></p>	<p>Diseño de equipos y aparatos de ayuda para personas con discapacidad</p>	<p>Medidas y características de fabricación y funcionamiento de sillas de ruedas</p>	<p>¿Se ha tomado en cuenta la actividad que desarrolla el trabajador y el espacio en el que se desenvuelve para el diseño de la silla de ruedas, que le permita estar seguro?</p>	<p>-Observación.- Listas de observación -Mediciones.- Registro de medidas -Encuestas.- cuestionario individual</p>
	<p>Condiciones y criterios de ergonomía apropiados para el tipo especial de usuarios</p>	<p>Existencia y adaptación de métodos, criterios y procedimientos de ergonomía y materias afines</p>	<p>¿Se han tenido en cuenta las características antropométricas y anatómicas para el diseño de la silla de ruedas que utiliza en el trabajo?</p>	<p>-Observación.- Listas de observación -Encuestas.- cuestionario individual</p>
	<p>Necesidades de las personas que usan sillas de ruedas en sus trabajos.</p>	<p>Valoración de necesidades a satisfacer a través de la silla de ruedas</p>	<p>¿El diseño de la silla de ruedas cumple con las características de confort, seguridad y otras expuestas por los usuarios para el desempeño eficiente de sus actividades?</p>	<p>-Encuestas.- cuestionario individual</p>
	<p>Ambiente social y laboral inclusivo para el bienestar personal.</p>	<p>Cumplimiento de la legislación vigente</p>	<p>¿Se permite el desarrollo de funciones acorde a las expectativas laborales de las personas con discapacidad?  ¿Se ha evidenciado documentalmente el cumplimiento de la legislación sobre discapacidad y equipos de ayuda para su bienestar?</p>	<p>-Observación.- Listas de observación -Encuestas.- cuestionario individual</p>

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)



## **Técnicas e instrumentos.**

En la investigación los datos para tomar decisiones se obtendrán a partir de las siguientes técnicas, que conllevarán el uso de sus respectivos instrumentos:

- Técnica: la encuesta, que empleará como instrumento el cuestionario individual. Intervendrán las personas con discapacidad móvil inferior (22 usuarios) que contestaran preguntas redactadas en consideración a la operacionalización de variables.
- Técnica: la observación. Que utilizará como instrumento una lista de observación proporcionada por el método MAPFRE. Intervendrán las personas a observar con discapacidad móvil inferior (22 usuarios de sillas de ruedas). Aquí se obtienen datos de las condiciones de seguridad y los factores de riesgo ergonómicos presentes durante el uso de su silla de ruedas.
- Técnica: observación-medición, utilizará el equipo antropométrico que sirve para obtener dimensiones, posturas, cargas y otros datos que se procesarán en un instrumento adaptado desde el método RULA. Intervendrán las personas con discapacidad móvil de miembros inferiores y el observador-evaluador.
- Técnica: Análisis estadístico, que utilizará como instrumento el método del Diferencial semántico.
- Técnica: la encuesta, empleará un cuestionario para recabar datos de las necesidades que exponen los usuarios. El método de evaluación es Kano.

### 3.6. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

**Tabla N° 45.- Recolección de la información.**

Preguntas básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación
2. ¿De qué personas u objetos?	Usuarios de sillas de ruedas en condición laboral en Ambato. Familiares y personal médico en relación con las personas con discapacidad
3. ¿Sobre qué aspectos?	Indicadores de la matriz de operacionalización de variables: ergonomía, antropometría, seguridad, confort, necesidades de uso laboral, características de diseño
4. ¿Quién?	Investigador
5. ¿Cuándo?	Primer semestre 2015
6. ¿Dónde?	Domicilios o lugares de trabajo de las personas con discapacidad móvil inferior en la ciudad de Ambato
7. ¿Cuántas veces?	Las que sean necesarias en los métodos propuestos: RULA, MAPFRE, entrevistas, mediciones.
8. ¿Qué técnicas de recolección?	Encuesta Observación Observación-medición Medición con instrumentos
9. ¿Con qué?	Cuestionario individual Listas de observación Registro de medidas antropométricas
10. ¿En qué situación?	Previa citas con las personas con discapacidad en sus casas o en sus sitios de trabajo

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

Para que los datos sean útiles, es necesario organizar las observaciones de modo tal que se pueda reconocer y distinguir el comportamiento de las características observadas y sus relaciones. Características como riesgos físicos, psicológicos, medidas antropométricas, u otros que incidirán en las medidas de las sillas de ruedas.

Lo importante es que del tipo de observaciones realizadas y el nivel de medición alcanzado (como se midieron), se determinarán las clases de cuadros, gráficas y tablas de resumen que exhiben y comunican mejor las observaciones.

Los datos obtenidos exclusivamente han sido provistos por observaciones, medidas y preguntas hechas por el investigador. Los datos se han ordenado de manera compacta y útil, el procesamiento de los datos y los resultados obtenidos han ayudado para que el investigador obtenga información rápida y confiable. Los datos recogidos han sido organizados en forma de una “matriz de procesamiento de datos”, que es un arreglo bidimensional en forma de filas (aquí se colocan a cada unidad de observación o cada usuario analizado) y de columnas (aquí se colocan las variables relevantes que han de analizar)

### **3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.**

#### **Procesamiento de la información.**

- Matrices de procesamiento.- son tareas mecánicas-manuales necesarias para volver útil la información original. Estas matrices originales deben llevar una numeración, codificación, traducción y tabulación respectiva. Las fichas, cuestionarios y matrices originales de los 3 métodos han sido aplicados individualmente a cada uno de los usuarios de sillas de ruedas (22). Una vez recolectados los datos en las fichas de observación (MAPFRE), cuestionarios (ENCUESTAS) y matriz de observación-medición (RULA) se procede a la revisión crítica de la información recogida; es decir, limpieza de la información defectuosa: contradictoria, incompleta, no pertinente, etc.
- Matrices de sistematización.- La información anterior debe ser organizada y volcada en un archivo digital Excel. Los datos cualitativos obtenidos se transforman en **variables cualitativas ordinales** consignadas en la matriz bidimensional de sistematización. Aquí se procede a armar la base de datos variables versus unidades de análisis, se reagrupa, se recodifica. Dependiendo de las recomendaciones particulares que establecen cada uno de los métodos MAPFRE, ENCUESTAS, RULA se tabula la información, obteniendo cuadros de resumen, que contiene características de las variables que conforman la hipótesis: puestos de trabajo, carga física postural, sobreesfuerzos, levantamiento de cargas, carga sensorial, carga mental por el contenido del trabajo, monotonía y repetitividad, etc.

## **Análisis e interpretación de resultados.**

- Se procede a elegir el tipo de análisis estadístico en base a las siguientes necesidades:
  - Cumplir con los objetivos del presente trabajo,
  - contrastar la hipótesis y,
  - responder a las preguntas de la investigación.

En la presente investigación ocuparemos la **estadística inferencial**. Los análisis estadísticos seleccionados, son:

- El **descriptivo** de variables cualitativas: que sugiere encontrar:
  - Tablas de distribución de frecuencias absolutas, frecuencias porcentuales, **moda**.
  - En cuanto a gráficas se aplican: circulares y de barras.
- El **analítico** test Chi cuadrado, que compara las medias de variables seleccionadas como de mayor incidencia en la hipótesis.
  - El análisis escrito de los datos implica, explicar los resultados porcentuales obtenidos para cada variable evaluada en cada individuo, describiendo las posibles causas. Se analiza desde una óptica del pasado que provoca la realidad de la observación.
  - La interpretación de los resultados apoyados en el análisis descriptivo, implica conocer a profundidad el marco teórico de las variables: antropometría, ergonomía, riesgos, levantamiento de cargas, puestos de trabajo, diseño de una silla de ruedas, medidas de sillas de ruedas, etc. Estas interpretaciones servirán para llegar a las conclusiones de la investigación. Se interpreta con una visión de futuro que propondrá soluciones al problema investigado.
  - La comprobación de la hipótesis se la realizará utilizando la prueba del Chi Cuadrado.
  - Una vez determinada la relación entre características antropométricas con medidas de sillas de ruedas, apoyados en las interpretaciones de todos los requerimientos tabulados en los métodos se procede a sacar las conclusiones, que servirán a su vez para establecer las posibles recomendaciones.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La estadística es una ciencia derivada de la matemática que estudia los métodos para recoger, organizar, resumir y analizar datos, así como para sacar conclusiones válidas y/o tomar decisiones razonables. Con la ayuda de la estadística, que es una manera asertiva de pensar y tratar cierta problemática que la realidad de las personas con discapacidad móvil inferior plantea, se puede analizar dicha realidad de una manera más objetiva y exacta teniendo como inicio los datos y respuestas cualitativas y/o subjetivas tanto de los usuarios de sillas de ruedas como del profesional que realiza las valoraciones, observaciones y mediciones. La estadística permitirá a partir de los datos obtenidos de los usuarios que componen la muestra 22, realizar la inferencia hacia la población total de usuarios de sillas de ruedas de la provincia de Tungurahua.

La estadística no tiene el poder de descubrir nuevos hechos, ni de suministrar conclusiones absolutas, válidas sin restricciones. *Las respuestas de un análisis estadístico son siempre en términos de probabilidad, jamás en términos de certeza* (Salgado, P. A. 2015).

La aplicación de las técnicas de la estadística ayudan a solucionar el problema que es en cierto sentido la teoría sobre la variabilidad, debido al criterio subjetivo del profesional que emite sus valoraciones en base a las observaciones realizadas en los tres métodos empleados: MAPFRE, RULA y encuestas; es decir se busca la tendencia de los resultados.

Los resultados se describen, analizan y representan en función de que se tiene variables cualitativas. Se utiliza análisis estadísticos de tipo:

a) Descriptivos, que sugiere encontrar:

- Tablas de distribución de frecuencias absolutas, porcentuales, moda.
- Gráficas: circulares y de barras.

b) Analítico, test Chi cuadrado: que compara las medias de variables seleccionadas como las de mayor incidencia para que se cumpla la hipótesis.

La estadística aplicada en la presente investigación es la Inferencial o Inductiva, que es la parte dedicada a la formulación de supuestos y estimaciones, para hacer predicciones y poder sacar conclusiones de los datos obtenidos a partir de las muestras, para luego extrapolar los resultados al total de la población. La estadística Inferencial comprende como aspectos importantes: La toma de muestras o muestreo, la estimación de parámetros o variables estadísticas, el contraste de la hipótesis.

**Etapas del estudio estadístico:**

- Planteamiento del problema.
- Marco teórico y determinación de los objetivos.
- Formulación de la hipótesis y las variables a estudiar.
- Definición de las unidades de análisis = usuarios de sillas de ruedas.
- Determinación de la población y la muestra. La muestra debe ser representativa, sus elementos escogidos al azar y se permite tener un error de muestreo razonable y determinado por el investigador entre 5% a 12%.
- La recolección de datos.
- Depuración y procesamiento de los datos.
- Presentación de los datos.
- Análisis de los resultados.
- Conclusiones.

#### **4.1. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MÉTODO MAPFRE.**

MAPFRE es un método mixto que evalúa ergonómicamente los riesgos que se presentan en la silla de ruedas considerándola como la estación de trabajo de las personas que sufren de discapacidad móvil inferior. La tabla N° 46 constituye un ejemplo, de las 22 aplicadas una para cada usuario. Se le denomina matriz de procesamiento y le corresponde a la persona observada # 3 señor Rafael A., que trabaja como preparador de suelas de calzado. En esta matriz además de consignarse los datos personales del usuario, se anotan las valoraciones cuantitativas del investigador, las valoraciones cualitativas del investigado y los comentarios de ser el caso, para cada uno de los 11 factores de riesgo.

Las valoraciones cualitativas se describen en este documento en el título Método MAPFRE para evaluar el riesgo por ergonomía. También las valoraciones cuantitativas están descritas en el mismo título, sin embargo la tabla N° 47 representa la escala numérica que le corresponde a los niveles o grados de riesgo en dependencia de las condiciones en las que se realiza el trabajo: a criterio del investigador que selecciona un determinado grado de riesgo, inscribe dicho valor en la matriz de procesamiento.

La tabla N° 48, llamada matriz de sistematización, es un resumen de datos donde se anotan los promedios de las valoraciones cuantitativas y cualitativas para cada factor de riesgo en la primera fila superior y para cada uno de los usuarios valorados en la primera columna izquierda. Además se determinan los valores promedios por persona y promedio por factor de riesgo dentro de la muestra de 22 usuarios de sillas de ruedas.

## Procesamiento

Tabla N° 46.- Datos individuales de la persona observada #3.

<b>ANÁLISIS ERGONÓMICO DEL TRABAJO</b>		<b>Fecha</b> :		<b>Analista:</b> Ing. Fernando Urrutia		N° 3					
<b>Puesto de trabajo:</b> Silla de Ruedas-Preparador de suelas				<b>Departamento:</b> Producción							
<b>Tarea:</b> Preparación de suelas de calzado.				<b>Emplazamiento:</b> Parque Ind. Fábrica de calzado.							
<b>Máquinas, equipos:</b> Herramientas manuales para la fabricación de calzado.											
<b>Descripción de la tarea, fases de trabajo (1,2,3)</b>											
Realiza el proceso de preparación de los diferentes tipos de suela para el posterior ensamble del calzado.											
<b>Dibujo del puesto de trabajo y fotografía</b>											
<b>FACTORES DE RIESGO.</b>		<b>Valoración del analista</b>			<b>Valoración del trabajador</b>			<b>Comentarios</b>			
<b>1.Puesto de trabajo</b>	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	El puesto tiene algún aspecto claramente mejorable que es necesario corregir.
<b>2. Carga física estática postural.</b>	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Realiza el trabajo todo el tiempo sentado debido a su discapacidad.
<b>3. Levantamiento de cargas</b>	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Levantamiento de carga de 2,16 kg. Entre 35 a 50 minutos por hora.
<b>4. Posturas y movimientos</b>	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Permanece sentado todo el tiempo.
<b>5. Riesgo de accidente</b>	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Existe gran posibilidad que ocurra un accidente debido a cierta inestabilidad de la silla de ruedas.
<b>6. Turnos y horarios. Pausas en el tiempo de trabajo.</b>	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Trabajo continuo a tiempo completo sin un horario fijo.
<b>7. Contenido de trabajo. Carga mental.</b>	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Trabajo repetitivo y con cierto grado de concentración.
<b>8. Carga sensorial.</b>	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Trabajos que implican atención periódica o intermitente de distintas variables, coincidiendo varias de ellas a la vez, de modo que la atención concentrada sobre la suma de todos los aspectos del trabajo es permanente.
<b>9. Comunicación y relaciones sociales</b>	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Existe comunicación verbal fluida y frecuente con todos los niveles de la empresa, con elevado nivel de privacidad si la situación lo requiere.
<b>10. Autonomía y Toma de decisiones</b>	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Trabajos planificados, donde a veces es preciso decidir sobre pequeños detalles relacionados con las tareas o el control del proceso.
<b>11. Monotonía y Repetitividad del trabajo</b>	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Duración media del ciclo de trabajo superior a 30 minutos.
<b>Recomendaciones:</b> Propone que se desarrolle un proyecto para manejar vehículos solo con las manos. El hizo esta adaptación al suyo.											



Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)



**Tabla N° 47.- Niveles de riesgo MAPFRE.**

GRADOS	DESCRIPCIÓN
1	Condiciones muy favorables. (Riesgo muy bajo)
2	Condiciones favorables. (Riesgo bajo)
3	Situación aceptable legal o técnicamente, a partir de la cual se deben introducir correcciones o mejoras. (Riesgo moderado)
4	Condiciones desfavorables. (Riesgo alto)
5	Condiciones malas y desfavorables. (Riesgo ergonómico no tolerable - muy alto)

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### Sistematización.

**Tabla N° 48.-Resumen de las valoraciones obtenidas con MAPFRE.**

PERSONAS EVALUADAS	1. Puesto de trabajo	2. Carga física estática postural.	3. Levantamiento de cargas	4. Posturas y movimientos	5. Riesgo de accidente	6. Turnos y horarios	7. Pausas en el tiempo de trabajo.	8. Contenido de trabajo. Carga mental.	9. Carga sensorial.	10. Comunicación y relaciones sociales	11. Autonomía y Toma de decisiones	12. Monotonía y repetitividad del trabajo	PROMEDIO
1	5	4	4	5	4	5	3	4	4	3	4	4,09	
2	4	5	5	5	4	3	5	4	3	3	4	4,09	
3	3	4	4	5	4	5	5	5	2	3	5	4,09	
4	5	4	5	5	4	5	3	4	2	4	4	4,09	
5	5	4	4	5	4	5	3	4	4	3	4	4,09	
6	5	4	4	5	4	3	3	3	5	4	5	4,09	
7	5	4	5	5	4	5	4	5	1	3	4	4,09	
8	5	4	4	5	4	5	3	3	1	2	4	3,64	
9	5	4	4	5	4	5	3	5	3	1	4	3,91	
10	5	4	3	5	4	3	3	4	1	3	4	3,55	
11	2	4	5	5	4	2	3	3	1	2	4	3,18	
12	5	4	4	5	4	5	4	4	3	4	4	4,18	
13	4	4	5	5	4	5	4	4	3	4	5	4,27	
14	5	4	4	5	4	5	4	4	3	4	4	4,18	
15	5	5	3	5	4	5	4	4	3	4	4	4,18	
16	5	5	5	5	4	5	4	5	3	5	4	4,55	
17	3	4	5	5	4	5	4	4	3	5	3	4,09	
18	3	4	4	5	4	5	4	5	2	5	5	4,18	
19	3	4	5	4	2	5	4	4	3	5	3	3,82	
20	3	4	4	5	4	5	4	3	3	4	4	3,91	
21	3	4	5	4	2	4	4	4	3	5	3	3,73	
22	3	3	4	3	2	4	4	4	1	3	3	3,09	
Promedio	4,14	4,09	4,32	4,82	3,73	4,5	3,73	4,05	2,59	3,59	4,00	3,96	

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

A continuación se expone un estudio estadístico de cada uno de los factores de riesgo considerados por MAPFRE, analizando e interpretando los porcentajes que le corresponden a cada nivel o grado de riesgo dentro del contexto que representa la muestra de 22 usuarios.

### Observación 1. Puesto de trabajo.

En este apartado se deben considerar el equipo de trabajo, el mobiliario, otros instrumentos auxiliares de trabajo, así como su disposición y dimensiones.

Tabla N° 49.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo puesto de trabajo.

GRADOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	0	0%
2	1	5%
3	7	32%
4	2	9%
5	12	55%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)

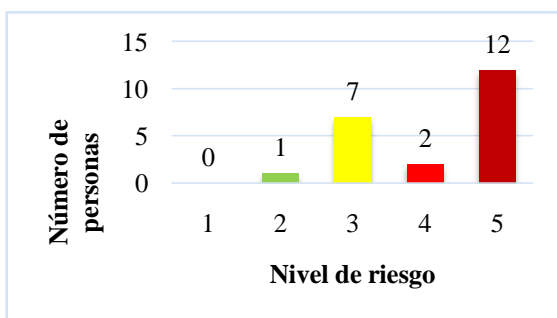


Gráfico N° 47. Puestos de trabajo  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)

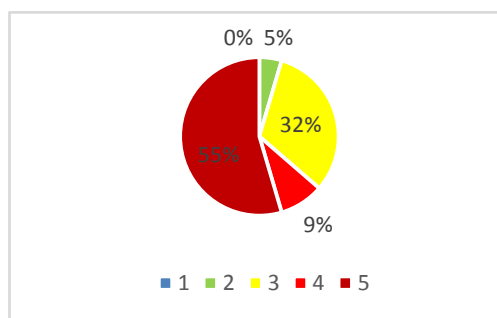


Gráfico N° 48. Puestos de trabajo  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)

### Análisis.

De un universo de 22 personas observadas, 12 que corresponde a la moda representado por un 55% del total corresponde al nivel 5 donde se considera que su puesto de trabajo tiene varios puntos claramente deficientes por donde no pueden movilizarse con comodidad, incluso hay algunos lugares que no les dejan pasar. El 32% que representa 7 personas de las observadas corresponde a un nivel 3, reporta que su puesto de trabajo tiene algún aspecto claramente mejorable. A partir del grado nivel 3 hasta el 5 se indica que se deben tomar medidas de acción correctivas o de rediseño del puesto de trabajo.

### Interpretación

En la actualidad existen diferentes normas en referencia a la accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico y espacios interiores, por lo que es necesario en los diferentes entornos de trabajo un rediseño en la ampliación del área donde se desarrollan sus actividades diarias.

## Observación 2. Carga física estática postural

La carga estática está asociada a las posturas de trabajo y a la actividad isométrica de los músculos.

Tabla N° 50.- Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado a la carga física estática postural.

GRADO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	0	0%
2	0	0%
3	1	5%
4	18	82%
5	3	14%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015)  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015).

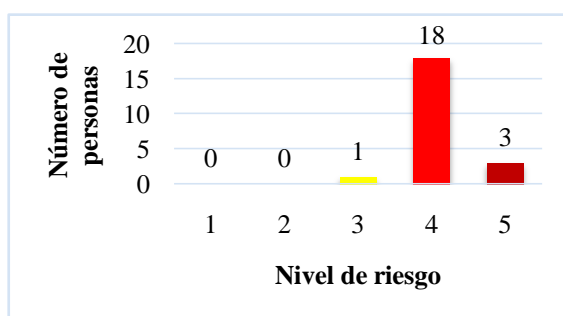


Gráfico N° 49. Carga física estática postural.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

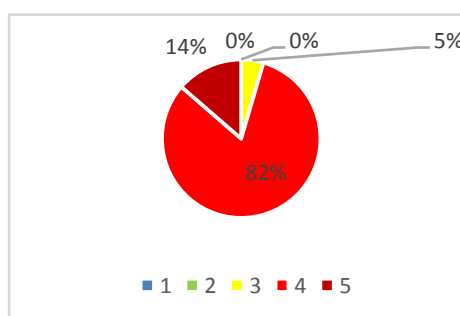


Gráfico N° 50. Carga física estática postural.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### Análisis.

Del total de personas observadas de la muestra, se obtiene una moda de 18 que representa el 82% del total observado, estas personas tienen posturas definidas como de riesgo ergonómico no tolerable según el nivel 5: permanecen un rango de tiempo de 35 a 50 minutos a lo largo de su jornada de trabajo en dicha posición riesgosa. Y un 14% del total observado permanece por más de 50 minutos en posiciones de alto riesgo.

### Interpretación.

La valoración de la carga estática se realiza considerando que accionan fuerzas negativas producidas por una mala posición o postura en el desarrollo del trabajo, al obtenerse un porcentaje alto de riesgo ergonómico intolerable es inminente que se requiere un cambio de esas posturas a través de un rediseño del puesto de trabajo. Considerando del entorno en el que se desarrolla el trabajo debe ser tomando en cuenta el confort postural es decir la posibilidad de cambiar la postura de trabajo reduciendo las condiciones desfavorables.

### Observación 3. Levantamiento de cargas.

El levantamiento se basa en el peso de la carga, la distancia horizontal entre la carga y el cuerpo (distancia de agarre), y la altura de alzamiento.

Tabla N° 51.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado con el levantamiento de cargas.

GRADOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	0	0%
2	0	0%
3	2	9%
4	11	50%
5	9	41%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

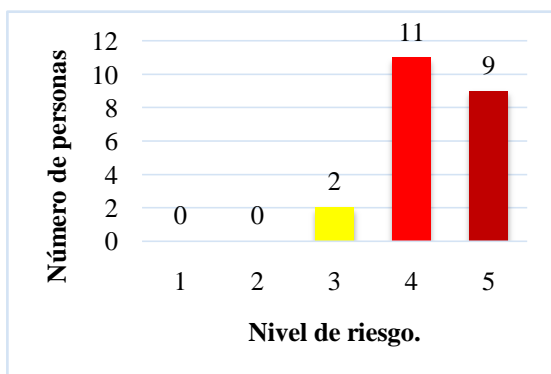


Gráfico N° 51. Levantamiento de cargas.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

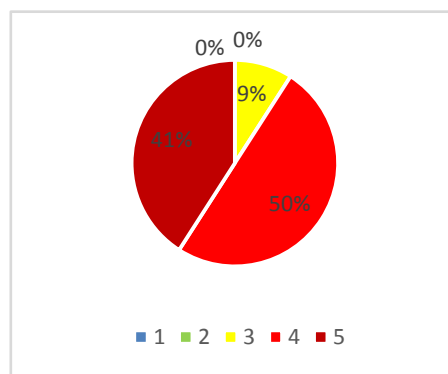


Gráfico N° 52. Levantamiento de cargas  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### Análisis.

En esta observación 11 personas que son el 50% y que corresponde a la moda, indican que ejercen un levantamiento de carga de 2,16 kg entre 35 a 50 minutos por hora teniendo un riesgo alto además que el 41% que corresponde a 9 personas, ejerce el levantamiento de carga de 2,5 kg en tiempos mayores a 50 minutos por hora teniendo un riesgo muy alto.

### Interpretación.

Al tener un porcentaje elevado de grado 4 y 5 lo que indica que el riesgo en las mismas es alto tenemos un indicador que demuestra la necesidad de implementar cambios en el puesto de trabajo procurando el beneficio para la persona.

#### Observación 4. Posturas y movimientos.

La postura es la posición del cuello, brazos, espalda, caderas y de las piernas en el trabajo. Los movimientos se refieren a los del cuerpo requerido por el trabajo.

Tabla N° 52. Tabla de distribución de frecuencia del riesgo asociad con posturas y movimientos.

GRADOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	0	0%
2	0	0%
3	1	5%
4	2	9%
5	19	86%

Fuente: Investigación de campo: Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas. (2015)  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)

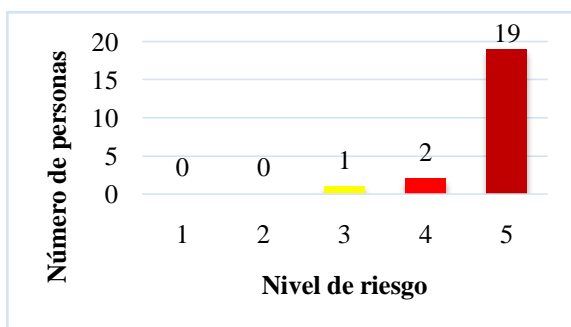


Gráfico N° 53. Posturas y movimientos.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

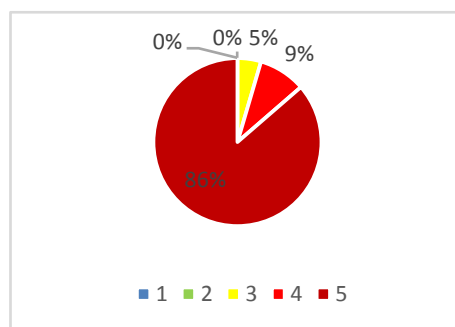


Gráfico N° 54. Posturas y movimientos.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

#### Análisis.

En el 86%, que representa a 19 personas se observa que al permanecer obligatoriamente en posición sentado sufren incomodidad que genera riesgo ergonómico no tolerable, este riesgo puede ocasionar accidentes como mala circulación sanguínea, dolor en determinados puntos de la parte superior, etc. El 9% correspondiente a 2 personas indican que realizan su actividad de trabajo dentro de una jornada completa lo que se considera como condición desfavorable y con riesgo alto. En términos de salud e higiene laboral estas personas no pueden tener pausa activas completas.

#### Interpretación.

Al tener un porcentaje elevado de grado 4 y 5 lo que indica que el riesgo en las mismas es alto tenemos un indicador que demuestra la necesidad de implementar cambios en el puesto de trabajo ya sea en el diseño o la forma de realizar el mismo procurando el beneficio para la persona.

### Observación 5. Riesgo de accidente.

Este factor se refiere a la posibilidad de sufrir una lesión física como consecuencia del trabajo, de forma repentina, inesperada o imprevista y debido a una exposición laboral inferior a un día.

Tabla N° 53.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado a los accidentes.

GRADOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	0	0%
2	3	14%
3	0	0%
4	19	86%
5	0	0%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

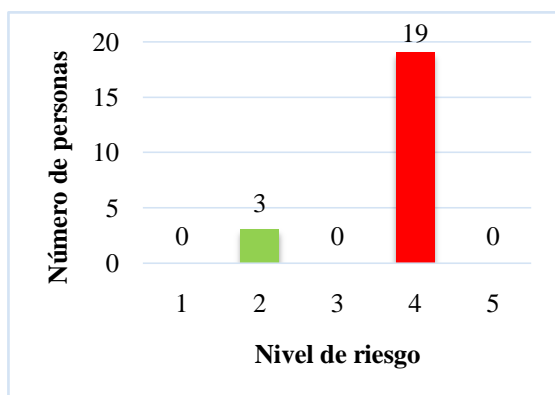


Gráfico N° 55. Riesgo de accidente.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

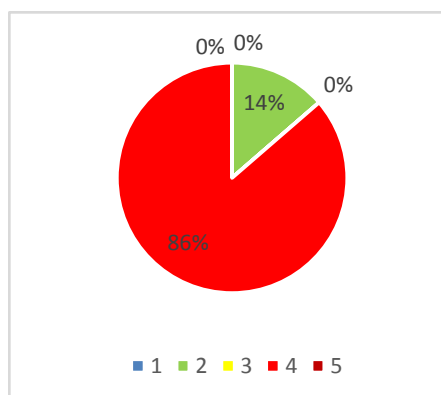


Gráfico N° 56. Riesgo de accidente.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### Análisis.

En esta observación, la moda: 86% representa a 19 personas que consideran una alta posibilidad de riesgo de accidente porque las instrucciones complejas, para su condición, que necesita para cumplir su labor o tarea en su trabajo, no existen o no están explícitamente formuladas. Las restantes 3 personas correspondientes al 14% señalan algo similar pero en menor valoración.

### Interpretación.

Implementación de capacitaciones para poder entender los manuales complejos de seguridad a través de un lenguaje más visual o señales ilustrativas e entendibles para las diferentes personas que poseen estas capacidades.

### Observación 6. Turnos y horarios. Pausas en el tiempo de trabajo.

La organización del tiempo de trabajo es uno de los factores que más importancia tienen en la cantidad y calidad del trabajo, con respecto a la fatiga del trabajador, condicionando en una gran cantidad de ocasiones la vida privada del mismo.

Tabla N° 54.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado con turnos y horarios.

GRADOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	0	0%
2	1	5%
3	3	14%
4	2	9%
5	16	73%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

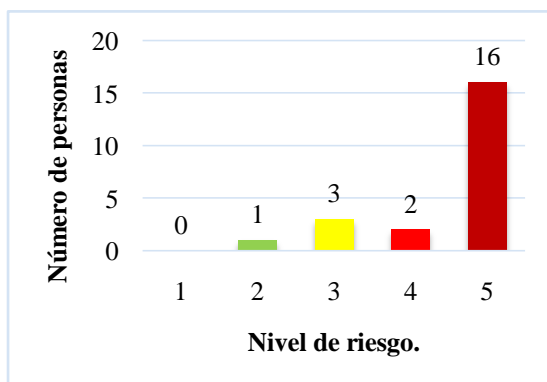


Gráfico N° 57. Turnos y horarios.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

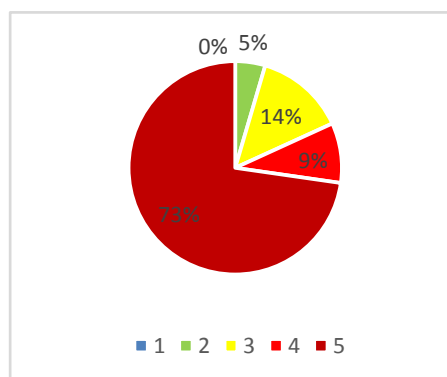


Gráfico N° 58. Turnos y horarios.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### Análisis.

El 73% que representa a 16 personas, consideran que en su silla de ruedas pasan horarios o turnos extensos, provocándoles fatiga, cansancio, estrés por repetitividad de su posición que después esto conllevará a que estén sometidos a situaciones peligrosas e incluso generarles accidentes.

### Interpretación.

Se requiere que ellos elijan el horario de trabajo en un área adecuada, con pausas necesarias evitando la repetitividad y así los accidentes que éstos puedan causar.

### Observación 7. Contenido de trabajo. Carga mental.

Se define la carga mental en función de las etapas de un proceso, o el número de procesos mentales requeridos para realizar una actividad o tarea.

Tabla N° 55.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado con la carga mental.

GRADOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	0	0%
2	0	0%
3	8	36%
4	12	55%
5	2	9%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

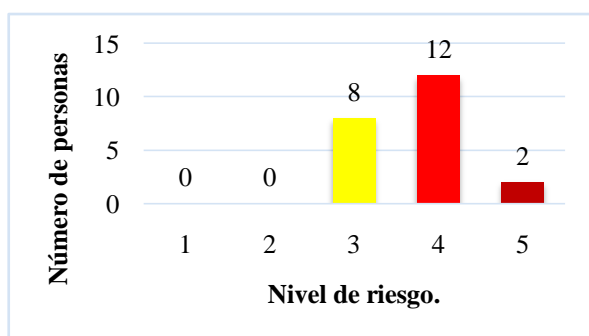


Gráfico N° 59. Carga mental.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

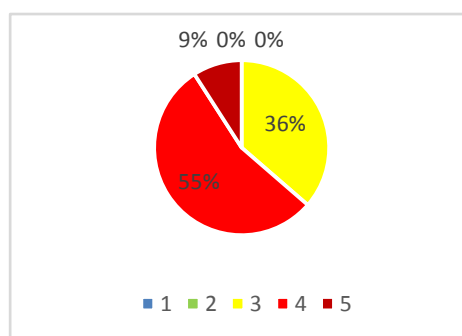


Gráfico N° 60. Carga mental.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### Análisis.

La moda que son 12 personas está representado por un 55% que indican se encuentran en condiciones desfavorables con un alto riesgo de sufrir un accidente porque no se conocen los procedimientos específicos del trabajo que realiza, solo se conocen generalidades, con frecuencia están sometidas a la presión del tiempo conllevando un considerable riesgo para su salud mental. Mientras que el 36%, 8 personas indican que su trabajo cae en la monotonía con una situación de riesgo aceptable legal o técnicamente, lo cual representa un mediano riesgo.

### Interpretación.

Dado el presente riesgo se sugiere que se cambie el método de trabajo, se disminuya la cantidad de trabajo mental, se den instrucciones completas y se modifique la infraestructura de los sitios para que estas personas puedan acceder a otros lugares y realizar otras actividades, disminuyendo así la excesiva carga mental que actualmente existe.



### Observación 8. Carga sensorial.

Este factor incluye la atención y el sentido de disponibilidad sensorial a la recepción de señales e información procedente del puesto de trabajo, que van a determinar una evaluación de la situación en cada momento y la toma de decisiones.

Tabla N° 56.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado a la carga sensorial.

GRADOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	0	0%
2	0	0%
3	4	18%
4	13	59%
5	5	23%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

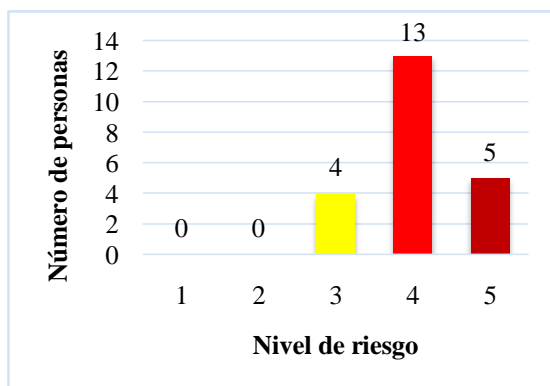


Gráfico N° 61. Carga sensorial.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

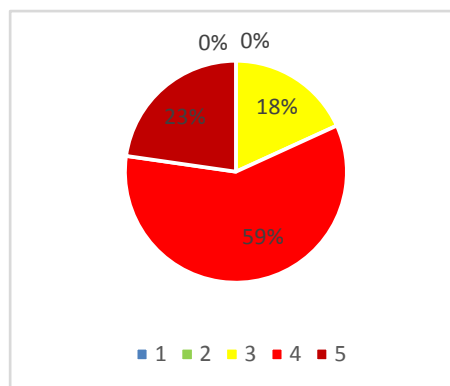


Gráfico N° 62. Carga sensorial.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### Análisis.

Se observan 13 personas correspondientes al 59%, que tienen trabajos donde implica mucha atención teniendo que actuar rápidamente produciendo una carga sensorial alta que implica peligro. 5 que corresponden el 23% y 4 que corresponden al 18% también contribuyen a la generación del problema.

### Interpretación.

En la actualidad en la mayoría de trabajos, a estas personas se las ubica en puestos de trabajo donde no implique mucha atención, provocando que estas personas actúen con una mayor rapidez previniendo peligros que pueden afectar a su salud.

### Observación 9. Comunicación y relaciones sociales.

Ambos conceptos hacen referencia a las oportunidades de comunicación que tienen los trabajadores entre sí y/o con sus superiores.

Tabla N° 57.- Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado con las relaciones sociales.

GRADOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	5	23%
2	3	14%
3	11	50%
4	2	9%
5	1	5%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

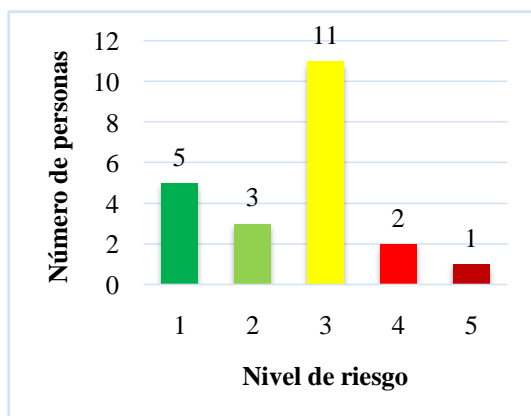


Gráfico N° 63. Relaciones sociales.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

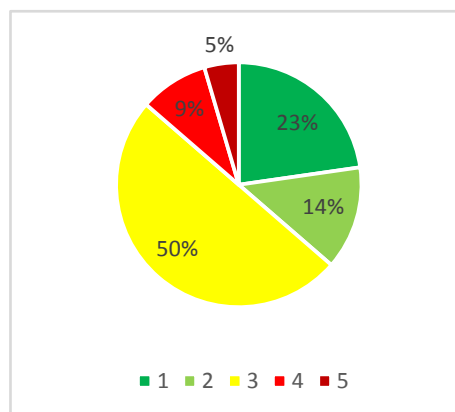


Gráfico N° 64. Relaciones sociales.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### Análisis.

Se observa la moda en 11 usuarios, siendo el 50%, que manifiestan ser personas con socialización deficiente o limitada para con el resto de sus compañeros debido a limitaciones o barreras físicas como paredes, gradas, lugares angostos que restringen el trato con otras personas.

### Interpretación.

En la actualidad dado al estado de las personas observadas esto se repite en varios lugares de trabajo. Se requiere un cambio urgente en la manera de movilización, con una silla que logre un mayor alcance o cambios en los lugares donde trabajan, como pasillos más amplios, rampas para sillas de ruedas, menos paredes y preferentemente construcciones de un solo piso.

### Observación 10. Autonomía y toma de decisiones.

Es un factor relacionado con las posibilidades de iniciativa de las personas y el tipo de control ejercido sobre el trabajo. La iniciativa es la capacidad para actuar autónomamente a partir de la planificación normal del trabajo, tomando decisiones.

Tabla N° 58.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado con la autonomía y toma de decisiones.

GRADOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	1	5%
2	2	9%
3	7	32%
4	7	32%
5	5	23%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

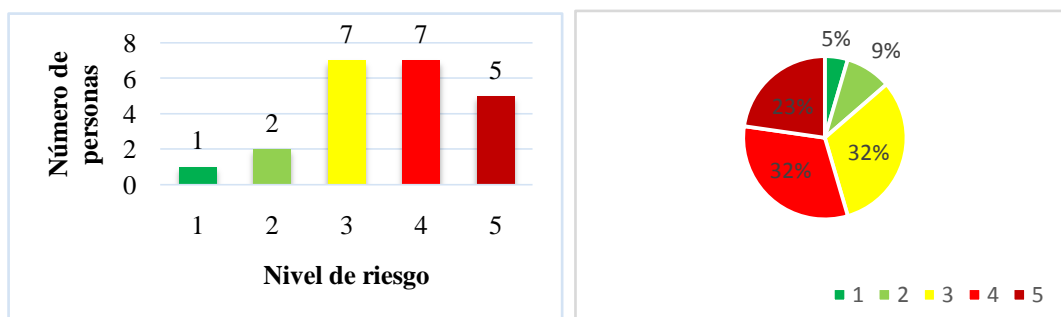


Gráfico N° 65. Autonomía y toma de decisiones. Gráfico N° 66. Autonomía y toma de decisiones.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### Análisis.

Se tiene una moda de 7 personas en el grado 3 y 4, ambos grados tienen semejantes criterios de evaluación por lo que se tomarán en cuenta estas 14 personas siendo el 64% de la muestra. Este alto porcentaje indica que los usuarios carecen de procedimientos especificados para cumplir eficientemente las tareas encomendadas, o también las instrucciones dadas no son claras: promoviendo un alto riesgo de accidentes.

### Interpretación.

La falta de indicaciones es un problema grave. Se requiere de manera urgente que se especifique de mejor manera el trabajo a realizar, se capacite o que un experto se mantenga cerca constantemente para darles indicaciones.

### Observación 11. Monotonía y repetitividad del trabajo.

La repetitividad en el trabajo, se determina por la duración de los ciclos de trabajo. La monotonía es la vivencia de dicha repetitividad.

Tabla N° 59.-Tabla de distribución de frecuencia del factor de riesgo asociado con la repetitividad del trabajo.

GRADOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	0	0%
2	0	0%
3	4	18%
4	14	64%
5	4	18%

Fuente: Investigación de campo: Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas. (2015)  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)

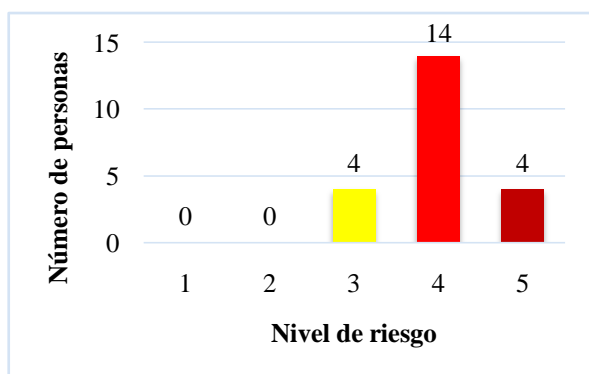


Gráfico N° 67. Repetitividad del trabajo.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

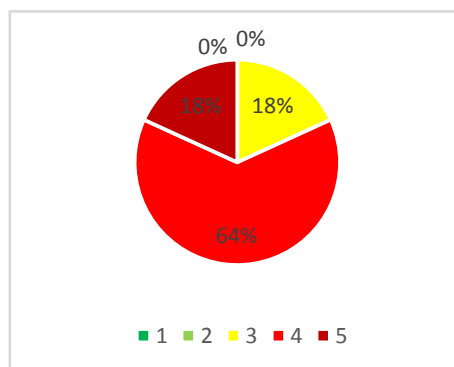


Gráfico N° 68. Repetitividad del trabajo.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### Análisis.

La moda está determinada por 14 personas que representan el 64% y según este riesgo tiene un nivel 4 con condiciones desfavorables que representa un riesgo alto. Estando constantemente en un solo lugar por su dificultad de moverse tiene riesgo de monotonía, desarrollando sola una actividad por tiempos extensos les causa repetitividad de vivencias y con descansos de corta duración debido a que no cuentan con las instalaciones adecuadas para que estas personas puedan moverse hacia otros lugares y realizar otras actividades.

### Interpretación.

La monotonía y la repetitividad de un trabajo afectan al estado anímico de las personas. Se requiere que se mejoren las instalaciones dentro de sus trabajos o sus hogares para que puedan desarrollar otras actividades o de ser el caso se implemente un sistema de pausas activas adecuadas para estas personas.

## **4.2. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MÉTODO RULA.**

RULA es un método de observación y medición que tiene como objetivo valorar el grado de exposición al riesgo por carga postural. Las valoraciones cuantitativas se describen en este documento en el título Método RULA. Este método evalúa el riesgo por ergonomía que se presentan en la silla de ruedas considerándola como la estación de trabajo, de las personas que sufren de discapacidad móvil inferior. La tabla N°. 60 constituye un ejemplo, de las 22 aplicadas una para cada usuario. Se le denomina matriz de procesamiento del grupo A, mientras que la tabla N° 61 es la matriz de procesamiento del grupo B y para el ejemplo citado le corresponden a la señorita Verónica V.

Al implementar el método RULA en el grupo A que está compuesto por brazo, antebrazo, muñeca, giro de muñeca se pondera de acuerdo a la postura que asume la persona al trabajar, trazando filas y columnas en cada parámetro observado y medido, la casilla donde se interseque las filas y columnas es la puntuación asignada al grupo A y que se resume en la tabla N° 60.

**Tabla N° 60.-Matriz de procesamiento del método RULA. Grupo A.**

ANÁLISIS R.U.L.A				Fecha:					
Nombre: Verónica V.				N° 20					
PUNTUACIÓN GLOBAL GRUPO A									
Brazo	Antebrazo	Muñeca		Muñeca		Muñeca		Muñeca	
		1		2		3		4	
		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

Al implementar el método RULA en el grupo B que está compuesto por cuello, tronco, piernas, pondera de acuerdo a la postura que asume la persona al trabajar. Al considerar que el estudio es realizado en personas con discapacidad en sus extremidades inferiores se establece que la ponderación en piernas será 1. Trazando filas y columnas en cada parámetro observado y medido, la casilla donde se intersequen las filas y columnas es la puntuación asignada al grupo B y que se resume en la tabla N° 61.

**Tabla N° 61.- Matriz de procesamiento del método RULA. Grupo B.**

<b>ANÁLISIS R.U.L.A.</b>		<b>Fecha:</b>		<b>N°</b>	20	
<b>Nombre:</b> Verónica V.						
<b>PUNTUACIÓN GRUPO B</b>						
	Tronco					
	1	2	3	4	5	6
	<b>Piernas</b>	<b>Piernas</b>	<b>Piernas</b>	<b>Piernas</b>	<b>Piernas</b>	<b>Piernas</b>
<b>Cuello</b>	1	1	1	1	1	1
1	1	2	3	5	6	7
2	2	2	4	5	6	7
3	3	3	4	5	6	7
4	5	5	6	7	7	8
5	7	7	7	8	8	8
6	8	8	8	8	9	9

Fuente: Investigación de campo: Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas. (2015)  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)

La tabla N°62 debe ser observada para corregir las puntuaciones A y B por la acción del tipo de actividad y la cantidad de fuerza aplicada.

**Tabla N° 62.- Tabla de puntuaciones para corrección por la actividad muscular desarrollada y la fuerza aplicada.**

<b>Puntos</b>	<b>Actividad</b>
0	Actividad dinámica (ocasional, poco frecuente y de corta duración)
1	Si la postura es principalmente estática o si sucede repetidamente la acción (4veces/min. o más)
<b>Puntos</b>	<b>Fuerza</b>
0	No resistencia o carga o fuerza menor a 2 kg. y se realiza intermitentemente
1	Entre 2 y 10 kg. y se levanta intermitentemente
2	Entre 2 y 10 kg. y es estática o repetitiva / o más de 10 kg. intermitentemente
3	Más de 10 kg. Estática o repetitiva / o golpes o fuerzas bruscas o repentinas.

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

La tabla N°63, en el ejemplo que se describe, nos entrega los valores C y D que son las correcciones de A y B respectivamente por actividad y fuerza.

Para obtener la puntuación C se toma en cuenta la puntuación asignada del grupo A con la actividad y fuerza que realizan cada parte del cuerpo perteneciente al grupo A.

Para obtener la puntuación D se toma en cuenta la puntuación asignada del grupo B con la actividad y fuerza que realizan cada parte del cuerpo perteneciente al grupo B.

**Tabla N° 63.- Tabla de sumatorias procedimiento A y B.**

SUMA DE PUNTOS		
Puntuación	Grupo A	Grupo B
	6	7
Actividad	1	0
Fuerza	1	0
Suma Total	8	7

Puntuación C	8 Pts.
Puntuación D	7 Pts.

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

**Tabla N° 64.- Matriz de procesamiento del método RULA valores C y D.**

PUNTUACIÓN FINAL							
Puntuación C	Puntuación D						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)

Para establecer la puntuación final del método rula se emplea la puntuación C y puntuación D, trazando filas y columnas para determinar, la casilla donde se intersequen que es la puntuación final o nivel de riesgo para las personas con discapacidad en sus extremidades inferiores en sus puestos de trabajo tal como se muestra en la tabla N° 64.

La tabla N° 65, llamada matriz de sistematización, es un resumen de las puntuaciones correspondientes al nivel de riesgo del método que van en una escala del 1 al 7. El nivel de riesgo correspondiente a cada uno de los veinte y dos usuarios de sillas de ruedas está anotado en la columna última de la derecha.



## Sistematización.

Tabla N° 65.- Resumen de las valoraciones obtenidas con RULA.

Sistematización Unidades de Análisis vs puntuaciones en cada grupo .																
	Brazo A	Antebrazo A	Muñeca A	Giro de Muñeca A	Puntuación A	Actividad A	Fuerza A	Sub riesgo A (A+C)	Cuello B	Tronco B	Piernas B	Puntuación B	Actividad B	Fuerza B	Sub riesgo B (B+D)	Puntuación final.
Acosta Acosta Nelia Marina	3	2	4	1	5	0	1	6	1	1	1	1	0	0	1	4
Alvarez Proaño Ricardo Omar	3	3	4	2	5	1	1	7	4	2	1	5	1	1	7	7
Asas Punina Rafael Asdrubal	2	3	3	1	4	1	0	5	3	2	1	3	1	0	4	5
Cando Tubón Segundo Byron	3	3	4	1	5	0	0	5	3	2	1	3	0	0	3	4
Escobar Arcos Matilde Isabel	2	2	4	2	4	1	1	6	4	2	1	5	1	0	6	7
Freire Mayorga Enma del Rocío	3	2	4	1	5	1	0	6	3	2	1	3	0	1	4	6
Guamanquispe Llambo Cesar	3	2	4	1	5	1	0	6	3	2	1	3	0	1	4	6
Heredia Chico Alfonso Geovanny	3	2	3	1	4	1	1	6	2	2	1	2	0	1	3	5
Jerez Pérez Miguel Ángel	3	2	2	1	4	0	1	5	2	2	1	2	0	0	2	4
Jurado Villacrés Oscar Arturo	3	2	3	1	4	1	0	5	4	2	1	5	1	0	6	7
Mazón Medina José Saúl	4	2	3	2	5	1	1	7	4	2	1	5	1	1	7	7
Moposita Tibán Víctor Elías	3	1	3	1	4	1	0	5	2	2	1	2	0	0	2	4
Moreta Poaquiza Noe Patricio	3	2	3	1	4	1	1	6	4	1	1	5	0	0	5	6
Ojeda Manobanda Iván Oswaldo	4	2	3	1	4	1	1	6	4	2	1	5	0	0	5	6
Pinto Chico María de Lourdes	4	2	2	1	4	1	0	5	4	2	1	5	1	0	6	7
Sánchez Freire Julia Emitelia	3	2	2	1	4	0	3	7	4	5	1	7	0	2	9	7
Santamaría Macías Fránklin	4	3	2	2	5	1	1	7	4	4	1	7	0	0	7	7
Santana Calderón Mercedes	5	3	2	1	6	1	0	7	3	1	1	3	1	0	4	6
Srgto. Villacrés Guasco Byron	1	2	3	1	3	1	0	4	4	3	1	6	0	0	6	6
Villacís Lara Verónica	5	3	2	1	6	1	1	8	4	4	1	7	0	0	7	7
Vinueza Fredy	2	2	3	1	3	1	0	4	3	2	1	3	0	0	3	3
Yi Hui Ouyang Xu (Mónica)	2	2	2	2	3	1	1	5	3	2	1	3	0	0	3	4

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.(2015)

La tabla N° 66 resume las puntuaciones obtenidas en la matriz de sistematización a través del cálculo de frecuencias, frecuencias absolutas, frecuencias relativas y frecuencias porcentuales.

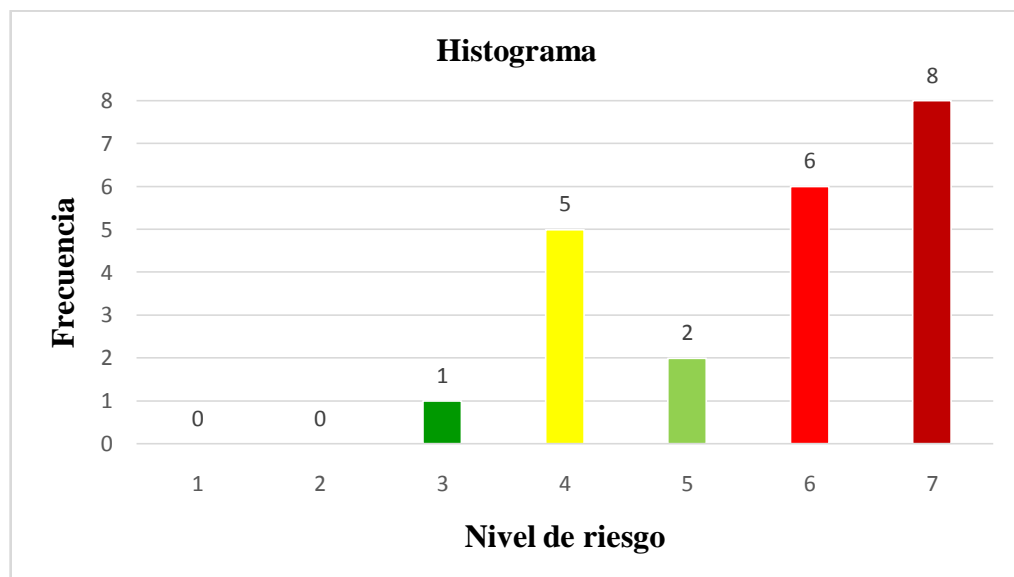
**Tabla N° 66.- Análisis de frecuencias por puntuaciones de riesgo según RULA.**

Puntuación	F	Fa	Fr	%f
1	0	0	0	0 %
2	0	0	0	0 %
3	1	1	0,04	4 %
4	5	6	0,23	23 %
5	2	8	0,1	10 %
6	6	14	0,27	27 %
7	8	22	0,36	36 %
		22	1	100 %

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

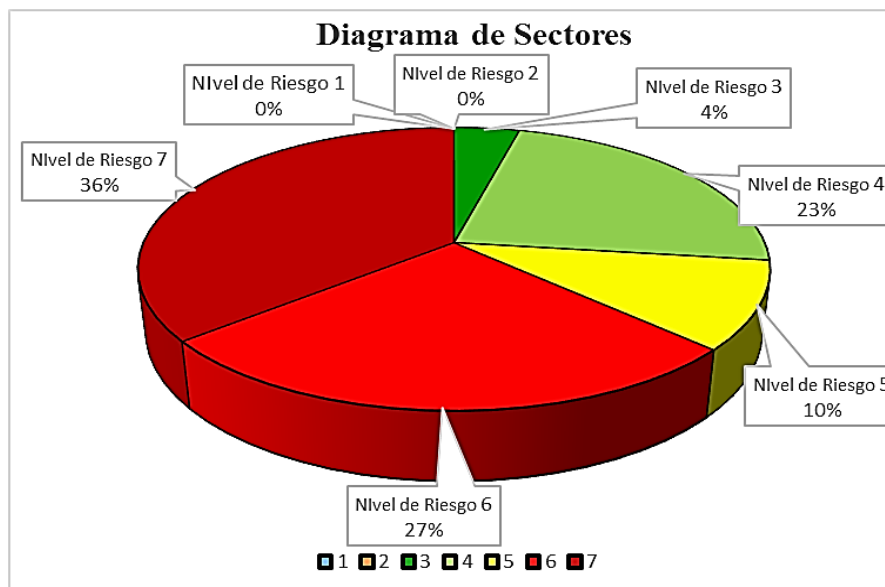
Moda = 7

### Representación gráfica estadística según RULA.



**Gráfico N° 69. Representación del nivel de riesgo.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015).



**Gráfico N° 70. Diagrama de Sectores.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### **Análisis.**

De acuerdo al estudio realizado y representado en el histograma y en el diagrama de frecuencias porcentuales, se establece que el 36%, 27% y 10% que representa a 8, 6 y 2 usuarios respectivamente tiene niveles de riesgo muy altos (puntuación 7) y altos (puntuaciones de 6 y 5) debido a las limitaciones físicas de las sillas de ruedas ya sea por su tamaño, por su ocupación y el tiempo de uso diario.

Las puntuaciones se traducen en niveles 4 que requiere cambios urgentes en el lugar de trabajo y 3 que requiere el rediseño inmediato del puesto de trabajo (sillas de ruedas), mientras que un índice menor del 23% y el 4% que representa a 5 y 1 puestos de trabajo respectivamente indica que son aceptables sus sillas de ruedas como puesto de trabajo.

### **Interpretación.**

Las personas observadas-medidas mediante la evaluación rápida de extremidad superior, al indicar puntuaciones elevadamente significativas que indican altos niveles de riesgo debidos a las limitaciones presentes en la actual silla de ruedas que utilizan como puesto de trabajo riesgoso, necesitan adoptar posturas menos forzadas, disminuir los movimientos considerados como repetitivos y levantar

cargas más livianas por lo que se busca mejorar el diseño del equipo que les ayuda a realizar dichas tareas, es decir se necesita cambiar la silla de ruedas para que le brinde mejores prestaciones de seguridad y satisfacción.

### **4.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA TÉCNICA DE LAS ENCUESTAS.**

#### **Análisis e Interpretación de la encuesta.**

Para la técnica de la encuesta se elaboró un cuestionario de diez preguntas cerradas, cuyos contenidos abarcan temas como riesgos, entorno, dolencias, cargas, esfuerzos, alcances, movimientos, etc., que en la presente investigación se relacionan con las variables antropométricas de personas con discapacidad móvil inferior y a su vez éstas inciden en el diseño de la silla de ruedas. El fin es determinar el grado de incomodidad, deficiencia y riesgo que genera el uso de la silla de ruedas con la que cuentan actualmente.

Para la aplicación del instrumento de investigación se trabaja con una muestra para la cual se elaboró una encuesta con el fin de que entiendan el objetivo, importancia y seriedad del proyecto, evitando de esta manera confusión en las preguntas y falta de autonomía en la contestación de las mismas.

Se informó sobre el alcance del documento y los días establecidos para la participación activa de los colaboradores. A continuación se realiza un análisis e interpretación de resultados para lograr obtener información vital sobre el grado de riesgo que genera el uso de la silla de ruedas.

#### **1. Matriz de procesamiento**

A continuación se presentan las preguntas de la encuesta en un instrumento que se conoce como matriz de procesamiento. Se consigan datos como fecha, dirección, causa de la discapacidad, pertenecía a algún tipo de asociación, etc. Las preguntas versan sobre tópicos relacionados con riesgos, posiciones, esfuerzos, condiciones de trabajo, cargas. En los anexos se encuentra un ejemplo de dicha matriz llena con las respuestas consignadas por el usuario correspondiente.

## ENCUESTA A USUARIOS DE SILLAS DE RUEDAS

Fecha de la encuesta:

.....

Apellidos y nombres

.....

Dirección:.....

Teléfonos: (casa: .....), (trabajo: .....), (móvil: .....)  
(otro: .....)

Pertenece a alguna Asociación: NO  SI

Fecha de nacimiento: ..... /..... /..... /; Edad: ..... (Años).

Causa de su discapacidad:

.....

Horario y fecha

.....

1. ¿Cree usted que en el entorno que realiza sus actividades diarias tiene el espacio suficiente para moverse?

a) Sí

b) No

2. En referencia a las condiciones de su trabajo (labor diaria), aproximadamente ¿cuál es el ángulo que sus brazos se elevan para cumplir con sus obligaciones?

a) De  $-20^{\circ}$  a  $20^{\circ}$

b) De  $20^{\circ}$  a  $45^{\circ}$

c) De  $45^{\circ}$  a  $90^{\circ}$

d) Mayor a  $90^{\circ}$

3. ¿Presenta alguna dolencia al momento de levantar cargas pesadas?

a) Sí

b) No

4. ¿Los objetos que usted necesita manipular están situados a su alcance o necesita moverse para llegar a ellos?

a) Sí

b) No

5. Tomando como referencia un día habitual en su trabajo, la manipulación de objetos le obliga a levantar su muñeca un ángulo aproximado que se encuentra entre los siguientes parámetros:

- a) No necesita de inclinación ( $0^0$ )
- b) Requiere movimientos de  $-15^0$
- c) Requiere movimientos de  $15^0$
- d) Movimientos continuos de  $-15^0$  a  $15^0$  o mayores

6. ¿En sus actividades diarias sufre de discriminación por usar silla de ruedas?

- a) Sí
- b) No

7. ¿Puede usted realizar los movimientos que exigen sus actividades diarias y cambiar de postura?

- a) Sí
- b) No

8. De acuerdo a su discapacidad las tareas diarias exigen un esfuerzo:

- a) Bajo
- b) Medio
- c) Alto

9. Para cumplir con sus labores diarias, ¿requiere realizar inclinaciones forzadas de su tronco?

- a) Sí
- b) No

10. La discapacidad física que posee ¿influye en la concentración y eficiencia con la cual realiza sus actividades diarias?

- a) Sí
- b) No

Gracias.

## 2. Matriz de sistematización resumida

En la encuesta aplicada las preguntas 2, 5 y 8 evalúan, en concordancia con los métodos de evaluación de riesgos, parámetros como esfuerzos, manipulación de cargas, o posiciones, sus respuestas serán anotadas a través de una escala numérica que guarde relación con el nivel o grado de riesgo: 1 es el menor riesgo y 4 es un riesgo máximo. Esto, permite resumir una tabla general de resultados de las 22 personas encuestadas, que será la matriz de sistematización resumida en el método de las encuestas, conforme se observa en la tabla N° 67.

A continuación se resume las escalas de valor para las preguntas indicadas:

Para la pregunta 2: en referencia a las condiciones de su trabajo (labor diaria), aproximadamente ¿cuál es el ángulo que sus brazos se elevan para cumplir con sus obligaciones?

Opciones de repuesta.	Valoración Numérica.
a) De $-20^{\circ}$ a $20^{\circ}$ .	1
b) De $20^{\circ}$ a $45^{\circ}$ .	2
c) De $45^{\circ}$ a $90^{\circ}$ .	3
d) Mayor a $90^{\circ}$ .	4

Para la pregunta 5: tomando como referencia un día habitual en su trabajo, la manipulación de objetos le obliga a levantar su muñeca un ángulo aproximado que se encuentra entre los siguientes parámetros:

Opciones de repuesta.	Valoración Numérica.
a) No necesita de inclinación $0^{\circ}$ .	1
b) Requiere movimientos de $-15^{\circ}$ .	2
c) Requiere movimientos de $15^{\circ}$ .	3
d) Movimientos continuos de $-15^{\circ}$ a $15^{\circ}$ o mayores.	4

Para la pregunta 8: de acuerdo a su discapacidad las tareas diarias exigen un esfuerzo:

Opción de Respuesta .	Valoración Numérica.
a) Bajo.	1
b) Medio.	2
c) Alto.	3

Tabla N° 67.- Matriz de sistematización resumida para las encuestas.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10
1	NO	3	SÍ	SÍ	3	NO	NO	3	NO	SÍ
2	NO	4	NO	SÍ	3	NO	SÍ	2	SÍ	SÍ
3	NO	2	SÍ	SÍ	3	SÍ	SÍ	2	NO	NO
4	SÍ	3	SÍ	NO	3	SÍ	NO	3	NO	SÍ
5	NO	1	SÍ	NO	4	NO	SÍ	2	SÍ	NO
6	NO	2	SÍ	NO	4	NO	NO	2	SÍ	SÍ
7	NO	4	SÍ	SÍ	4	NO	NO	3	SÍ	SÍ
8	NO	4	SÍ	SÍ	4	NO	NO	2	NO	SÍ
9	NO	4	SÍ	SÍ	3	SÍ	NO	2	SÍ	SÍ
10	SÍ	1	NO	NO	4	NO	NO	2	NO	SÍ
11	SÍ	1	NO	SÍ	3	NO	NO	2	NO	NO
12	NO	4	SÍ	SÍ	3	NO	NO	2	SÍ	NO
13	SÍ	2	SÍ	SÍ	3	SÍ	NO	3	NO	NO
14	SÍ	2	SÍ	SÍ	3	NO	NO	2	NO	NO
15	NO	4	SÍ	SÍ	2	NO	NO	2	SÍ	NO
16	NO	4	NO	SÍ	4	SÍ	SÍ	3	NO	NO
17	NO	1	SÍ	SÍ	3	SÍ	NO	3	SÍ	SÍ
18	NO	2	SÍ	SÍ	3	SÍ	SÍ	3	NO	NO
19	SÍ	4	NO	SÍ	3	NO	SÍ	1	NO	SÍ
20	SÍ	3	NO	NO	3	NO	SÍ	2	NO	NO
21	NO	4	SÍ	SÍ	3	SÍ	SÍ	3	SÍ	SÍ
22	SÍ	4	SÍ	SÍ	4	SÍ	NO	3	NO	SÍ

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)



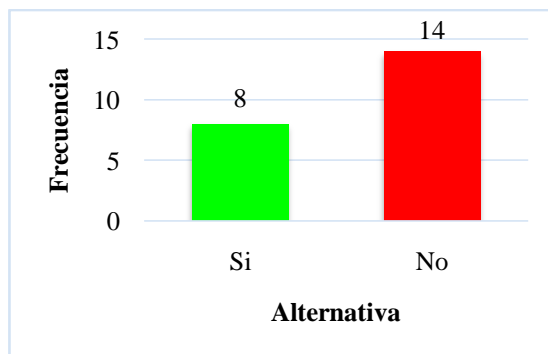
### 3. Matriz individual de análisis por pregunta.

**Pregunta 1. ¿Cree usted que en el entorno que realiza sus actividades diarias tiene el espacio suficiente para moverse?**

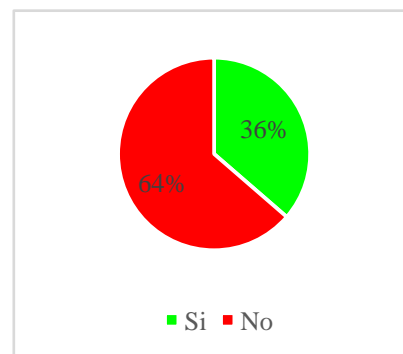
Tabla N° 68.- Tabla de distribución de frecuencia de la disponibilidad de espacio.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	8	36%
No	14	64%
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>100%</b>

Fuente: Investigación de campo: Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas. (2015)  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)



**Gráfico N° 71. Disponibilidad de espacio.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)



**Gráfico N° 72. Disponibilidad de espacio.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

#### **Análisis:**

De 22 personas observadas, 14 personas que corresponden al 64%, responden que no tienen espacio suficiente ya que su puesto de trabajo tiene varios pasillos y entradas por donde no pueden desplazarse ya que su silla de ruedas les impide actuar con rapidez y poder rendir mejor en su sitio de trabajo.

#### **Interpretación:**

En la mayoría de trabajos donde se desempeñan estas personas, se está diseñando una silla de ruedas que esté acorde a las necesidades diarias para que puedan moverse con rapidez, teniendo como resultado que aumenten el rendimiento en todas las actividades que realicen.

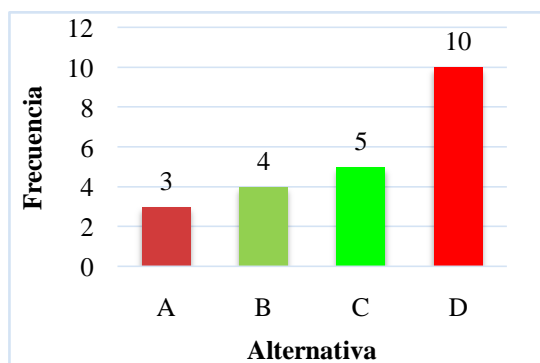
**Pregunta 2. En referencia a las condiciones de su trabajo (labor diaria), aproximadamente ¿cuál es el ángulo que sus brazos se elevan para cumplir con sus obligaciones?**

a) De $-20^{\circ}$ a $20^{\circ}$	b) De $20^{\circ}$ a $45^{\circ}$	c) De $45^{\circ}$ a $90^{\circ}$	d) Mayor a $90^{\circ}$
------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------

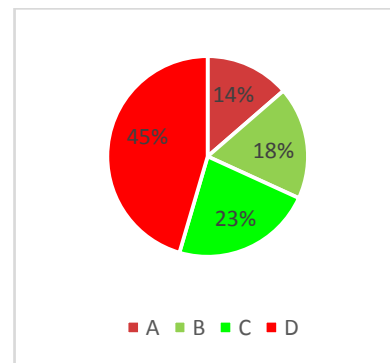
**Tabla N° 69.- Tabla de distribución de frecuencia del ángulo de inclinación de brazos.**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
a	3	14%
b	4	32%
c	5	18%
d	10	50%
TOTAL	22	100%

Fuente: Investigación de campo: Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas. (2015)  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)



**Gráfico N° 73. Ángulo de inclinación de brazos.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)



**Gráfico N° 74. Ángulo de inclinación de brazos.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)

### **Análisis.**

De un total de 22 personas encuestadas, 10 usuarios que representan el 45%, indican que en sus labores diarias tienen que realizar acciones forzadas al elevar sus brazos a ángulos mayores a  $90^{\circ}$ , el puesto de trabajo no cumple con las condiciones ergonómicas, porque los objetos se encuentran a una altura mayor a la que su condición les permite alcanzar sin arriesgarse a sufrir un accidente.

### **Interpretación.**

Existen diferentes formas de eliminar este riesgo, las cuales implican revisar el entorno en el cual se desenvuelve la persona, e implementar algún tipo de mecanismo en la silla de ruedas para mejorar el alcance de la persona hacia los objetos.

### Pregunta 3. ¿Presenta alguna dolencia al momento de levantar cargas pesadas?

Tabla N° 70.- Tabla de distribución de frecuencia de la elevación de cargas pesadas.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	16	73%
No	6	27%
<b>TOTAL</b>	22	100%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

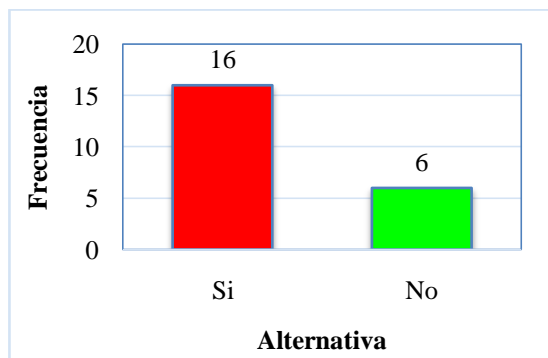


Gráfico N° 75. Elevación de cargas pesadas.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

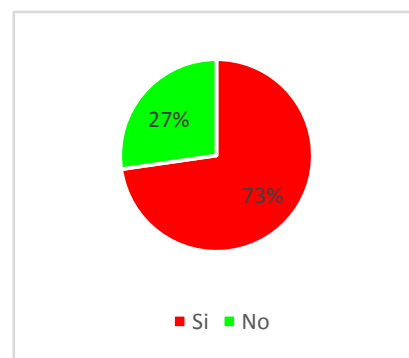


Gráfico N° 76. Elevación de cargas pesadas.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

#### Análisis:

De las 22 personas encuestadas 16 que representan el 73% responden que si tienen dolencia al momento de levantar cargas debido a que necesitan aportar más fuerza, ya que ésta solo se distribuirá en la parte del tronco y extremidades superiores ocasionando en la mayoría de casos la necesidad de realizar movimientos bruscos para efectuar estos trabajos.

#### Interpretación:

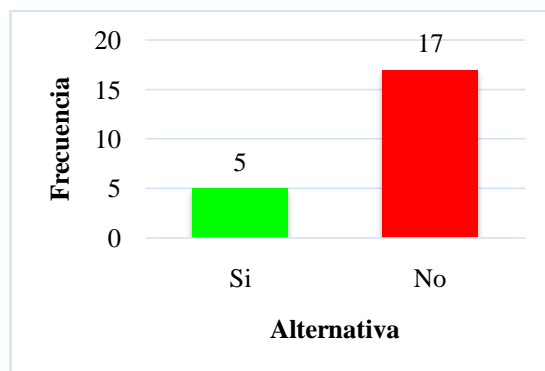
Al observar un alto porcentaje de dolencia al levantar cargas, es necesario evitar los riesgos derivados de dicho levantamiento: la dotación de ayudas mecánicas eficientes ayudarán para que el usuario disminuya los dolores que le causa levantar cargas extremas.

**Pregunta 4. ¿Todos los objetos que usted necesita manipular están situados a su alcance?**

**Tabla N° 71.- Tabla de distribución de frecuencia de la ubicación de los objetos en su área.**

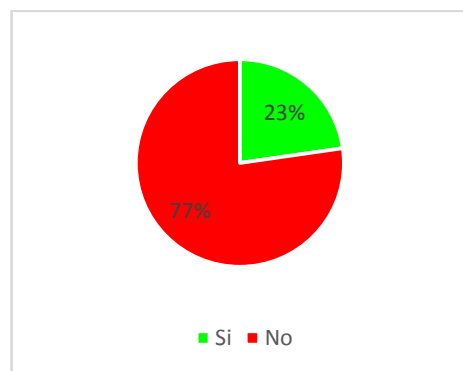
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	5	23%
No	17	77%
<b>TOTAL</b>	22	100%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015).



**Gráfico N° 77. Ubicación de los objetos en su área**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)



**Gráfico N° 78. Ubicación de los objetos en su área.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

**Análisis.**

El 77% que corresponde a 17 personas, indica que todos los objetos que necesita manipular no están situados a su alcance y necesitan moverse para llegar a ellos lo cual implica riesgos por posturas forzadas, ocasionando dolor en partes del cuerpo como espalda, brazos, cuello por tanto un riesgo muy alto, mientras que un 23% que corresponde a 5 personas, indican que tienen la mayoría de cosas a su disponibilidad teniendo un índice de riesgo bajo.

**Interpretación.**

Al existir un índice de riesgo muy alto debido a un sobre-esfuerzo, para alcanzar las cosas realizando movimientos peligrosos por la posición de su puesto de trabajo existe gran cantidad de problemas en el orden físico lo cual se puede mejorar gracias al diseño de su puesto de trabajo el cual debe brindar todas las comodidades tanto posturales como de movimiento para un correcto desenvolvimiento de la persona con discapacidad.

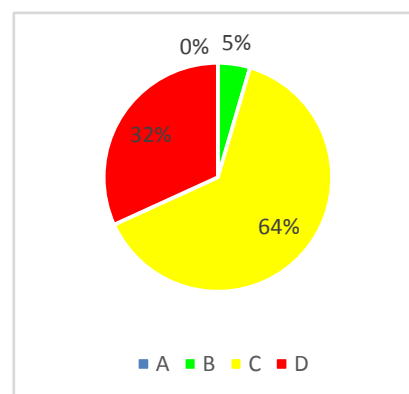
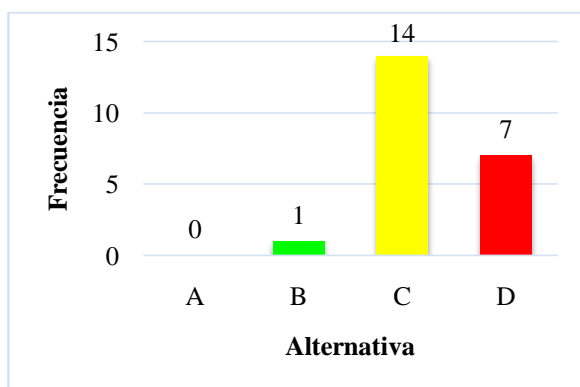
**Pregunta 5. Tomando como referencia un día habitual en su trabajo, ¿La manipulación de objetos le obliga a levantar su muñeca un ángulo aproximado que se encuentra entre los siguientes parámetros?**

a) No necesita de inclinación 0°.	b) Requiere movimientos de -15°	c) Requiere movimientos de 15°	d) Movimientos continuos de -15° a 15° o mayores
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--

**Tabla N° 72.- Tabla de distribución de frecuencia del ángulo de elevación de la muñeca.**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
a	0	0%
b	1	5%
c	14	64%
d	7	32%
TOTAL	22	100%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)



**Gráfico N° 79. Ángulo de elevación de la muñeca. Gráfico N° 80. Ángulo de elevación de la muñeca.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia, (2015)

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### **Análisis.**

Del total de 22 personas, 7 que representa el 32% indicaron que manipulan objetos que requiere realizar movimientos repetitivos de la muñeca que oscilan de 15° a -15° lo cual implica un nivel de riesgo elevado, porque al moverse en su silla de ruedas no tiene acceso a todos los lugares y requiere de un movimiento de la muñeca para alcanzar ciertos objetos en lugares poco accesibles.

### **Interpretación.**

Implementar mejoras en la silla de ruedas, mejorando la postura que mantiene la persona con respecto a los objetos que manipula.

## Pregunta 6. ¿Sufre discriminación por usar silla de ruedas?

Tabla N° 73.- Tabla de distribución de frecuencia de la discriminación por discapacidad.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	13	59%
No	9	41%
TOTAL	22	100%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

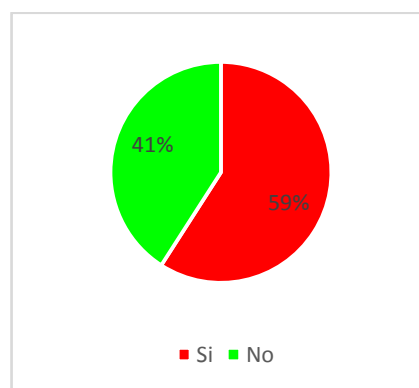
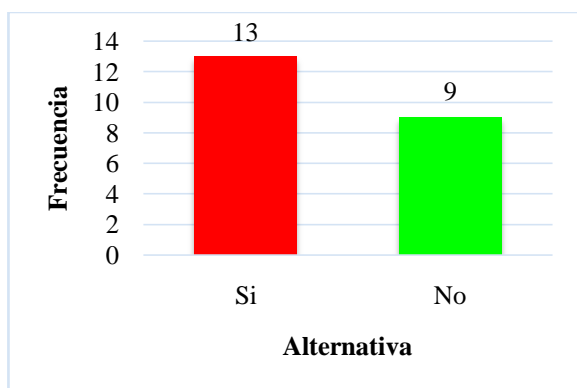


Gráfico N° 81. Discriminación por discapacidad.

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

Gráfico N° 82. Discriminación por discapacidad.

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### Análisis:

Trece personas que corresponden al 59%, responden que si sufren de discriminación ya que la principal barrera que padecen es atribuirles que debido a sus características es imposible su integración plena a la sociedad.

### Interpretación:

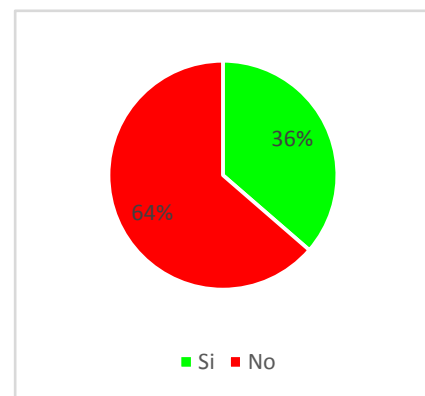
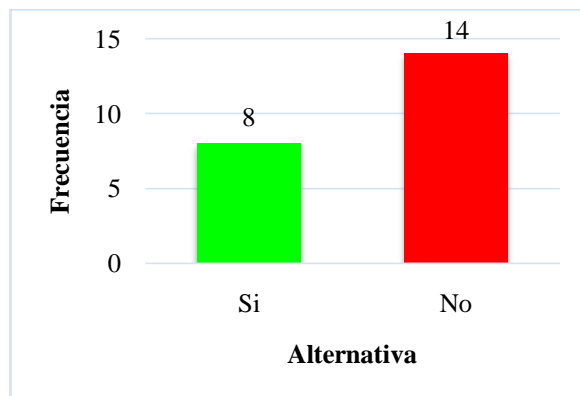
En los últimos años para contrarrestar esta discriminación se están diseñando sillas de ruedas para que puedan mejorar su desempeño y rendimiento en sus actividades diarias, contrarrestando la discriminación a ellas, ya que podrán demostrar que son útiles en la sociedad.

**Pregunta 7. ¿Puede usted realizar los movimientos que exigen sus actividades diarias y cambiar de postura?**

**Tabla N° 74.- Tabla de distribución de frecuencia de movimientos y cambios de postura.**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	8	36%
No	14	64%
TOTAL	22	100%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)



**Gráfico N° 83. Movimientos y cambios de postura. Gráfico N° 84. Movimientos y cambios de postura**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

**Análisis.**

El 64% que corresponde a 14 personas, indica que la mayoría por su situación de discapacidad tienen problemas para desenvolverse al realizar sus actividades diarias ya sea levantamiento de cargas o movilización, por lo cual tienen un riesgo de accidentes muy alto, mientras que un 36% que corresponde a 8 personas, indican que tienen cierta facilidad para realizar sus actividades.

**Interpretación.**

Al existir un índice de riesgo muy alto debido al movimiento realizado por las personas para cumplir con sus actividades diarias tenemos que hay problemas de orden físico lo cual hay que mejorar mediante la implementación de un puesto de trabajo que permita a la persona con discapacidad realizar todas las actividades tanto de movilización como de trabajo mejorando las condiciones de vida.

**Pregunta 8. ¿De acuerdo a su discapacidad las tareas diarias exigen un esfuerzo?**

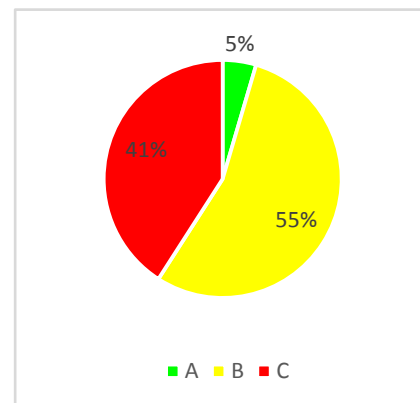
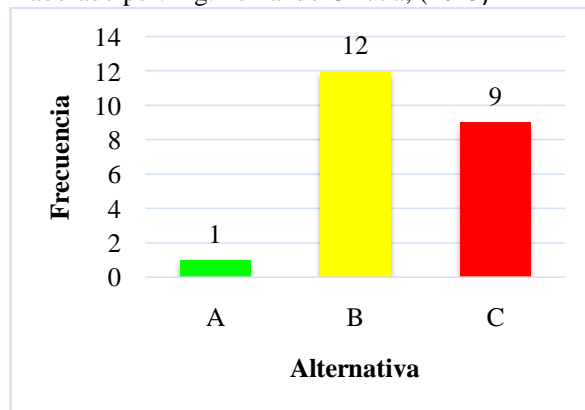
a) Bajo.	b) Medio.	c) Alto.
----------	-----------	----------

**Tabla N° 75.- Tabla de distribución de frecuencia de esfuerzo para para actividades.**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
a	1	5%
b	12	55%
c	9	41%
TOTAL	22	100%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia, (2015)



**Gráfico N° 85. Esfuerzo para actividades.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

**Gráfico N° 86. Esfuerzo para actividades.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

**Análisis.**

De un total de 22 personas encuestadas, un valor de 9 que representa el 41% indica que las tareas diarias que realizan requieren de un alto esfuerzo debido a su discapacidad, porque al no contar con la movilidad de sus extremidades inferiores necesita esforzar más otras partes de su cuerpo. El 55% correspondiente a 12 usuarios indican que el esfuerzo para realizar sus tareas es medio, por el hecho de estar acostumbrados a la utilización de una silla de ruedas.

**Interpretación.**

De acuerdo a su condición de discapacidad se tiene que seleccionar las actividades que demanden un esfuerzo acorde a sus capacidades para que estas personas las puedan realizar sin complicaciones. Es necesario entonces que la tarea, el entorno y los equipos de ayuda se adapten a las capacidades de la persona y no que la persona se adapte a las condiciones que el trabajo les exige.

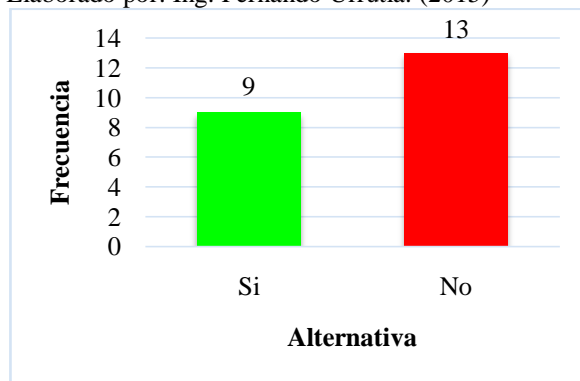


**Pregunta 9. Para cumplir con sus labores diarias, ¿requiere realizar inclinaciones exageradas de su tronco?**

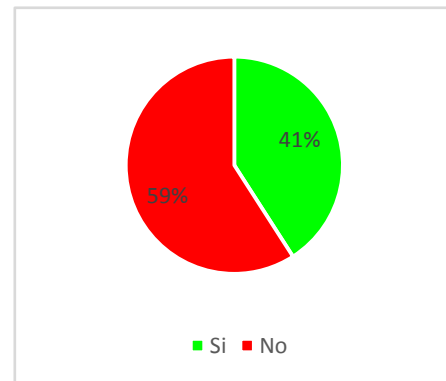
**Tabla N° 76.- Tabla de distribución de frecuencia de las inclinaciones del tronco.**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	9	41%
No	13	59%
TOTAL	22	100%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)



**Gráfico N° 87. Inclinaciones del tronco.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)



**Gráfico N° 88. Inclinaciones del tronco.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

**Análisis.**

El 59% que representa a 13 personas mencionan que en sus actividades diarias deben realizar inclinaciones exageradas de su tronco lo cual se traduce en un alto riesgo para su salud física. El 41% restante que se refiere a 9 personas afirman que no realizan dichas posiciones exageradas pero esto se traduce en un riesgo moderado para sus actividades.

**Interpretación.**

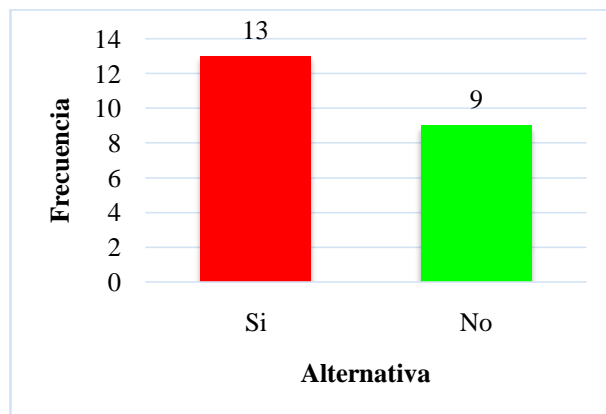
En la actualidad existen diferentes normas en referencia a los espacios interiores para personas con discapacidad y movilidad reducida, por lo que sería necesario un rediseño en los diferentes entornos en los que se desarrolla las actividades diarias permitiendo tener un alcance razonable a las mesas de trabajo, herramientas y otros útiles como equipos de ayuda para el manejo o el levantamiento de cargas, etc.

**Pregunta 10. ¿La discapacidad física que posee influye en la concentración y eficiencia con la cual realiza sus actividades diarias?**

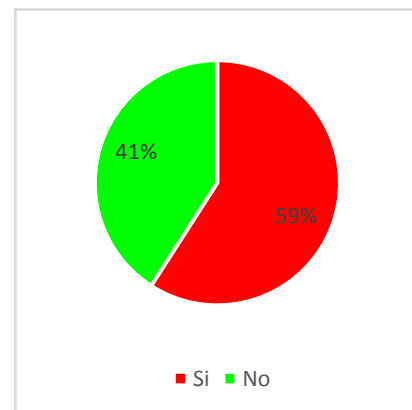
**Tabla N° 77.- Tabla de distribución de frecuencia de la concentración y eficiencia.**

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	13	59%
No	9	41%
TOTAL	22	100%

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)



**Gráfico N° 89. Concentración y eficiencia.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)



**Gráfico N° 90. Concentración y eficiencia.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

**Análisis.**

El 59% que representa a 14 personas, afirman que su discapacidad física si influye en la concentración y eficiencia con la cual realiza sus actividades diarias traduciéndose en un alto riesgo para su salud emocional y psicológica, mientras que el 41% siendo 9 personas, mencionan no tener problemas de concentración en sus actividades diarias.

**Interpretación.**

Es necesario concientizar sobre las limitaciones que tienen las personas con discapacidad, generando actividades y experiencias que nos acerquen a esta realidad, sensibilizando sobre la importancia de la inclusión, promoviendo una educación basada en el respeto, tolerancia y solidaridad para evitar la sobrecarga mental de las personas en esta condición.

#### **4.4. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.**

##### **4.4.1. Planteamiento de la hipótesis.**

La hipótesis es una explicación provisional de los hechos objeto del estudio. Se debe poder probar que las medidas de una silla de ruedas son influenciadas por las características antropométricas de las personas con discapacidad móvil inferior, para aceptar o rechazar dicha relación.

La hipótesis que se formula, con el propósito de rechazarla, se llama hipótesis Nula y se representa por  $H_0$  = “las características (medidas) antropométricas NO inciden en el diseño de una silla de ruedas”.

La hipótesis que se formula con intención de aceptarla se le llama hipótesis Alternativa y se representa por  $H_a$  = “las características (medidas) antropométricas SI inciden en el diseño de una silla de ruedas”.

##### **4.4.2. Cálculo del Chi Cuadrado.**

La prueba Chi-cuadrado se apoya en el uso de tablas de contingencia que permiten observar la relación entre medidas antropométricas y sillas de ruedas. Las tablas de contingencia trabajan con la frecuencia de aparición de las distintas categorías que componen las variables.

El uso del estadístico Chi-cuadrado contrasta la independencia o no de variables aleatorias cualitativas. Para su cómputo es necesario calcular las frecuencias esperadas (aquellas que deberían haberse observado si la hipótesis de independencia fuera cierta: “las variables fuesen independientes”) y compararlas con las frecuencias observadas en la investigación.

##### **4.4.3. Nivel de significación y regla de decisión.**

Se selecciona el método MAPFRE por ser de uso exclusivo para personas con discapacidad para aplicar la prueba Chi-cuadrado.

$X^2$  mide la diferencia entre el valor que debiera resultar si las dos variables fuesen independientes, por tanto cuanto mayor sea esa diferencia, mayor será la relación entre ambas variables.

- $H_0$  = “las características o medidas antropométricas NO inciden en el diseño de una silla de ruedas”.
- $H_a$  = “las características o medidas antropométricas SI inciden en el diseño de una silla de ruedas”.
- Regla de decisión:
  - Si  $X^2_{\text{calculado}} > Chi^2_{\text{tabulado}}$  , rechazar la  $H_0$  y aceptar  $H_a$
  - Si  $X^2_{\text{calculado}} < Chi^2_{\text{tabulado}}$  , aceptar la  $H_0$  y rechazar  $H_a$

Para aplicar el test se ocupa del método MAPFRE, la tabla N° 48. Se seleccionan aquellas categorías de riesgos que relacionan medidas antropométricas y diseño de silla de ruedas. Se observa además que las categorías seleccionadas tienen altos valores promedio de riesgo. La tabla N° 78 muestra los valores de riesgo mencionados.

**Tabla N° 78.- Matriz de sistematización solo con las categorías seleccionadas.**

PERSONAS EVALUADAS	1. Puesto de trabajo	2. Carga física estática postural.	3. Levantamiento de cargas	4. Posturas y movimientos	7. Contenido de trabajo. Carga mental.	11. Monotonía y repetitividad del trabajo	PROMEDIO DE CADA PERSONA EVALUADA
1	5	4	4	5	3	4	4,17
2	4	5	5	5	5	4	4,67
3	3	4	4	5	5	5	4,33
4	5	4	5	5	3	4	4,33
5	5	4	4	5	3	4	4,17
6	5	4	4	5	3	5	4,33
7	5	4	5	5	4	4	4,50
8	5	4	4	5	3	4	4,17
9	5	4	4	5	3	4	4,17
10	5	4	3	5	3	4	4,00
11	2	4	5	5	3	4	3,83
12	5	4	4	5	4	4	4,33
13	4	4	5	5	4	5	4,50
14	5	4	4	5	4	4	4,33
15	5	5	3	5	4	4	4,33
16	5	5	5	5	4	4	4,67
17	3	4	5	5	4	3	4,00
18	3	4	4	5	4	5	4,17
19	3	4	5	4	4	3	3,83
20	3	4	4	5	4	4	4,00
21	3	4	5	4	4	3	3,83
22	3	3	4	3	4	3	3,33
<b>Promedio de cada factor evaluado</b>	<b>4,14</b>	<b>4,09</b>	<b>4,32</b>	<b>4,82</b>	<b>3,73</b>	<b>4,00</b>	<b>4,18</b>

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

El número de usuarios que registran los factores seleccionados en función del grado o nivel de riesgo que estipula MAPFRE se representa en la tabla N° 79.

**Tabla N° 79.- Matriz de resumen por existencia de riesgo y categorías seleccionadas.**

GRADOS	1. Puesto de trabajo.	2. Carga física estática postural.	3. Levantamiento de cargas.	4. Posturas y movimientos.	7. Contenido de trabajo. Carga mental.	11. Monotonía y repetitividad del trabajo.
1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0
3	7	1	2	1	8	4
4	2	18	11	2	12	14
5	12	3	9	19	2	4

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

**Tabla N° 80.- Matriz de frecuencias observadas.**

Frecuencia Observadas	Nivel de Riesgo						Total	
	Puesto de Trabajo	Carga física estática postural	Levantamiento de cargas	Posturas y movimiento	Contenido de trabajo	Monotonía y repetitividad		
Riesgos de Accidentes mayores	SI	14	21	20	21	14	18	108
	NO	8	1	2	1	8	4	24
Total		22	22	22	22	22	22	132

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015).

**Tabla N° 81.- Matriz de frecuencias esperadas.**

Frecuencia Esperada	Nivel de Riesgo						Total	
	Puesto de Trabajo	Carga física estática postural	Levantamiento de cargas	Posturas y movimiento	Contenido de trabajo	Monotonía y repetitividad		
Riesgos de Accidentes mayores	SI	18	18	18	18	18	18	108
	NO	4	4	4	4	4	4	24
Total		22	22	22	22	22	22	132

Fuente: Investigación de campo: (Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas, 2015).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

La metodología para encontrar el valor del Chi-cuadrado calculado establece la construcción de las matrices de frecuencias: las observadas están en la tabla N° 78 y las esperadas están en la tabla N° 79. A continuación se describe el cálculo matemático de la prueba.

### **Chi-cuadrado calculado**

$$X^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(o_j - e_j)^2}{e_j} \quad (3)$$

$$X^2 = \frac{(14 - 18)^2}{18} + \frac{(21 - 18)^2}{18} + \frac{(20 - 18)^2}{18} + \frac{(21 - 18)^2}{18} + \frac{(14 - 18)^2}{18} + \frac{(18 - 18)^2}{18} + \frac{(8 - 4)^2}{4} + \frac{(1 - 4)^2}{4} + \frac{(2 - 4)^2}{4} + \frac{(1 - 4)^2}{4} + \frac{(8 - 4)^2}{4} + \frac{(4 - 4)^2}{4} = 16,48$$

$$X^2_{\text{calculado}} = 16,5$$

### **Chi-cuadrado tabulado**

gl = (columnas - 1) \* (filas - 1) = grados de libertad.

$$gl = (6 - 1) * (2 - 1)$$

$$gl = (5) * (1)$$

$$gl = 5$$

Se asume un nivel de confianza del 95%, que equivale a una significancia  $\alpha=0.05$ , que establece el límite de la región de rechazo.

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363

Gráfico N° 91.- Tabla de distribución Chi Cuadrado X2.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)

Chi cuadrado “tabulado” = 11,0705;  $\chi^2_{\text{tabulado}} = 11,0705$ . Con este valor se analizar, su posición y el significado:

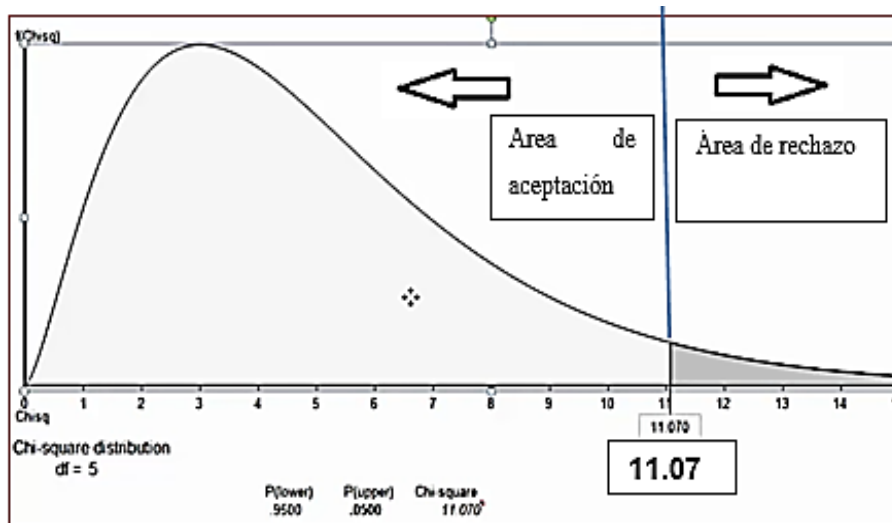
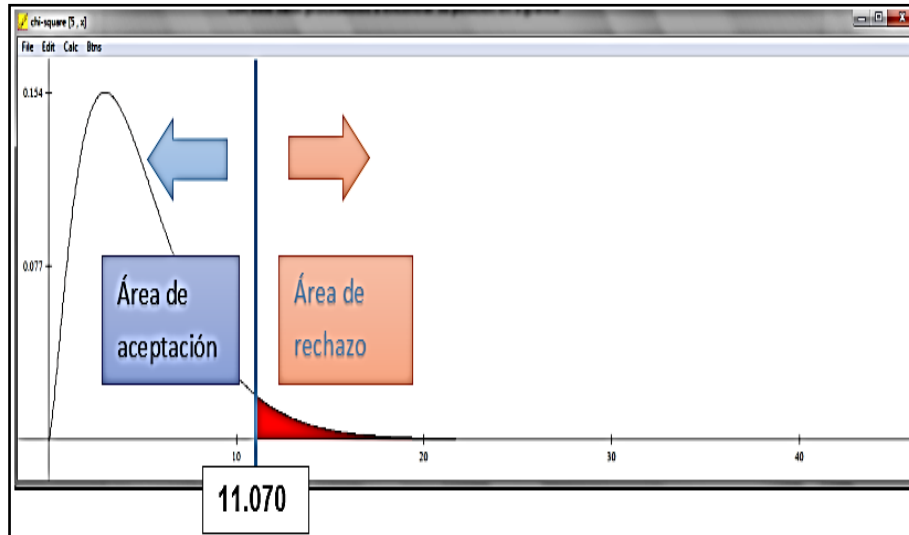


Gráfico N° 92. Tabla de distribución Chi Cuadrado X2.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

Del gráfico y, según la prueba Chi cuadrado se puede decir que:

- los valores mayores a 11.070 denotan un rechazo de  $H_0$ .
- los valores menores a ese valor crítico aceptan  $H_0$ .



**Gráfico N° 93. Áreas de aceptación y rechazo según la prueba Chi cuadrado.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

- Comparando el  $X^2_{\text{calculado}}$  se verifica que si es  $>$  al  $\text{Chi}^2_{\text{tabulado}}$ .
- Se observa que:  $16,5 > 11,0705$
- Por tanto se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ . Lo cual significa que:
- Se acepta la hipótesis alternativa  $H_a$ : “las características (medidas) antropométricas SI inciden en el diseño de una silla de ruedas”.



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Como parte de la investigación en los objetivos específicos, se plantea la determinación de las características antropométricas en los usuarios y de, utilidad - comodidad en las sillas de ruedas. Para definir dichas características se realizó: análisis ergonómicos de riesgos en la silla de ruedas considerada como su puesto de trabajo con la metodología MAFRE; valoraciones de exposición al riesgo por carga postural en los usuarios, teniendo en cuenta postura adoptada, duración y frecuencia de cargas y las fuerzas aplicadas con la metodología RULA. Estas metodologías se apoyan en las evaluaciones de Encuestas sobre riesgos. Una vez realizadas las valoraciones de riesgos: sus resultados sustentarán el desarrollo de la propuesta para encontrar las características antropométricas y de utilidad que servirán para diseñar la silla de ruedas.

A continuación se describen las conclusiones encontradas en la evaluación de riesgos:

#### **5.1. CONCLUSIONES.**

- En los resultados de la aplicación del método MAPFRE: para posturas y movimientos, se aprecia que un 86% tiene un riesgo muy alto (grado 5) de estar en posturas y movimientos forzados. Dicha conclusión es apoyada en la encuesta, muestra que un 77% indica que los objetos a manipular no están a su alcance, además el 64% indica que no puede cambiar de posturas y realizar movimientos con facilidad, también el 59% indica que realizan inclinaciones exageradas de su tronco. Todo lo anterior concuerda con el método RULA donde el 63% tienen niveles de riesgos elevados, porque existen movimientos repetitivos obligados dado que están forzados a permanecer solo sentados, en posturas forzadas por inclinación del tronco o extensión de brazos y manos tratando de alcanzar o levantar

objetos y cargas que para su condición son muy elevadas. En conjunto significa que existen riesgos ergonómicos de carácter físico: posturas forzadas, movimientos repetitivos y levantamiento de cargas muy altos, los cuales provocarían accidentes o enfermedades originadas por el uso de una silla de ruedas que no toma en cuenta su condición antropométrica.

- Una segunda conclusión se desprende al analizar los resultados de la aplicación del método MAPFRE; se observa que un 55% de personas, manifiestan que, en el puesto de trabajo, el riesgo es muy alto (grado 5). Las entrevistas acerca del entorno en el que realiza sus actividades, apoya lo manifestado por MAPFRE: el 64% menciona que no tiene el espacio suficiente para realizar sus labores. Esto implica que el equipo que utilizan los usuarios, la silla de ruedas, o es muy grande para poder transitar y ser manipulada con efectividad, o que los lugares por donde se mueve el usuario presenta pasillos, corredores, espacios demasiado estrechos causándoles peligro de quedar atrapados y sufrir accidentes. Es de particular interés analizar el tamaño de la silla de ruedas, por ser el equipo que les ayuda a moverse: las respuestas encontradas evidencian que tanto el ambiente como la silla están mal diseñados al no haberse seleccionado teniendo en cuenta las medidas antropométricas del grupo de usuarios seleccionados.
- De acuerdo a los resultados de la aplicación del procedimiento de MAPFRE en lo que relaciona a carga sensorial: revela que un 59% (grado 4) corresponde a riesgo alto, y un 23% (grado 5) presentan riesgo muy alto. En este mismo método en lo que se relaciona a contenido de trabajo y carga mental acusa que el 55% (grado 4) manifiestan riesgo alto. En concordancia en las encuestas demuestra que el 59% sufre de discriminación por usar una silla de ruedas. Se concluye que el riesgo psicológico que presentan los usuarios de sillas de ruedas es sumamente alto. Debido a que al ocupar un equipo de ayuda para movilidad que les hace experimentar una posición física inferior en comparación con las otras personas les conlleva a sentirse menospreciados. Además al no poder realizar las mismas tareas de ubicación de objetos en altura, o sensación de minusvalía frente a los demás

les produce un sentimiento de inferioridad física y psicológica; por último la presión de tener que realizar tareas que su propia condición limita causa estrés y fatiga mental: todo lo anterior favorece que ocurran desconcentraciones que conllevan a accidentes y enfermedades ocupacionales.

- Apoyados en los resultados de la aplicación de MAPFRE en lo se relaciona al levantamiento de cargas se desprende que para el grado 4 le corresponde un 50% riesgo alto, a este porcentaje le adicionamos el porcentaje del grado 5 que es 41% riesgo muy alto, cuya sumatoria nos da un total de 91%. En coincidencia las entrevistas también reflejan que el 73% presenta dolencias que tiene que ver con sobre esfuerzo para cumplir sus labores; se suman el 41% para riesgo medio y 55% para riesgo alto, se obtiene que el 96% de las personas aducen un esfuerzo demasiado alto para manipular las cargas debido a la restricción que tienen los usuarios de sillas de ruedas de pasar solamente sentados no teniendo el apoyo de sus extremidades inferiores para poder mejorar dicha incapacidad: la silla de ruedas que utilizan no fue diseñada de acuerdo a sus necesidades ni dimensionales, ni estéticas, ni funcionales teniendo que el usuario adaptarse a un equipo que le queda o muy grande o muy chico; con la subsiguiente aparición de síntomas de dolor e insatisfacción provocados por las malas posiciones que a su vez conllevan a sufrir lesiones y enfermedades o peligros de accidentes. En la teoría se revisó que el equipo debe adaptarse al usuario y no la persona al equipo.
- Las variables del método MAPFRE, de la encuesta y del método RULA fueron diseñadas en relación a las características antropométricas de los usuarios que utilizan sillas de ruedas. En el análisis de los 3 métodos se prueba, con datos porcentuales correspondientes a las frecuencias de ocurrencia de dichas variables que: los usuarios de sillas de ruedas están en condiciones de alto o medio riesgo debido particularmente a que utilizan una silla de ruedas que no fue diseñada teniendo en cuenta las necesidades antropométricas de las personas con discapacidad. No se

consideró las necesidades ergonómicas, funcionales, ni estéticas de esas personas.

- En el análisis de los resultados de la aplicación de la metodología RULA, usuarios representados en porcentajes de 36% en riesgo muy alto se adicionan a un 27% que indican riesgo alto, dando un total del 63% que están en riesgo. Estos valores altos proporcionan la idea del riesgo eminente que conlleva la realización de sus tareas, trabajos o labores diarias; de forma que dichos valores altos indican un mayor peligro de aparición de lesiones, enfermedades y accidentes. Estas lesiones, enfermedades y accidentes están directamente relacionados con el diseño obsoleto, deficiente y que no toma en cuenta la realidad y necesidades de las personas que utilizan sillas de ruedas en Tungurahua.

## **5.2. RECOMENDACIONES.**

- Es importante diseñar una silla de ruedas que considere las medidas antropométricas de los usuarios, que observe las necesidades expresadas por los usuarios y que contemple el marco referencial de tiempo y espacio que constituye la provincia de Tungurahua.

Para disminuir el riesgo elevado por posturas forzadas y movimientos repetitivos se recomienda cambiar la postura de sentados a parado, lo cual se logrará con una silla que mantenga en posición bípeda a los usuarios, lográndose un equilibrio entre estar únicamente sentado y también ponerse de pies.

- Se recomienda cambiar el ambiente físico de trabajo: ampliando los espacios por donde se movilizan las personas en sillas de ruedas creando el área suficiente para que se trasladen con facilidad y autonomía: ésta recomendación va acompañada con el hecho de poder utilizar una silla de ruedas acorde al tamaño de los usuarios para que sea de mayor eficiencia en términos de movilidad; esto origina a diseñar una silla de ruedas que

sea parte del ambiente físico del trabajo: su construcción deberá tener en cuenta las medidas antropométricas del grupo de usuarios seleccionados.

- Para solucionar la sobrecarga psicológica producida por su condición posicional sentado, se propone diseñar una silla que ponga a los usuarios en una posición física semejante a la del resto de sus congéneres, lo cual les ayudará a realizar tareas a un mismo nivel de altura creando en ellos una sensación de equilibrio e igualdad en comparación con las demás personas; esto se logrará con una silla de bipedestación.
- Se recomienda diseñar una silla de ruedas que tome en cuenta las características antropométricas de los usuarios de Tungurahua y que además sea diseñada con las consideraciones expuestas por los mismos usuarios a través de un método de satisfacción de las necesidades de los usuarios, para que las características de funcionalidad y estética de la sillas de ruedas sean indicadas por los usuarios y sirvan de complemento a un nuevo diseño que se apoya en el presente análisis ergonómico.
- Según los niveles de acción que recomienda aplicar el método RULA se sugiere realizar las adecuadas mejoras del puesto de trabajo, en este caso la silla de ruedas. En este método el nivel de actuación 4, indica la necesidad urgente de cambios en la actividad que realiza el sujeto, o de cambios de algunas de las características que componen dicha actividad, o también de cambios en los parámetros que influyen la actividad: para el caso de personas con discapacidad móvil inferior un parámetro sumamente influyente es su silla de ruedas que es en realidad su puesto de trabajo. Se recomienda el rediseño del puesto de trabajo o silla de ruedas, puesto que muchas tareas tal como las realizan, no se las puede cambiar.

## CAPÍTULO VI

### LA PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 6.1. TEMA DE LA PROPUESTA.

“Diseño mecánico del dispositivo metálico de bipedestación de una silla de ruedas, basada en la antropometría de personas con discapacidad móvil inferior y con un enfoque centrado en las necesidades de los usuarios”

#### 6.2. DATOS INFORMATIVOS.

- **Institución Ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato.
- **Beneficiarios:** Personas con discapacidad móvil inferior de Tungurahua.
- **Ubicación:** Tungurahua
- **Responsable:** DIDE, FISEI, UTA.
- **Equipo técnico responsable:** Ing. Fernando Urrutia, Dra. Thalía San Antonio.
- **Financiamiento:** Recursos asignados por DIDE UTA.

#### 6.3. INTRODUCCIÓN.

Las sillas de ruedas son utilizada por personas con capacidades especiales para la realización de sus tareas diarias, sin embargo, pese a brindar una gran ayuda a estas personas, en la mayoría de casos, no logra satisfacer las necesidades del usuario debido a una falta de adaptación ergonómica, cuya principal falencia es que no se consideran las medidas antropométricas de poblaciones específicas.

Actualmente la antropometría es una disciplina fundamental en el diseño de sillas de ruedas permitiendo crear dispositivos seguros y ergonómicos que satisfagan las necesidades de las personas con capacidades especiales. Por esto se plantea la obtención de las medidas antropométricas de una muestra representativa que servirá como base para obtener las medidas para el diseño de la silla de ruedas

que se adapte a las características antropométricas de los usuarios de la ciudad de Ambato.

#### **6.4. JUSTIFICACIÓN.**

En la ciudad de Ambato habita un gran número de personas con capacidades especiales las cuales utilizan sillas de ruedas como dispositivos de ayuda para desenvolverse en su diario vivir, en general el diseño de las sillas no se adapta a sus características antropométricas ya que las que existen en el mercado son elaboradas en un contexto diferente al de la población local.

Es de suma importancia generar una base de datos de medidas antropométricas propias de la población local puesto que actualmente no se cuenta con ninguna, estas medidas ayudarán a diseñar una silla de ruedas que se adapte al usuario de mejor manera facilitando su desenvolvimiento diario.

Una mejor adaptación ergonómica de la silla de ruedas proporciona un mayor confort y seguridad al usuario lo cual le permitirá desarrollarse emocionalmente, cognitivamente y socialmente.

La importancia de la presente investigación y propuesta no solo se centra en la comodidad del usuario sino en su seguridad, ya que con las medidas que se expondrán más adelante para el diseño de la silla se evitará que los usuarios sufran lesiones musculoesqueléticas, enfermedades ocupacionales y accidentes laborales por la falta de adaptación a sus características antropométricas propias.

#### **6.5. OBJETIVOS DE LA PROPUESTA.**

##### **6.5.1. Objetivo General.**

Diseñar el marco metálico de una silla de ruedas de bipedestación con base en las medidas antropométricas locales con un enfoque centrado en las necesidades de los usuarios.

### **6.5.2. Objetivos específicos.**

- Realizar un estudio antropométrico de una muestra representativa de usuarios de sillas de ruedas de la población de usuarios locales para obtener las medidas de diseño de una silla de bipedestación.
- Determinar estadísticamente con medias y percentiles los valores de longitudes y distancias que se transformarán en dimensiones de diseño a incorporar en la silla de rueda.
- Realizar un análisis de necesidades de los usuarios a incorporar en el diseño de la silla a través del método de Kano.
- Realizar una validación de los resultados obtenidos con datos disponibles en la bibliografía.

## **6.6. FUNDAMENTACIÓN.**

### **6.6.1. Fundamentación legal.**

El tratamiento de personas con discapacidad en nuestro país ha ido evolucionando positivamente, siempre buscando brindarles ayuda y atención prioritaria y tecnológicamente desarrollada. Esto ha conllevado a redefinir y modificar conceptos de lo que realmente es la discapacidad, su concepción, ventajas y limitaciones. Las leyes actualmente conciben con discapacidad a una persona con autonomía personal y que posee derechos y deberes de acuerdo a su condición propia, lo cual a su vez deriva en la obtención de beneficios y condiciones óptimas de coexistencia, sin dar lugar a prácticas de beneficencia, sino de inclusión.

Un cambio sustancial se inicia en la década de los noventa cuando empieza una etapa diferente y evolutiva en lo que se relaciona a la atención a personas con discapacidad, conllevando el surgimiento de leyes como la Ley 180 de Discapacidades promulgada en el año de 1992; un año después, ésta fue el inicio para la creación del Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS) en 1993. Esta Ley entre otras normativas, dispone la creación del sistema nacional que ayudará a prevenir discapacidades, y también dispone la obligatoriedad de dar atención a las personas con discapacidad, además de buscar por ley se incorporen las personas con



discapacidad al sistema laboral y económico del país. Al CONADIS se le confiere la facultad de emitir políticas, organizar y coordinar acciones y fomentar investigaciones inherentes a la prevención, cuidado, atención e inserción de las personas con discapacidad (IRO, 1992). La Ley 180 de Discapacidades fue reformada en el año 2001 (IRO, 2001) incorporando disposiciones que versan sobre beneficios y derechos de las personas con discapacidad. También incluye normativa y procedimientos para sancionar a quienes se les demuestre el incumplimiento de la ley a través de la discriminación entre otros por la condición especial que poseen (CONADIS, 2013), Actualmente está vigente la Ley Orgánica de Discapacidades que ampara a las personas con discapacidad; establece un sistema de prevención de discapacidades, atención e integración de personas con discapacidad que garantice su desarrollo y evite que sufran toda clase de discriminación, incluida la de género (IRO, 2012).

Por su parte el CONADIS, que ha sufrido múltiples modificaciones desde su creación, actualmente se llama Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades cumple las funciones de defender jurídicamente los derechos de las personas con discapacidad y coordinar, efectuar el seguimiento y evaluar las acciones que realizan otras entidades del sector público y privado dedicadas a la discapacidad. Sus programas y servicios son: asesoría en discapacidades, plataforma de sensibilización en discapacidades, jornadas por la plena participación y el respeto de los derechos de las personas con discapacidad, observatorio de accesibilidad Web, diccionario de lengua de señas ecuatoriano “Gabriel Román” y normativa en discapacidad (CONADIS, 2013).

Más recientemente Ecuador aprobó, en el año 2008, una nueva Constitución, que menciona en 21 artículos y en una disposición transitoria la defensa de los derechos de las personas con discapacidad y la responsabilidad del Estado en su implementación. Específicamente en su artículo 47 menciona que el Estado ecuatoriano garantizará la implementación de políticas que ayudarán a reducir y prevenir las discapacidades, apoyándose en la toma de conciencia de la sociedad,

provocando la igualdad de oportunidades de las personas con discapacidad para su oportuna incorporación e integración familiar, social y laboral.

Como parte del mencionado artículo se reconoce a las personas con discapacidad, el derecho de acceder y obtener un trabajo digno, en condiciones de igualdad de oportunidades, considerando sus talentos y capacidades como una oportunidad y no como una restricción.

El código del trabajo, acorde a lo que establece el CONADIS, a partir del año 2010 exige la contratación de personas con discapacidad en un 4% del total de trabajadores de cada empresa o patrono persona natural (IRO, 2009) es decir que por cada veinticinco trabajadores tiene como obligación emplear al menos a una persona con discapacidad en horario fijo o determinado considerando sus condiciones físicas y sus habilidades en el puesto asignado respetando todos sus derechos establecidos por la ley.

Con la finalidad de dar continuidad a las iniciativas gubernamentales, en el año 2013 se crea la Secretaria Técnica de Discapacidades (SETEDIS), para la coordinación intersectorial de la implementación y ejecución de la política pública en materia de discapacidades. Teniendo como principales funciones: (1) coordinar e implementar el proceso de transferencia de las Misiones "Solidaria Manuela Espejo" y "Joaquín Gallegos Lara" a los ministerios rectores de la salud y de la inclusión económica y social, respectivamente; (2) asumir y desarrollar de forma transitoria, los proyectos de ortesis y prótesis, auditivo y visual, inserción laboral y Ecuador alegre y solidario, y (3) ejecutar planes, programas y proyectos dirigidos a las personas con discapacidad.

#### **6.6.2. Fundamentación teórica.**

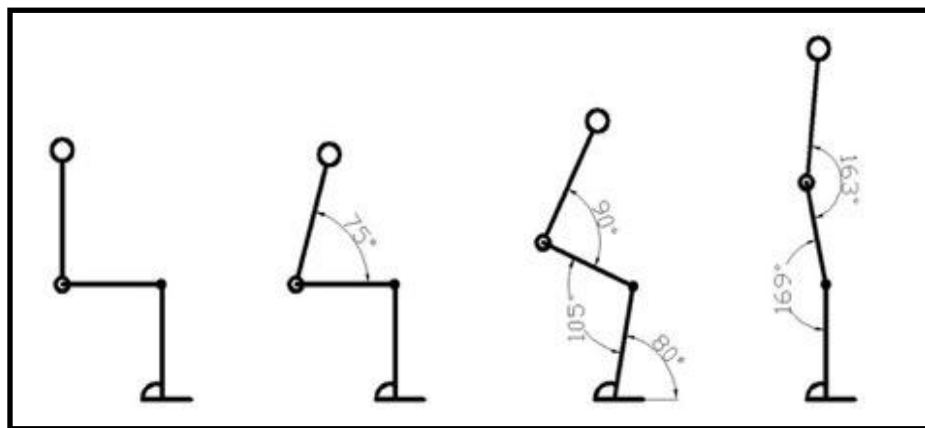
##### **Biomecánica de la bipedestación.**

La biomecánica es la ciencia que estudia las interacciones de la energía y la fuerza sobre un determinado sistema biológico. En el caso de este estudio es de vital importancia conocer la biomecánica de la bipedestación, para ello se hace énfasis en los ciclos de puesta en pie vistos desde el plano sagital. En el análisis se incluyen los diferentes ángulos que se van formando a lo largo de la marcha en los

segmentos de la pierna, esto proporciona datos importantes para ser usados posteriormente en el diseño del mecanismo.

La biomecánica es una ciencia en desarrollo de los sistemas biológicos mediante la aplicación de las leyes de Newton sobre la mecánica de los seres vivos. En ciencias ortopédicas su importancia radica en el desarrollo y diseño tanto de reemplazos articulares como en el tratamiento quirúrgico de fracturas (osteosíntesis) (Hernández y Ortega, 1995).

Se puede analizar la variación de la posición en cualquier persona desde un inicio, sentado hasta una posición final de pies; este movimiento implica la acción combinada de las articulaciones del tobillo, la rodilla, la cadera y la columna vertebral, que interactúan apoyándose entre sí para lograr el destino final que es la bipedestación. La Gráfica 94 indica un análisis biomecánico inicial teórico del proceso en etapas diferenciadamente marcadas: en cada una de estas etapas se obtendrá información útil representada como características longitudinales de diseño en una silla de ruedas y que serán parámetros antropométricos en los usuarios de las sillas de ruedas: estos enfoques ayudarán a encontrar las medidas longitudinales para diseño de prototipos.



**Gráfico N° 94. Biomecánica de la Bipedestación.**

Fuente: Investigación bibliográfica (Guillen y Linares, 2003).

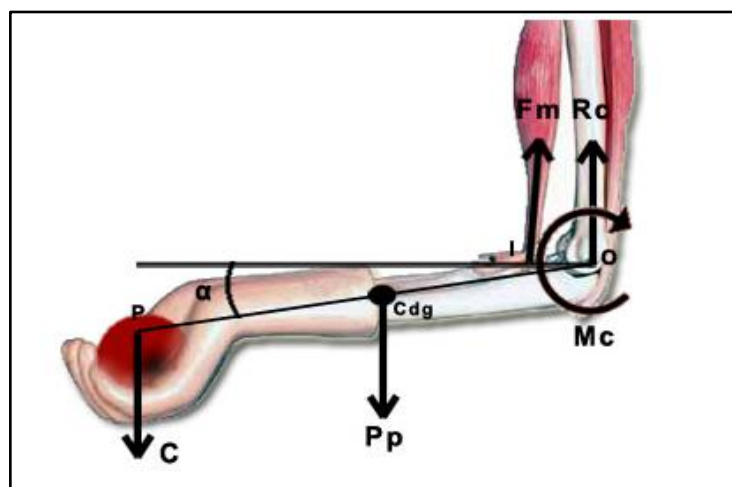
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

Evaluar si un esfuerzo en una determinada postura puede provocar sobrecarga en alguna estructura del aparato locomotor es una tarea compleja en la silla bipedestadora (Dempster, 2003).

La biomecánica aborda dicha tarea estableciendo una analogía entre el cuerpo humano y una máquina compuesta de palancas y poleas. Así, puede considerarse que una articulación es el punto de apoyo de una palanca (un hueso largo) accionada por un músculo (la potencia), para vencer una resistencia (el peso propio de los miembros y la carga sostenida).

El esfuerzo al que se somete a la articulación es, por una parte, el debido al mantenimiento del peso de los miembros del cuerpo y de la carga, y por otra, el momento que dichas fuerzas provocan sobre la articulación y que debe ser vencido para mantener la postura. Conociendo que el momento de una fuerza respecto a un punto es el producto vectorial del vector fuerza por el vector distancia desde el punto al punto de aplicación de la fuerza y aplicando las ecuaciones de equilibrio, es posible determinar el momento y la fuerza de reacción en la articulación.

En la Gráfica 95 se pone como ejemplo la articulación del codo. Las cargas soportadas por el codo son: el peso de carga sostenida por la mano (C) y el peso propio del antebrazo y la mano (Pp) aplicado en el centro de gravedad del miembro. Suponiendo que la posición se mantiene estática, en el codo deben aparecer una reacción que contrarreste dichas cargas (Rc) y un momento (Mc) igual en módulo y signo contrario al provocado por Pp y C. Aplicando las leyes de equilibrio puede conocerse el valor de Mc y Rc

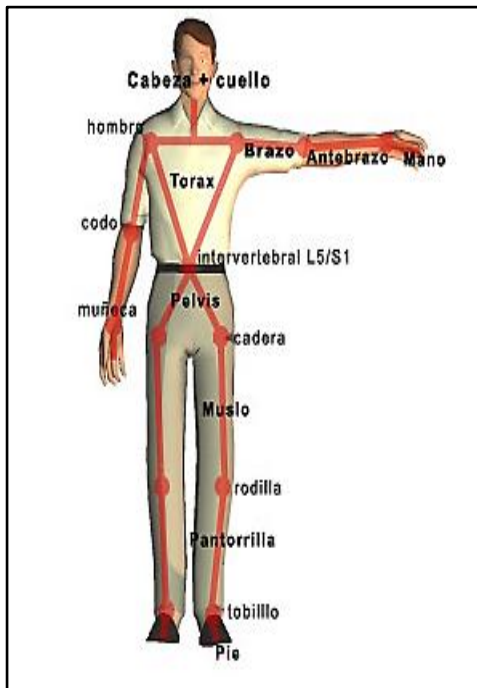


**Gráfico N° 95. Esquema de fuerzas y momentos en el codo.**  
Fuente: Investigación bibliográfica (Guillen y Linares, 2003).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

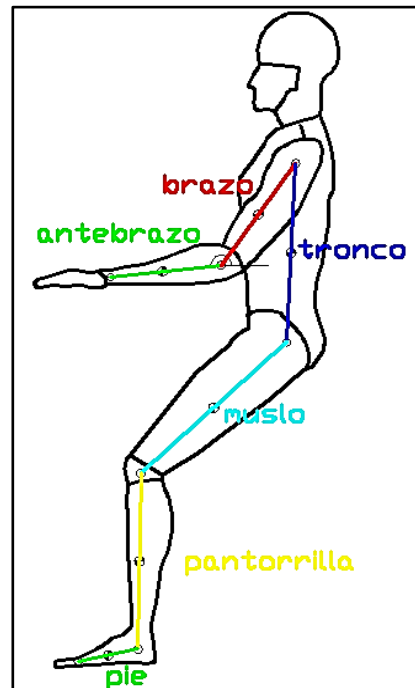
- **Modelos humanos. Parámetros inerciales (Centros de gravedad y peso de cada segmento).**

En primer lugar debe adoptarse un modelo humano en el que se determine el número de segmentos que lo componen, la localización del centro de gravedad y el peso de cada segmento. A este conjunto de datos se le denomina parámetros inerciales del modelo humano. La segmentación del cuerpo puede realizarse de múltiples formas dependiendo de cuál sea el objeto de estudio, aunque habitualmente se utilizan 14 segmentos que se presuponen no deformables (Cabeza + cuello, Tronco, Muslos, Piernas, Pies, Brazos, Antebrazos y Manos) (Drillis, 1966).

Existen modificaciones o adaptaciones sobre este modelo básico. Los más comunes son: dividir el tronco en dos, tres o más segmentos (tórax, abdomen y pelvis), siendo éste el modelo desarrollado inicialmente por (Dempster ,1955) y (Plagenhoef, 1971), o simplificar el modelo reduciendo el número de segmentos, lo que implica asumir que determinadas articulaciones se comportan de forma rígida, perdiéndose la movilidad entre ellas.



**Gráfico N° 96. Segmentos del modelo.**  
Fuente: Investigación bibliográfica (Guillen y Linares, 2003).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)



**Gráfico N° 97. Segmentación del cuerpo.**  
Fuente: Investigación bibliográfica (Guillen y Linares, 2003).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

Para el estudio del caso la segmentación corporal que se adoptó: se parte del punto de vista bidimensional, considerándose la silueta del perfil de una persona; hay que tomar en cuenta que los movimientos de las extremidades se estiman como paralelos (Gráfico N° 97).

El estudio del peso y la posición del centro de gravedad de cada uno de los segmentos corporales que se ha aplicado para este caso, mediante técnicas analíticas, ya que se ha empleado resultados de estudios previos así como también los procedimientos especificados de los mismos.

Uno de los más habitualmente empleado es el procedente de los estudios de Dempster y Clauser, que obtuvieron los datos del desmembramiento de cadáveres. Otros estudios, como los de Drillis y Contini permiten realizar una estimación de la longitud de los diferentes segmentos corporales en función de la estatura del individuo (Tabla 80). Puede emplearse cuando se desconocen dichos valores y su medición directa es imposible. Obteniendo así, mediante los métodos anteriormente mencionados, las longitudes de las segmentaciones corporales y porcentajes de masa para los individuos, generalizándose de esta manera las dimensiones necesarias para la posición de los parámetros constructivos del dispositivo de bipedestación.

**Tabla N° 82.- Parámetros inerciales determinados por Dempster y Clauser & Drillis y Contini.**

<b>SEGMENTO</b>	<b>MASA</b>	<b>ESTATURA</b>
<b>Cabeza y cuello</b>	7.3%	10.8%
<b>Tronco</b>	50.7%	28.8%
<b>Brazo</b>	2.6%	18.6%
<b>Antebrazo</b>	1.6%	14.6%
<b>Mano</b>	0.7%	4.5%
<b>Muslo</b>	10.3%	20.0%
<b>Pantorrilla</b>	4.3%	28.5%
<b>Pie</b>	1.5%	

Fuente: Investigación de campo: (CONADIS, 2013).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

### – Momentos Máximos

Como ya se ha indicado, con el movimiento varía el grado de estiramiento muscular, y con ello la capacidad de los músculos de producir fuerza. Por otro lado, también suele existir una modificación del ángulo que forma el brazo de palanca respecto a la acción de la propia fuerza; por ello, el valor de este brazo de palanca también varía.

Basándose en el hecho de que en cada articulación existe un momento de fuerza muscular medible que no debe ser superado por los momentos generados por cargas externas, se puede generar un modelo biomecánico capaz de predecir el máximo esfuerzo permitido en cada articulación en función del tipo de movimiento (Garg,2010).

Uno de los primeros modelos fue desarrollado por Chaffin (1969). Se trata de un modelo estático y coplanar (plano sagital) para el estudio de movimientos implicados en el manejo de cargas.

Sin embargo la aplicación directa de este método para la obtención de momentos y reacciones en articulaciones, se tiene en el uso únicamente de las magnitudes de las reacciones en articulaciones, específicamente en la transferencia existente de estas fuerzas al dispositivo de bipedestación, siendo así que el objetivo de este estudio radica con fines de diseño mecánico dado que mediante los resultados obtenidos podemos llegar a una aproximación óptima a la realidad de la variación existente según la posición del individuo.

### **Antropometría.**

La antropometría es una ciencia que se encarga de medir magnitudes dimensionales y algunas características físicas del cuerpo utilizando un patrón o unidad en un sistema de unidades manejado como referencia: longitudes, altos, grosores, masas, circunferencias, distancias. La Antropometría tiene diversos

empleos prácticos, siendo los más importantes los relacionados con el ámbito de la Salud y Seguridad Ocupacional, y sobre todo con la Ergonomía, ya sea para diseño de equipos o puestos de trabajo. Los diseños de equipos, maquinaria, puestos de trabajo e inclusive ropa de trabajo implican el conocimiento de las dimensiones, estructura y constitución del cuerpo de los obreros o usuarios, así como un amplio conocimiento del medio ambiente físico donde se realizan sus actividades diarias o laborales (OIT, 1998).

### **Medidas antropométricas.**

Las magnitudes antropométricas, al ser consideradas en un grupo de personas se las trata como variables; la generalidad de medidas son longitudinales o lineales como: la altura, distancias entre puntos de referencia comunes a todos los sujetos medidos, anchuras, espesores, curvas alrededor de ciertas partes del cuerpo, arcos de ciertas partes del cuerpo, perímetros, etc. Para encontrar varias de las medidas antropométricas normalizadas, deben ubicarse ciertas posiciones comunes, entre las más representativas están: el sujeto sentado y el sujeto de pie en una postura tipificada.

Si bien las dimensiones del cuerpo humano son numerosas, para diseñar un puesto de trabajo o un equipo específico, sólo deben tener en cuenta alguna de ellas. A continuación se presenta un listado de las medidas antropométricas de mayor uso (Mondelo ,1999); (Panero y Zelnik, 1984).

1. Altura poplítea (AP)
2. Distancia sacro-poplítea (SP)
3. Distancia sacro-rótula (SR)
4. Altura muslo-asiento (MA)
5. Altura muslo-suelo (MS)
6. Altura rodillas-suelo (RS)
7. Altura codo-asiento (CA)
8. Alcance mínimo del brazo hacia delante con agarre (AmínBa)
9. Alcance mínimo del brazo hacia delante sin agarre (AmínB)
10. Distancia codo-mano (CM)
11. Alcance máximo del brazo hacia delante con agarre (AmáxBa)
12. Alcance máximo del brazo hacia delante sin agarre (AmáxB)



13. Altura ojos-suelo, sentado (OSs)
14. Altura hombros-asiento (HA)
15. Anchura de caderas (muslos), sentado (CdCd)
16. Ancho de rodillas, sentado (RRs)
17. Altura subescapular (AS)
18. Altura iliocrestal (AI)
19. Ancho codo-codo (CC)
20. Profundidad del pecho (PP)
21. Profundidad del abdomen (PA)
22. Anchura de hombros (HH)
23. Altura hombros-suelo, de pie (HSp)
24. Altura codo-suelo, de pie (CSp)
25. Altura ojos-suelo, de pie (OSp)
26. Ancho de tórax (AT)
27. Estatura (E)
28. Largo del pie (LP)

### **Condiciones para realizar las mediciones.**

Se debe considerar casos particulares para diseñar un determinado producto o equipo que beneficia a un grupo de usuarios. En el caso del diseño de sillas de ruedas, cuyas mediciones antropométricas se realizan en un grupo de personas que conforman una muestra representativa, lo recomendable es obtener las medidas en condiciones y situaciones a las que diariamente se encuentran expuestos los usuarios, esto implica que sean evaluados con la ropa y los zapatos propios de su actividad y con las condiciones laborales propias de su labor (Mondelo, 1999).

En concordancia a lo que señala Mondelo, para personas usuarias de sillas de ruedas la valoración se la realiza con la ropa y los equipos propios de su actividad que obligatoriamente incluye la silla de ruedas como parte de sí, y teniendo en consideración las características laborales o domésticas propias de su trabajo diario.

La posición de atención antropométrica (PAA) modificada, para personas con discapacidad móvil inferior, contempla medidas obtenidas exclusivamente en la posición con la persona sentada, ya que esa es la postura en la cual se desenvuelve mayormente. Se puede describir brevemente la posición como aquella en la que las nalgas y la espalda están apoyadas en el borde entre el respaldo de la silla y el

asiento. La cabeza debe ubicarse en la posición del plano de Frankfort: que indica que los muslos, las rodillas, las pantorrillas y los talones deben estar unidos; además los muslos deben estar perpendiculares con las pantorrillas formando un ángulo de 90°; y por último los pies reposando de forma horizontal y completamente sobre el suelo (Moreno, 2004).

### **Instrumentos para obtener las medidas antropométricas.**

Existen instrumentos antropométricos que dan resultados de mayor exactitud, además de permitir trabajar con mediciones de forma automatizada.

Sin embargo los más simples y fáciles de utilizar, y que a su vez entregan datos totalmente confiables dentro de un rango permisible lo constituyen los instrumentos antropométricos básicos, que son fáciles de utilizar, pero requieren de un manejo correcto para minimizar errores causados generalmente por una incorrecta posición de los usuarios o por una ubicación inexacta de los puntos anatómicos de referencia de las distancias. Debido a esto la experiencia que tenga la persona que realiza las medidas es de gran importancia.

El antropómetro es el instrumento de medición más empleado por ser básico y de relativo fácil uso, está formado por una barra rígida de dos metros de largo con dos escalas de medición que permiten determinar las dimensiones de longitud o largo del cuerpo. También permite medir las distancias entre los puntos de referencia, entre puntos de referencia y el suelo, puntos de referencia y el asiento, además de anchos, profundidades, distancias.

### **Manejo estadístico de los resultados de las mediciones.**

Es bien conocido que las características y medidas de distintas personas o distintos grupos de personas no son iguales y tienden a variar en dependencia de múltiples factores tales como edad, raza, ubicación geográfica, economía, realidad, costumbres alimentarias y de vida, género, etc.

También se sabe que si dichas medidas se realizan en un grupo de personas con características especiales, como lo son las personas con discapacidad, se obtendrán variaciones más evidentes que incidirán mayormente en los resultados antropométricos. La variabilidad de medidas por personas o por grupos de análisis requiere separar un determinado grupo de personas que tengan características semejantes para que las medidas se enmarquen dentro de un rango razonable y aceptable que posteriormente conducirán a diseñar elementos o equipos con características comunes para el grupo seleccionado, como ejemplo se puede mencionar una silla de ruedas.

Cuando se trabaja con rangos de datos para poblaciones particulares es necesario trabajar con Estadísticas, entre sus herramientas están la media y las medidas de dispersión como desviación estándar, y los percentiles, entre los cuales los de mayor uso par diseño lo son el 5 y el 95 (Ocaña, 2004).

El uso de los percentiles 5, 50 y 95 estadísticamente señalan al diseñador que subgrupos de la población estudiada queda dentro o fuera de un requerimiento necesario para diseñar un equipo. Los porcentajes: 95 incluyente, 5 excluyente o 50 equilibrado, indican cuantas personas que constituyen el segmento tienen una cierta dimensión corporal: estatura, peso, longitud de brazo, altura, etc. de la muestra seleccionada. Para un mayor entendimiento se apoyan los cálculos de valores en el análisis de la curva de Gauss o Curva de Distribución de Frecuencia Standard para ilustrar los percentiles (Ocaña, 2004).

### **Ergonomía.**

El objetivo principal que plantea la ergonomía es buscar que los equipos, ambientes y maquinaria utilizados dentro de todo campo del quehacer humano sean perfeccionados empleando tecnología moderna, pero que esté desarrollada en estricta consideración a las características y aptitudes de las personas, es decir busca la armonía entre personas y tecnología para no afectar la salud de las personas, disminuyendo sus riesgos, y aumentando su desempeño. Para ello, la

ergonomía se ocupa de analizar, evaluar, comparar, diseñar e inclusive corregir modelos de máquinas, herramientas, ambientes, puestos de trabajo, permitiendo adaptarlos o diseñarlos de acuerdo a las características de sus posibles usuarios.

Lo mencionado hace que un equipo o herramienta diseñados y fabricados teniendo en cuenta la ergonomía de sus usuarios marquen la diferencia para obtener mayor eficiencia que lógicamente acompaña a un mejor nivel de productividad. Para el caso de personas que pasan todo el día sentadas se presentarán afecciones como dolores de espalda y en las articulaciones, calambres, mala circulación de fluidos corporales, problemas renales, etc. Un ejemplo lo constituyen los usuarios de sillas de ruedas. La ergonomía se propone analizar y diseñar sillas de ruedas particulares para este grupo buscando aumentar su satisfacción y comodidad y disminuyendo sus riesgos y peligros de su uso.

El objetivo que siempre busca la ergonomía, es tratar de mejorar la calidad de vida del usuario, tanto en su lugar de trabajo como en cualquier lugar de su hogar.

## **6.7. METODOLOGÍA.**

### **MODELO OPERATIVO PARA EL DISEÑO DE LA SILLA DE BIPEDESTACIÓN.**

#### **6.7.1. Investigación antropométrica.**

##### **Selección de sujetos de estudio.**

El estudio se inició con un grupo de 42 personas, las cuales fueron valoradas clínica y antropométricamente. Una primera depuración del grupo escoge a 35 personas que reúnen requisitos para formar parte del grupo de estudio. Luego de concluida la valoración se seleccionaron 22 personas que además autorizaron ser parte de la investigación para conformar la muestra, este valor se justificó estadísticamente en el capítulo IV.

Con el fin de homogenizar al grupo de usuarios se utilizaron los siguientes criterios de selección: (1) tener la necesidad de silla de ruedas para desplazarse, (2) poseer la capacidad de realizar actividades profesionales con sus miembros

superiores, (3) haber adquirido la discapacidad después de haber culminado la etapa de desarrollo físico y (4) estar en edad laboral (18 a 65 años). Los criterios y selección de las personas que conforman la muestra han sido fijados priorizando la utilidad que pueda tener para los seleccionados una silla de ruedas de bipedestación. En la tabla 83 se muestra la segunda selección de personas que fueron valoradas en el estudio incluyendo para cada uno, el nombre, la edad, el nivel educativo, la dirección, el teléfono, oficio que desarrollo y causa del accidente.

**Tabla N° 83.- Datos de las personas pre-seleccionadas para el estudio.**

	Nombre	Edad	Educación	Dirección	Teléfono	Oficio	Causa de la discapacidad
1	Acosta Acosta Nelia	59	Primaria	La Joya (Terremoto) a 20 pasos de Mavesa	2405188 0979876403		Paraplegia
2	Alvarez Proaño Ricardo	39		frente a las bodegas/talleres KIA	0984839908 2409234	Constructor	Accidente tránsito
3	Asas Punina Rafael	52	Básica	Av. Víctor Hugo...llegar calle Ernesto Alvarado, con Víctor Rendon	0999985274 2586687	Preparador de suelas	Accidente tránsito
4	Basurto Vallejo Rosa	58	Secundaria	Asoplejicat	0991950431	Quehaceres domésticos	
5	Cando Tubón Segundo	58	Primaria	Pelileo Grande. Barrio Central. 1 cuadra abajo del estadio	0995761633		Descarga de electricidad
6	Caisaguano Euclideo			La Joya.	0985416431	Trabaja	Accidente Laboral
7	Dutan María Luz	54		Picaihua. El Calvario.- Entrada Barrio Jesus del gran poder	2763299		Accidente Caída
8	Escobar Arcos Matilde	50	Superior	hospital municipal.- área de cajas	0983558337 2440999		Poliomielitis
9	Freire Hilda Leonor	64	Primaria	Ficoa Las Palmas. Calle los Misperos y Begonia	2460032 0998893911		Diabetes
10	Freire Mayorga Enma	50	Primaria	Cevallos.- Felipa Real y Elías Buchelli	0985185080 2872446		Accidente tránsito
11	Freire Molina Ángel	53		Mocha. Cacerio Acapulco.- Barrio San Carlos	0988089300 2779074	Director de obras	Accidente tránsito
12	Frias Frias Alirio	48	Primaria	Pelileo.	0980273758	Auxiliar de bodega	Poliomielitis
13	Gualpa Sánchez	28	Secundaria	Primera Imprenta y Vargas Torres	0998686899 032420534	Monitoreo cámaras	Accidente de moto
14	Guamanquispe Llambo	48	Primaria	Isaias Toro Ruiz y Jácome Clavijo	0984480076 2400276		Accidente Laboral
15	Heredia Chico Alfonso	46	Secundaria	María Inés Jimenez y Calle Cazadores	0998971379 2845452	Control de Calidad	Secuela de Poliomieltis
16	Jerez Pérez Miguel	66	Primaria	San Luis (Atocha). Centro del barrio, detrás de la casa alta de 2 pisos.	0991237673 2854641	mecánico (no ejerce)	Accidente tránsito
17	Jurado Villacrés Oscar	34	Superior	Barrio Arbolito. Manuel Matheu y Cazadores (casa esquinera)	0998524454	Asistente de Contador	Accidente tránsito
18	Mazón Medina José	60	Superior	Casa (Barrio Darío Guevara. Calles Reinaldo Miño y Padre Chacón	2871864 0989187441	Profesor	Tumor en el cerebro
19	Mejía Torres Feliza	91	Primaria	Atocha, frente al Parque Central			Diabetes

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015).

**Tabla N° 83. Continuación.**

**Datos de las personas pre-seleccionadas para el estudio.**

20	Miño Jaime	64	Primaria	Asoplejicat	0989716447 2415549	Ayuda en casa	
21	Miranda Núñez Lorena	42	Superior	Av. Los Shyris N° 2225 y Pasaje Luis Cordero	2853364 0992522004	PLANHOF A	Mielitis transversa
22	Moposita Tibán Víctor	53	Primaria	Pichincha Alta. 24 de Mayo 05-57 y Tungurahua	2842073		Semiplegia inferior
23	Moreta Poaquiza Noe	30	Primaria	Huachi La Magdalena. Antigua vía a Tisaleo (Parada Jerpazol)	0969919867	Venta de perros	Daño columna
24	Núñez Javier	32		Av. Bolivariana, Km 8 1/2 vía a Baños	0983201731 2488058		
25	Ojeda Manobanda Iván	40		Tomás Aquiles y Horacio Gómez. Vía a Tangaiche	2758505	Chofer	Disparo de bala
26	Ortiz Mario	42		Av. Los Shyris y Atahualpa	0982200776 0984716414		
27	Parraga Yazmina	37	Secundaria	Alobamba. Barrio San Antonio casa 15 de Manuela Espejo	2847151 0969037748	Contador	Artritis reumatoide
28	Pinto Chico María	50	Superior	López de Solís 01-73 y Unidad Nacional	0998218332	Comerciante	Disparo de bala
29	Punina Luis Marcelino	33	Primaria	Vía Ecológica (Santa Rosa)	0987792365		Accidente Caída
30	Ramos De La O Marcos	38	Primaria	Plaza Pachano. Calle Esmeraldas	0992787541	Calles de la ciudad	Accidente tránsito
31	Ruiz Morales Jorge	46	Primaria	Pichincha Alta y Sinchoroca (sector El Arbolito)	2842029		Distrofia muscular
32	Sánchez Freire Julia	61	Primaria	Diagonal a la Iglesia de Tiugua (tienda)	2867372	Comerciante	Caída de un árbol
33	Santamaría Macías	43	Superior	Calle Aniceto Jordán 01-105 y César Silva	0987141328	Artesano	Accidente tránsito
34	Santana Calderón	55	Superior	Ingahurco. EEUU y Brasil. Casa # 4-90. diagonal a transportes santa	0984733564 2520753	Promotora laboral	Accidente tránsito
35	Santos María	92	Primaria	Ingahurco. Calle Puerto Rico	2521501		Diabetes

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015).

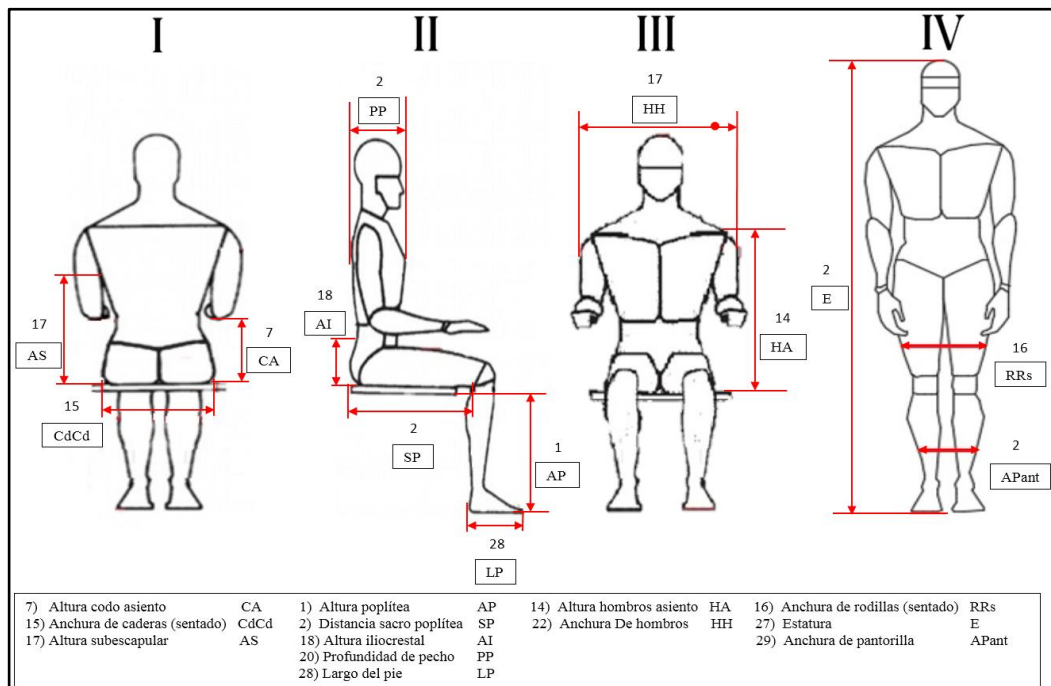
**Estudios Antropométricos. Selección de las medidas relevantes para personas con discapacidad móvil inferior.**

Para la selección se utilizó un análisis visual del listado completo de las medidas antropométricas de mayor uso, además de tomar en cuenta algunos aspectos que tienen que ver específicamente con los usuarios de sillas de ruedas y que se listan a continuación (Moreno, 2004):

1. Tipos de movimientos que se realiza en la silla de ruedas
2. Tipos de trabajo o labor que pueden realizar los usuarios
3. Posturas a ejecutar
4. Frecuencia de labores y trabajos

5. Carga mental o exigencias psicológicas del uso de la silla de ruedas
6. Riesgos y peligros derivados del uso de la silla
7. Percepción de bienestar
8. Satisfacción de características y formas de la silla
9. Necesidades de realizar tareas en posición de pies
10. Riesgos y necesidades en dependencia del entorno del entorno y
11. Otras características específicas derivadas del uso de la silla.

Después de realizar el análisis se seleccionaron como dimensiones antropométricas relevantes las que se presentan en la Gráfica N° 98, éstas permitirán la silla de ruedas a las dimensiones y necesidades particulares de la población a la que va dirigido el estudio, y que por tanto contribuya a mejorar la calidad de vida de sus usuarios y disminuya sus riesgos. En la gráfica N° 98 las medidas están numeradas según el listado propuesto por Mondelo (Mondelo, 1999).



**Gráfico N° 98. Ficha de adquisición de las medidas relevantes y su nomenclatura.**

Fuente: Investigación bibliográfica (Mondelo, 1999).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

A continuación se describen las medidas consideradas relevantes para la toma de datos a personas en sillas de ruedas, ver Gráfica N° 98, para el diseño de puestos de trabajos o de equipos de terapia y asistencia planteados (Mondelo, 1999); (Panero y Zelnik, 1984):

1. **Altura poplítea (AP):** lo constituye la medida de la distancia vertical tomada desde el suelo hasta llegar al punto más alto de la depresión poplítea que será utilizado como referencia. Es necesario que la persona a medir esté sentado, con los pies asentados horizontalmente sobre el suelo a la altura del extremo anterior del asiento sin ejercer presión en la cara posterior del muslo, también los muslos estarán en posición horizontal formando un ángulo de  $90^\circ$  en las rodillas.  
Para obtener la medida se coloca el antropómetro desde la superficie horizontal del suelo hasta que el extremo de la rama móvil del equipo haga contacto con el punto más alto de la depresión poplítea. Debe tenerse presente que el instrumento siempre esté vertical y paralelo al plano medio sagital del cuerpo.
2. **Distancia sacro-poplítea (SP):** es la medida de longitud horizontal medida desde el punto correspondiente a la depresión poplítea de la pierna, hasta el plano vertical situado en la espalda del individuo.  
La posición del individuo a medir es tener los muslos totalmente horizontal y formando ángulos rectos  $90^\circ$ , al mismo tiempo con las piernas del un extremo y el tronco del otro extremo.  
La utilización del antropómetro para obtener la medida va desde el extremo fijo haciendo contacto con el plano vertical hasta colocar la rama móvil en la depresión poplítea.
7. **Altura codo-asiento (CA):** es la medida de la distancia obtenida desde el plano del asiento donde se encuentran las nalgas hasta la depresión del codo.  
La posición del usuario se obtiene al colocar su brazo paralelo a la línea media del tronco, que es lo mismo que perpendicular al tronco; el brazo y el antebrazo forman un ángulo de  $90^\circ$ .  
El antropómetro se coloca de tal forma que su extremo fijo hace contacto con el plano de la superficie del asiento, se mide de manera vertical hasta que el extremo móvil haga contacto con la depresión del codo.
14. **Altura hombros-asiento (HA):** es la medida de la distancia vertical desde la superficie del asiento hasta el punto medio equidistante entre el cuello y el acromion.  
La posición idónea se logra cuando el individuo está sentado con el tórax o tronco perpendicular al plano del asiento.  
La medición se obtiene colocando el extremo fijo sobre el plano del asiento y el extremo móvil sobre la superficie del hombro equidistante entre cuello y acromion. Es importante controlar que el usuario mantenga los hombros en contacto con el plano vertical del asiento.
15. **Anchura de caderas, sentado (CdCd):** es la medida de la distancia transversal horizontal que existe entre las caderas y que coincide con el inicio de los muslos en su parte superior.  
Se posiciona a la persona que se mide sentado con el tórax perpendicular al plano del asiento.  
Para obtener la medida, previamente se ubica con los dedos de la persona que mide, los huecos de las caderas de la persona que va a ser medida, entonces acomodar las ramas del antropómetro sobre las crestas ilíacas. Es importante no ejercer presión en los extremos del antropómetro; manteniendo horizontal el aparato se sube y baja en varias oportunidades hasta obtener el valor correcto de la medida.
16. **Ancho de rodillas, sentado (RRs):** es la medida de distancia transversal horizontal que existe entre los puntos exteriores de los muslos en su parte



inferior, medidos tomando como referencia desde las rodillas 15 cm hacia arriba.

Igual que en la medida anterior, se posiciona a la persona sentada con el tórax perpendicular al plano del asiento, este a su vez es paralelo al suelo.

Para obtener la medida se colocan los extremos del antropómetro sobre los puntos indicados sin presionar, hasta encontrar el valor máximo de la distancia. Debe tener cuidado de mantener el aparato en posición horizontal transversal.

17. Altura subescapular, sentado (AS): es la medida de la distancia vertical al suelo medida desde el ángulo inferior de la escápula hasta el plano del asiento

La posición correcta se obtiene ubicando a la persona a medir en una modificación de la PAA, puesto que esta es de pies y aquella es sentado.

Para obtener la medición se ubica el extremo fijo del antropómetro verticalmente desde el plano del asiento y paralelo al plano medio sagital del cuerpo, hasta que la punta del extremo móvil toque el borde inferior de la escápula.

18. Altura iliocrestal, sentado (AI): es la medida de la distancia vertical tomada desde la espina ilíaca anterior y superior hasta el plano del asiento.

Igual que en el caso anterior se logra modificando la PAA cuando la persona esté sentada; esta altura corresponde con la altura sacrolumbar estando el sujeto sentado.

Para obtener el valor de su medición colocar el extremo fijo del antropómetro en contacto con el plano del asiento y paralelo al plano medio sagital del cuerpo, conservando siempre una posición vertical en el instrumento, se lleva la punta del extremo móvil hasta que tope con la espina ilíaca anterior y superior.

20. Profundidad del pecho (PP): es la medida de la distancia horizontal obtenida desde el plano vertical posterior que pasa por el occipital, las escápulas y los glúteos hasta el punto más alejado del pecho.

Se posiciona a la persona a ser medida con la espalda apoyada sobre el respaldo o el plano vertical posterior.

Se mide colocando el extremo fijo del antropómetro desde el plano vertical posterior hasta que el extremo móvil se ubique a la altura del pecho. Debe cuidarse que el antropómetro siempre esté horizontal.

22. Anchura de hombros (HH): es la medida de la distancia horizontal máxima que separa a los extremos de los músculos deltoides. Para obtener la medida se posiciona al individuo sentado de manera normal y relajada.

El valor de la medida se obtiene al colocar el antropómetro por detrás del individuo de forma tal que sus extremos se ubican en la superficie exterior de los hombros; sin ejercer presión, y manteniendo el antropómetro horizontal en todo momento se sube y baja hasta conseguir el valor correcto-máximo.

27. Estatura (E): es la medida de la altura máxima de la persona desde la cabeza hasta el plano horizontal del suelo.

Para el estudio la altura se obtuvo colocando a la persona en posición de atención antropométrica modificada acostada en una cama.

Se obtiene el valor de la medición a través del uso del flexómetro desde la base horizontal de los pies hasta la cresta superior de la cabeza.

28. Largo del pie (LP): es la medida de la distancia longitudinal de la base del pie que se encuentra horizontal y paralelo al suelo.

La posición de la persona es sentada con los muslos horizontales formando 90° con las piernas, que a su vez forman 90° con los pies.

Se coloca el extremo fijo en el talón del individuo, manteniendo el antropómetro horizontal se llega con el extremo móvil hasta la punta de los dedos.

29. Anchura de pantorrillas (APant): es la medida de la distancia horizontal transversal que existe entre los puntos más exteriores de las pantorrillas obtenidas a una distancia referencial vertical desde el piso de 20 cm.

La posición de la persona a ser medida es sentada con el tórax perpendicular al plano del asiento.

Se obtiene la medida colocando los extremos del antropómetro sobre las pantorrillas hacia adelante, sin presionar, hasta encontrar el valor máximo de la distancia, manteniendo el instrumento en posición horizontal.

### **Instrumentos de medición utilizados.**

El método de medición de las características antropométricas utilizado fue la obtención de valores medidos de forma manual, que a pesar de ser un método que exige una gran cantidad de tiempo para ejecutarse, que causa incomodidades a la persona a la que se le realiza la medición, y ser extenuante y complicado para quienes realizan la medición; es el más exacto (Mondelo, 1999); (Ávila, 1999).

1. Antropómetro: que se puede definir como un calibrador mecánico del tipo Vernier, cuyo tamaño es grande en proporción al objeto que va a medir que es el cuerpo humano.
2. Estadiómetro: que es un instrumento utilizado para medir la estatura, por lo que básicamente está compuesta por una cinta métrica (en los casos posibles).
3. Cinta métrica convencional.
4. Escuadras (de 30° y de 45°) y de tamaño proporcional al cuerpo.
5. Plano vertical: se utiliza como fondo posterior estándar de referencia para obtener medidas normalizadas, se ubica detrás del sujeto a medir. Como su nombre lo indica es una superficie o plano paralelo al plano de la espalda del sujeto.
6. Balanza clínica: se trata de un equipo que mide la fuerza con que la tierra atrae a una determinada masa correspondiente al sujeto a evaluar, obteniendo el peso del sujeto.
7. Silla con característica antropométrica: es una silla que tiene sus miembros constituidos en forma perpendicular; el asiento es paralelo al suelo o sea totalmente horizontal. El plano del respaldo de la silla es perpendicular con el asiento, y las patas que sostienen el asiento son perpendiculares al suelo y al asiento.
8. Ficha para consignar, medidas antropométricas seleccionadas.



**Gráfico N° 99. Equipo estándar de la FISEI-UTA con que se realizaron algunas medidas antropométricas.**

Fuente: Investigación bibliográfica (Mondelo, 1999).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

### **Personal que interviene y sus funciones para obtener las medidas antropométricas.**

El equipo de investigadores que lleva a cabo el proceso para obtener las medidas antropométricas al grupo que conforman la muestra de usuarios de sillas de ruedas, utilizando la ficha de la Gráfica N°98, incluyen profesionales de terapia física e ingeniería con conocimientos de: fisiología, ergonomía, riesgos de trabajo, seguridad ocupacional y diseño (ver Gráfica 100). Las tareas realizadas están divididas según el rol realizado por cada miembro del equipo y son:

1. Medidor. Realiza cada una de las mediciones, pronunciando cada uno de los valores medido en voz alta para que los ayudantes verifiquen la exactitud y el menor error de la medida. Para esta persona es indispensable tener conocimiento de puntos de referencias fisiológicos para ubicarlos con sus dedos, y saber sobre metrología para entender los valores medidos.
2. Ayudante uno. Ayuda a mover y posicionar al usuario para que adquiera la postura necesaria solicitada en cada medida: debe tener conocimientos de fisiología y cuidados de pacientes para no provocar riesgos innecesarios, además constata la exactitud de la medición y que el valor pronunciado por el medidor corresponda con la lectura del antropómetro.
3. Anotador. Registra los datos, medidas, novedades e historial del usuario en la ficha antropométrica; según la normativa debe repetir el valor medido en voz alta. Esta persona requiere tener conocimiento de fisiología y saber los

nombres de las variables antropométricas que constan en la ficha de medidas antropométricas.

4. Ayudante dos. Verifica la medida evaluada y consignada, examina si hay novedades o factores que alteran la medida, registra evidencias fotográficas, y dialoga con el usuario.



**Gráfico N° 100. Evidencia fotográfica de las labores del equipo de medición conformado por profesores de las carreras de Terapia Física e Ingeniería Industrial de la UTA.**

Fuente: Investigación bibliográfica (Mondelo, 1999).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

### **Resultados de las mediciones. Carta antropométrica.**

Una vez realizadas las mediciones a las 42 personas, a través de un proceso que involucra una calendarización de la disponibilidad de tiempo de los usuarios y miembros del equipo de medición, los cuales en gran medida se llevaron a cabo los fines de semana, se obtuvieron los resultados consistentes de las distancias en centímetros de las medidas contempladas en la ficha de la Gráfica 98. En la Tabla 84, que se conoce como carta de medidas antropométricas, se presentan los resultados obtenidos solo para las 22 personas que cumplen con los criterios fijados para participar en el estudio los cuales están descritos anteriormente en la selección de los sujetos de estudio.

**Tabla N° 84.- Carta de medidas antropométricas de los 22 usuarios de sillas de ruedas que conforman la muestra.**

	APELLIDOS Y NOMBRES	I. VISTA POSTERIOR			II. VISTA LATERAL					III. VISTA FRONTAL		IV. VISTA FRONTAL			PESO (Kg.)
		CA	CdCd	AS	AP	SP	AI	PP	LP	HA	HH	RRs	E	APant	
1	Acosta Acosta Nelia	19	40	37	37	47	17	31	24	52	47	47	153	39	77
2	Alvarez Proaño Ricardo	16	37	38	55	51	13	23	27	47	42	33	170	28	65
3	Asas Punina Rafael	21	34	42	37	41	19	23	27	59	43	47	165	43	61
4	Cando Tubón Segundo	24	37	41	52	56	15	24	28	57	42	34	164	27	72
5	Escobar Arcos Matilde	16	46	37	35	40	14	41	19	47	46	41	148	28	51
6	Freire Mayorga Enma	18	44	39	46	50	13	37	25	57	42	33	160	29	64
7	Guamanquispe César	25	46	42	37	46	19	24	27	58	46	36	162	30	51
8	Heredia Chico Alfonso	28	37	40	35	40	17	31	26	63	61	47	156	40	71
9	Jerez Pérez Miguel	24	45	49	42	49	21	34	26	65	47	43	172	42	73
10	Jurado Villacrés Oscar	21	44	40	42	51	18	20	28	56	53	54	171	42	81
11	Mazón Medina José	26	50	39	43	46	24	26	29	64	50	57	176	36	87
12	Moposita Tibán Víctor	20	31	39	42	49	17	21	28	60	44	39	166	29	57
13	Moreta Poaquiiza Noe	22	46	46	40	52	17	21	28	62	53	37	166	44	74
14	Ojeda Manobanda Iván	20	38	44	55	55	16	28	29	49	45	32	167	30	85
15	Pinto Chico María	18	39	40	40	48	12	22	24	53	47	46	158	36	50
16	Sánchez Freire Julia	30	54	42	37	52	19	34	25	68	52	46	160	35	64
17	Santamaría Macías Fránklin	22	34	50	39	46	19	26	31	68	34	46	178	34	70
18	Santana Calderón Lida	18	36	41	48	53	12	28	27	47	40	29	158	23	52
19	Villacís Lara Verónica	17	39	35	39	45	15	27	25	51	46	41	153	30	43
20	Villacrés Guasco Byron	20	34	44	42	51	17	27	29	63	52	43	168	35	60
21	Vinueza Fredy	25	42	40	37	46	20	25	26	56	49	42	153	30	67
22	Yi Hui Ouyang Xu	18	45	36	34	44	14	28	20	47	41	41	139	29	49

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

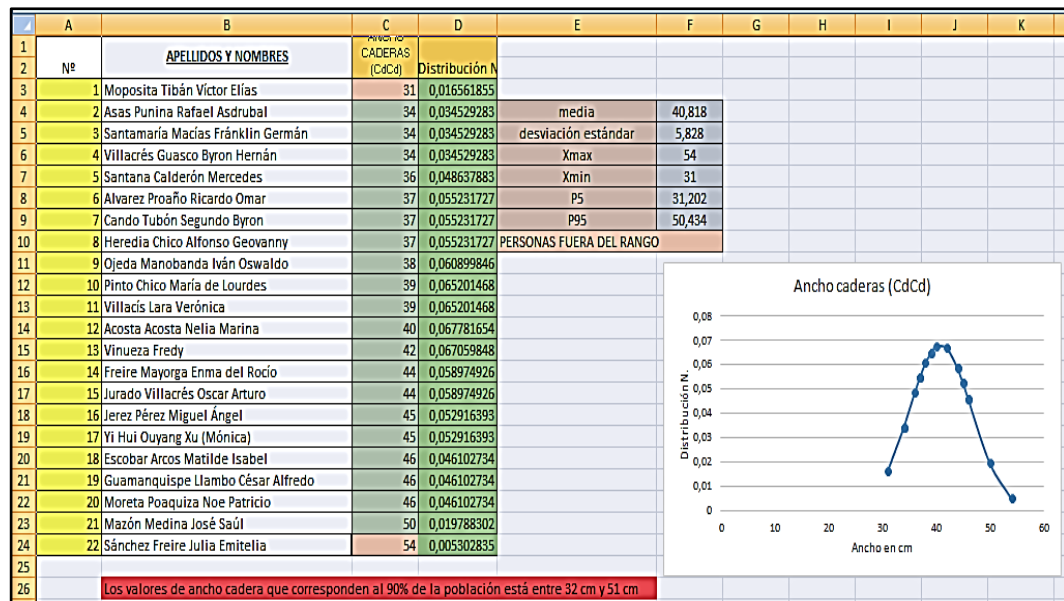
**Análisis de las variables consideradas como medidas antropométricas.**

Se utilizará el principio del diseño para un intervalo ajustable: puesto que para el grupo de usuarios de sillas de ruedas seleccionado, cada uno ajusta el objeto a diseñar a su medida dentro de un rango de máximos y mínimos (Mondelo, 1999). El objetivo en este caso, es determinar rangos de medidas antropométricas que permitan obtener parámetros de diseño con los cuales dimensionar apropiadamente la silla.

Puesto que la ergonomía asiente el uso de la estadística entre sus herramientas convencionales, el estudio antropométrico contempla que las dimensiones del cuerpo tendrán una distribución normal si el tamaño de la muestra es apropiado (Mondelo, 1999).

Para la descripción de cómo se procedió, se toma como ejemplo la variable ancho de caderas (CdCd). Con el fin de realizar un análisis estadístico descriptivo. Para los datos antropométricos se procede a ordenar las medidas de cada una de las variables en tablas (ver Gráfica 101), donde se incluye el cálculo de los valores estadísticos necesarios (Panero y Zelnik, 1984); (Matos, 2003).

Los pasos para obtener los valores que se reportan en la gráfica que se muestra en la Gráfica 101 son:



**Gráfico N° 101. Hoja d cálculo con el análisis estadístico de los valores del ancho de cadera.**

Fuente: Investigación bibliográfica (Panero y Zelnik, 1984).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**Paso 1.** Se buscan los valores máximos y mínimos del listado de 22 medidas. Y se define que se trata de datos no agrupados, pues corresponden a una cantidad pequeña los cuales pueden ser analizados tal y como fueron recolectados, sin necesidad de contarlos o clasificarlos (Morales, 2014).

**Paso 2.** Se calcula de la media aritmética  $\bar{X}$ , denominada promedio, y que es también el valor de percentil 50; muestra el valor central de los datos constituyendo ser la medida de ubicación que más se utiliza. En general, es calculada sumando los valores de interés y dividiendo entre el número de valores sumados (Anderson, 2008).

**Paso 3.** Se calcula la desviación estándar (S), esta es una medida de dispersión, considerada también como medida cuadrática que da a conocer el promedio hallado entre las desviaciones de cada uno de los datos correspondientes a cada muestra en relación con su media aritmética (Anderson, 2008).

**Paso 4.** Se calcula la distribución normal. La distribución estadística normal se fundamenta en dos criterios: (a) matemáticamente es pertinente suponer que la distribución de datos en una población, representada por su muestra, sigue una distribución normal teniendo como consecuencia que los datos se pueden representar como funciones matemáticas que tienen una forma sencilla, (b) teniendo en cuenta el valor científico, la distribución estadística logra aproximar en muchas ocasiones los valores obtenidos a valores exacto sin mayores errores y que entregan una confiabilidad en sus posteriores usos (Martínez y Marí, 2008).

A continuación se muestra un ejemplo del cálculo del valor de distribución normal para el valor numérico (en centímetros = 31) de la medida antropométrica del ancho de cadera del Sr. Víctor M.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{(x_i-\bar{X})^2}{2\sigma^2}} = 0.016561855 \quad (4)$$

Donde:

$\sigma$  = Desviación estándar;  $X_i$  = Dato en la posición  $i$ ;  $\bar{X}$  = Media aritmética.

Se colocan estos valores de distribución normal para cada valor de ancho de cadera de las 22 personas que integran la muestra, y se obtiene la Tabla N°85.

**Tabla N° 85.- Hoja de cálculo con el análisis estadístico de los valores del ancho de cadera.**

	APELLIDOS Y NOMBRES	Ancho caderas (CdCd)	Distribución normal
1	Moposita Tibán Víctor Elías	31	0,016561855
2	Asas Punina Rafael Asdrubal	34	0,034529283
3	Santamaría Macías Fránklin Germán	34	0,034529283
4	Villacrés Guasco Byron Hernán	34	0,034529283
5	Santana Calderón Mercedes	36	0,048637883
6	Álvarez Proaño Ricardo Omar	37	0,055231727
7	Cando Tubón Segundo Byron	37	0,055231727
8	Heredia Chico Alfonso Geovanny	37	0,055231727
9	Ojeda Manobanda Iván Oswaldo	38	0,060899846
10	Pinto Chico María de Lourdes	39	0,065201468
11	Villacís Lara Verónica	39	0,065201468
12	Acosta Acosta Nelia Marina	40	0,067781654
13	Vinueza Fredy	42	0,067059848
14	Freire Mayorga Enma del Rocío	44	0,058974926
15	Jurado Villacrés Oscar Arturo	44	0,058974926
16	Jerez Pérez Miguel Ángel	45	0,052916393
17	Yi Hui Ouyang Xu (Mónica)	45	0,052916393
18	Escobar Arcos Matilde Isabel	46	0,046102734
19	Guamanquispe Llambo César Alfredo	46	0,046102734
20	Moreta Poaquizza Noe Patricio	46	0,046102734
21	Mazón Medina José Saúl	50	0,019788302
22	Sánchez Freire Julia Emitelia	54	0,005302835

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

**Paso 5.** Se calcula los **percentiles 5 y 95**. Los datos reales obtenidos de las variables antropométricas se transforman en valores estandarizados en la distribución normal, esta distribución normal se divide en una escala de 100 partes



porcentualmente-equivalentes iguales. A conveniencia del resultado que se desea obtener se pueden elegir los valores percentiles pertinentes necesarios para un determinado estudio o diseño.

En los valores de los percentiles se coloca un subíndice indicando al valor que representan, así:

Definición matemática de **Percentil 5**:  $Pr_5 = \bar{X} - z * \sigma$

Definición matemática de **Percentil 95**:  $Pr_{95} = \bar{X} + z * \sigma$

Donde:

$\bar{X}$  = Media aritmética;  $\sigma$  = Desviación estándar;  $z$  = Constante de percentil.

Para calcular la constante de percentiles, es necesario analizar la tabla de distribución normal generalizada que se observa en la Gráfica 102, donde se encontrará el valor exacto a utilizarse en la ecuación de percentiles. Se toma en cuenta el percentil a calcular; por ejemplo para encontrar  $z$  del percentil 95 debemos saber que representa el 95% de la muestra seleccionada, por consiguiente como la distribución normal hace referencia a una unidad se debe buscar el valor 0.95, de la misma manera es necesario realizar el mismo análisis para el percentil 5. Considerando esta explicación se localiza el valor de  $z$  en la tabla de distribución normal generalizada.

zi	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
-3,3	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
-3,2	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
-3,1	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
-3,0	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010	0,0010
-2,9	0,0018	0,0018	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014	0,0013
-2,8	0,0025	0,0024	0,0024	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019	0,0019
-2,7	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0045	0,0044	0,0043	0,0042	0,0041	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
zi	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,5	0,9331	0,9344	0,9357	0,9369	0,9382	0,9394	0,9406	0,9417	0,9429	0,9440
1,6	0,9452	0,9463	0,9473	0,9484	0,9494	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9544

**Gráfico N° 102. Extractos de la tabla de distribución normal generalizada.**

Fuente: Investigación bibliográfica (Anderson, 2008).

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

Por ejemplo, para el ancho de caderas, se busca el valor más próximo a 0.95 en la tabla de distribución normal de doble entrada, se determina  $z$  tomando en cuenta la fila y columna que determina la ubicación de dicho percentil, en este caso  $z$  es la suma del valor  $z_i$  de la fila en la que este se encuentra más el valor  $z_i$  de la columna del mismo (ver Gráfica 102).

$$z = z_i \text{ fila} + z_i \text{ columna} = 1.6 + 0.05 = 1.65$$

Por lo que para la medida CdCd los valores de los percentiles son:

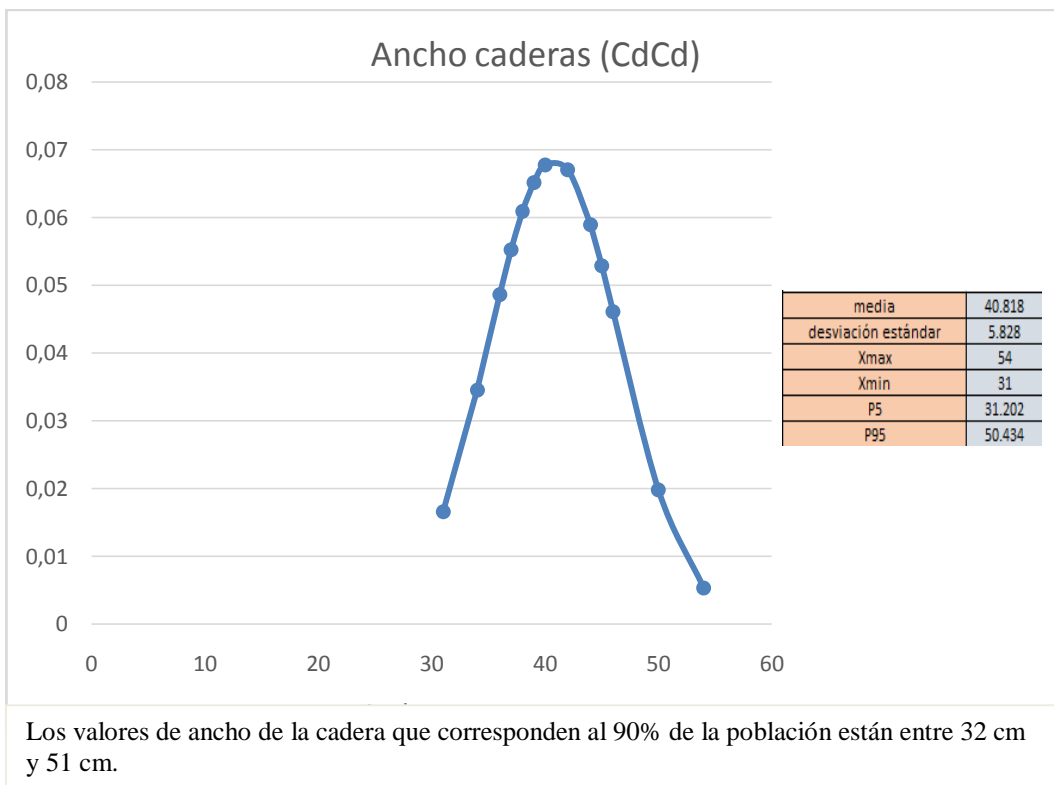
**Percentil 5:**  $Pr_5 = 40.81 - 1.65 * 5.82 = 31.2 = 31 \text{ cm.}$

**Percentil 95:**  $Pr_{95} = 40.81 + 1.65 * 5.82 = 50.4 = 51 \text{ cm.}$

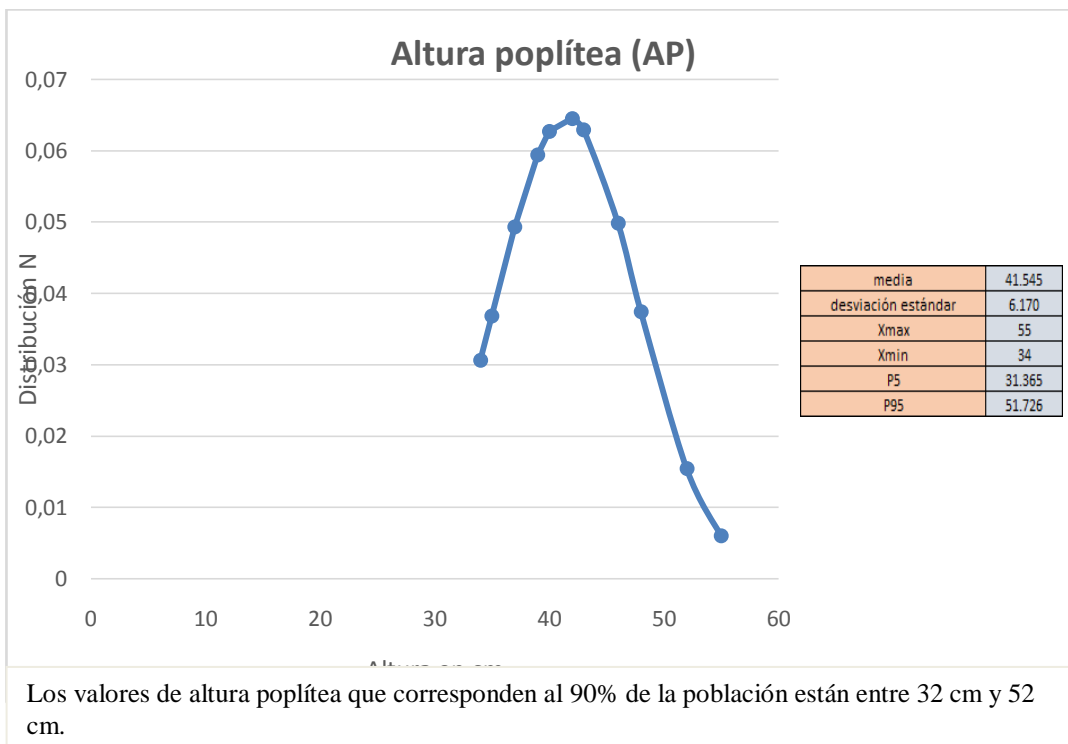
Como se está trabajando con datos enteros es necesario realizar una aproximación en los valores de los percentiles obtenidos por lo que se tienen los valores de 31 y 51. Esta aproximación se hace de forma de ampliar el rango.

A continuación se muestran las gráficas de representación normal, se emplean los valores transformados a distribución normal para los 14 parámetros que se valoraron. También se observa como información relevante de la curva valores de la media aritmética o percentil 50, el valor de la desviación estándar, valor normal máximo, valor normal mínimo y de gran utilidad para el diseño los valores de percentiles 5 y 95. Los valores máximos y mínimos de cada medida están en centímetros para poder comparar los resultados de diseño que se entregarán. Excepción hecha del peso que se reporta en kilogramos. Las gráficas presentadas se realizaron utilizando una dispersión con líneas rectas y marcadores, que es lo recomendado cuando los datos son pocos y representan medidas independientes (Martínez y Mari, 2008); (Anderson, 2008).

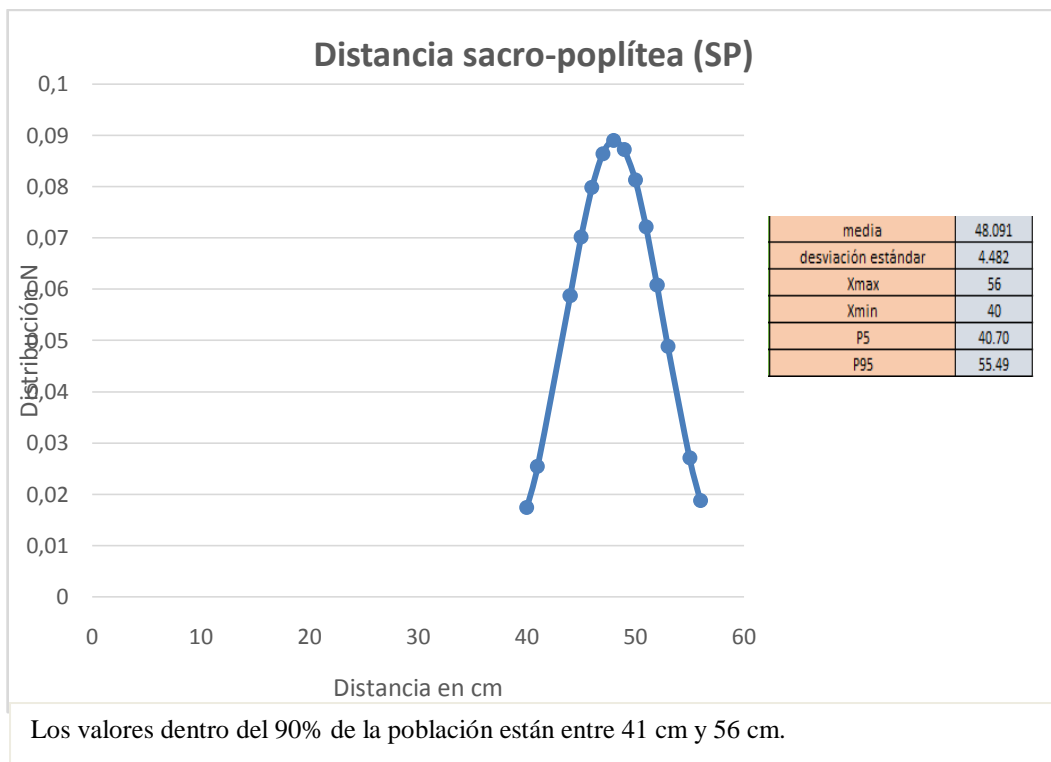
La Gráfica 103 muestra los valores para el ancho de cadera, la Gráfica 104 la altura poplítea, la Gráfica 105 la distancia sacro-poplítea, la Gráfica 106 la altura hombro-asiento, la Gráfica 107 la anchura de hombros, la Gráfica 108 la altura codo-asiento, la Gráfica 109 la altura subescapular, la Gráfica 110 la profundidad de pecho, la Gráfica 111 la longitud de pies, la Gráfica 112 la anchura de rodilla, la Gráfica 113 la anchura de pantorrilla, la Gráfica 114 la altura iliocrestal, la Gráfica 115 la estatura, y la Gráfica 116 el peso.



**Gráfico N° 103. Distribución Normal para el valor antropométrico: Ancho de caderas.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

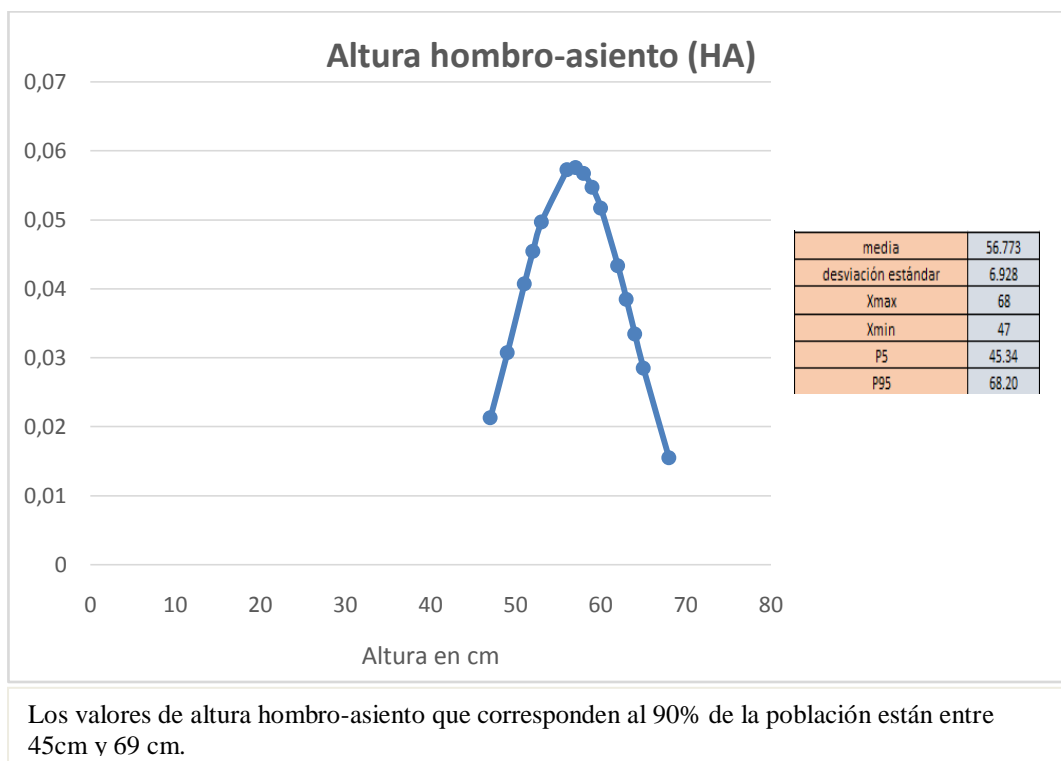


**Gráfico N° 104. Distribución Normal para el valor antropométrico: Altura poplítea.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



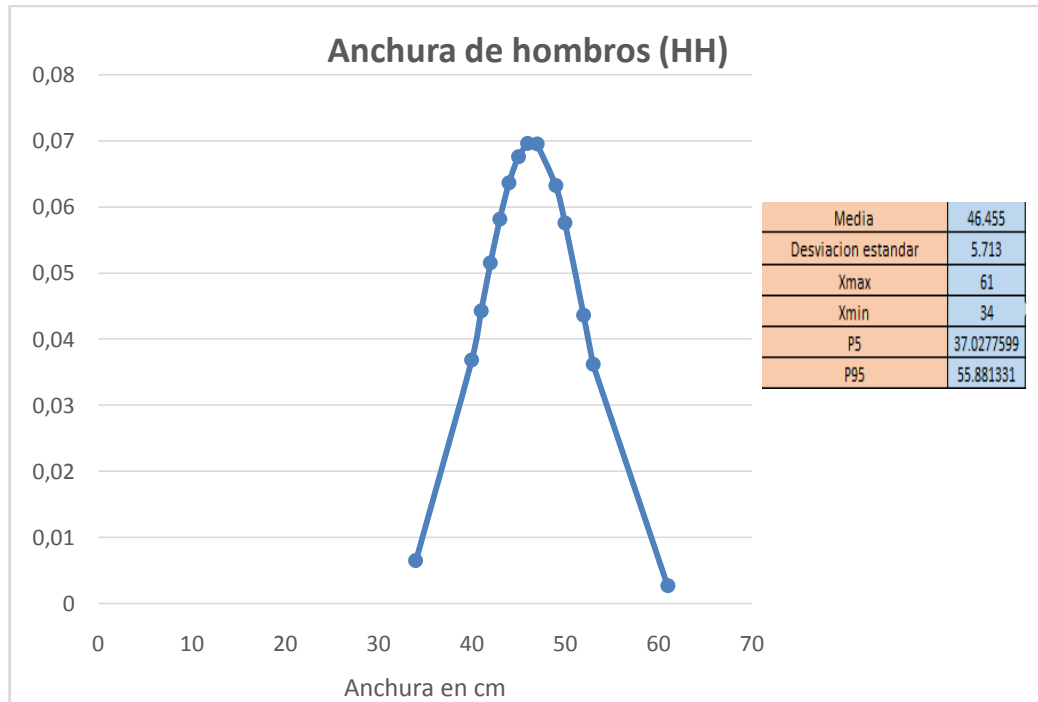
**Gráfico N° 105. Distribución Normal para el valor antropométrico: Distancia sacro-poplítea.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



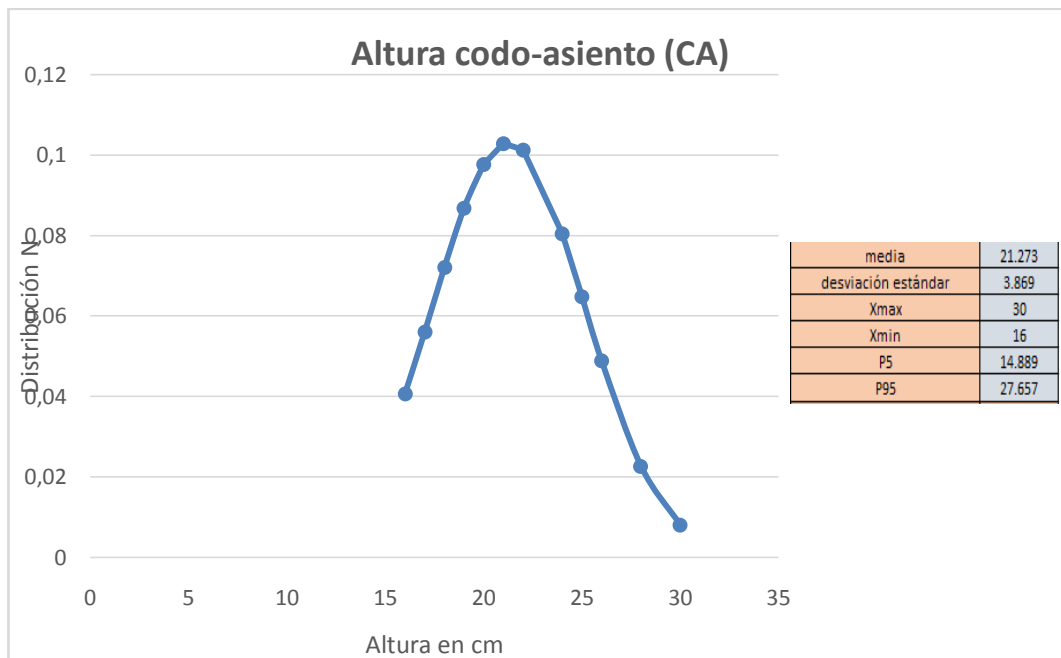
**Gráfico N° 106. Distribución Normal para el valor antropométrico: Altura hombro- asiento.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



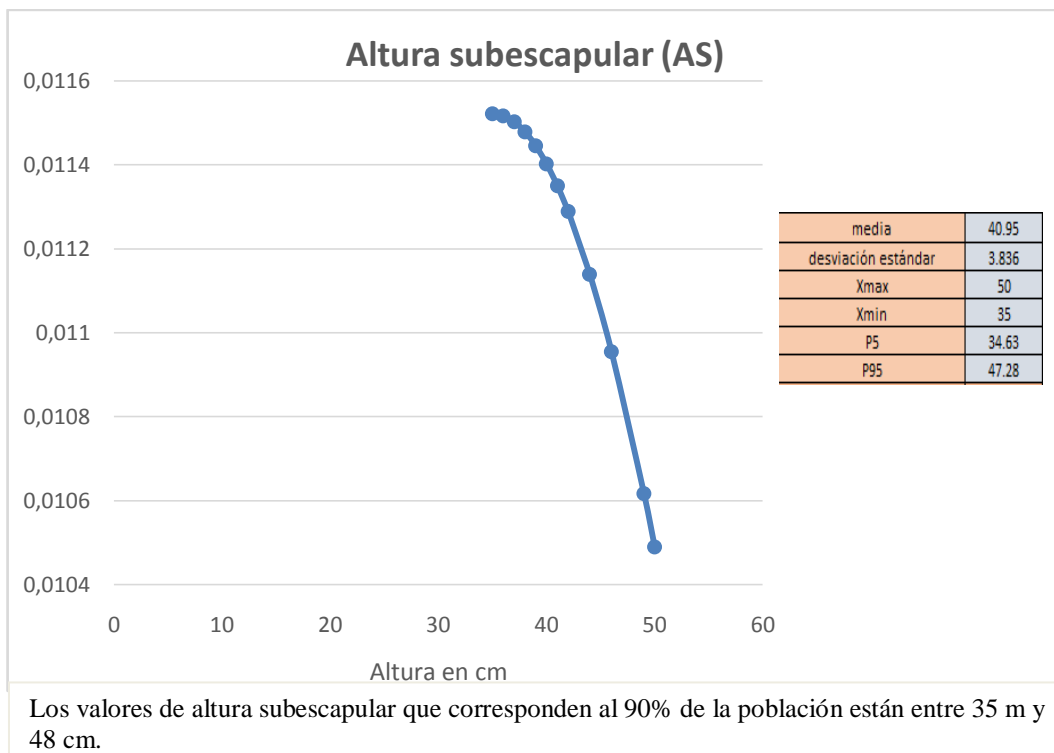
El rango de medidas en anchura de hombros del 9ª% de la población está entre 37 cm y 56 cm.

**Gráfico N° 107. Distribución Normal para el valor antropométrico: Anchura de hombros.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

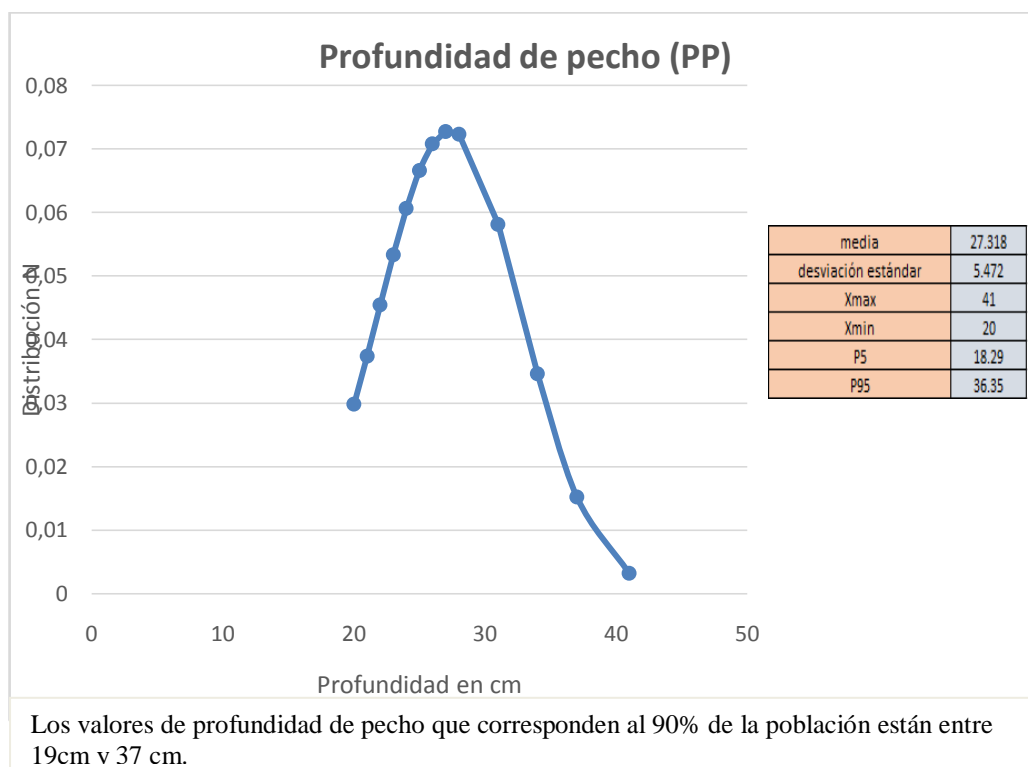


Los valores de altura codo-asiento que corresponden al 90% de la población están entre 15cm y 28 cm.

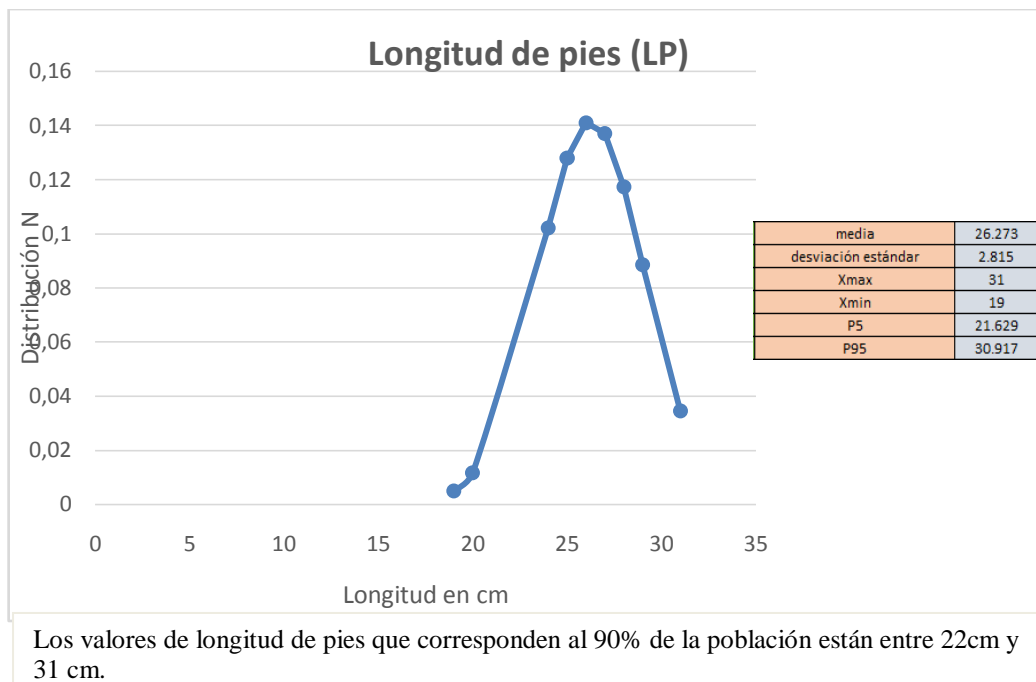
**Gráfico N° 108. Distribución Normal para el valor antropométrico: Altura codo- asiento.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



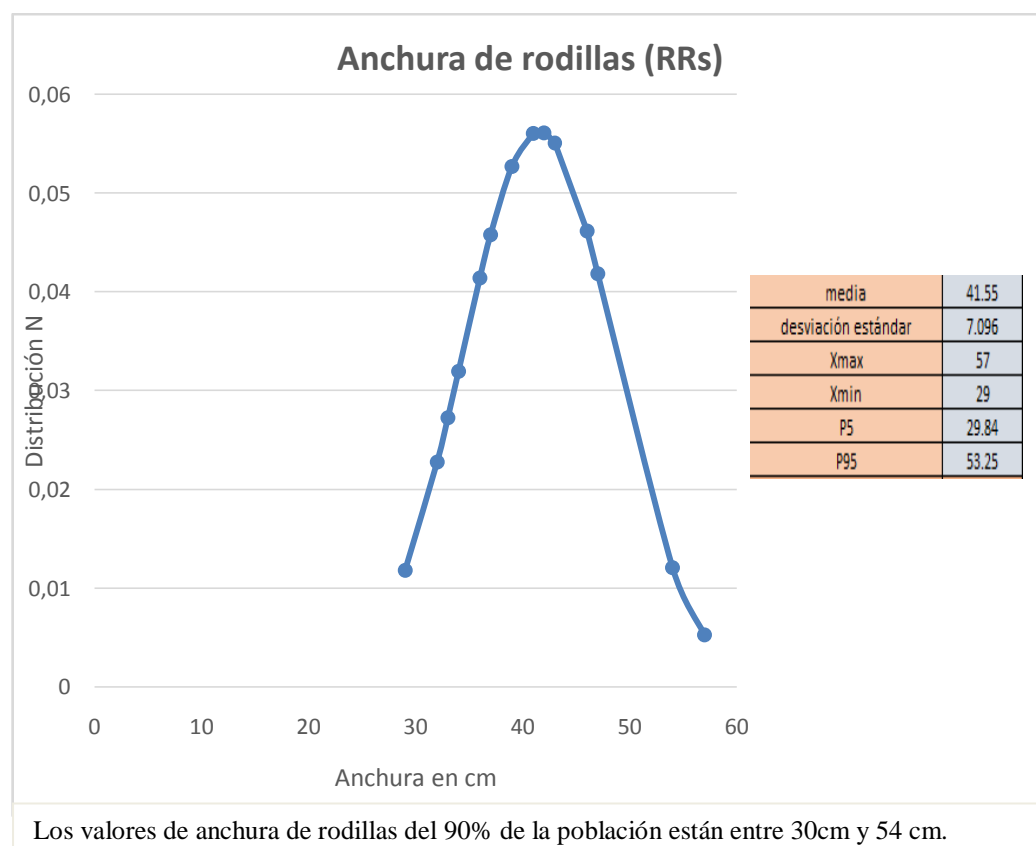
**Gráfico N° 109. Distribución Normal para el valor antropométrico: Altura subescapular.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



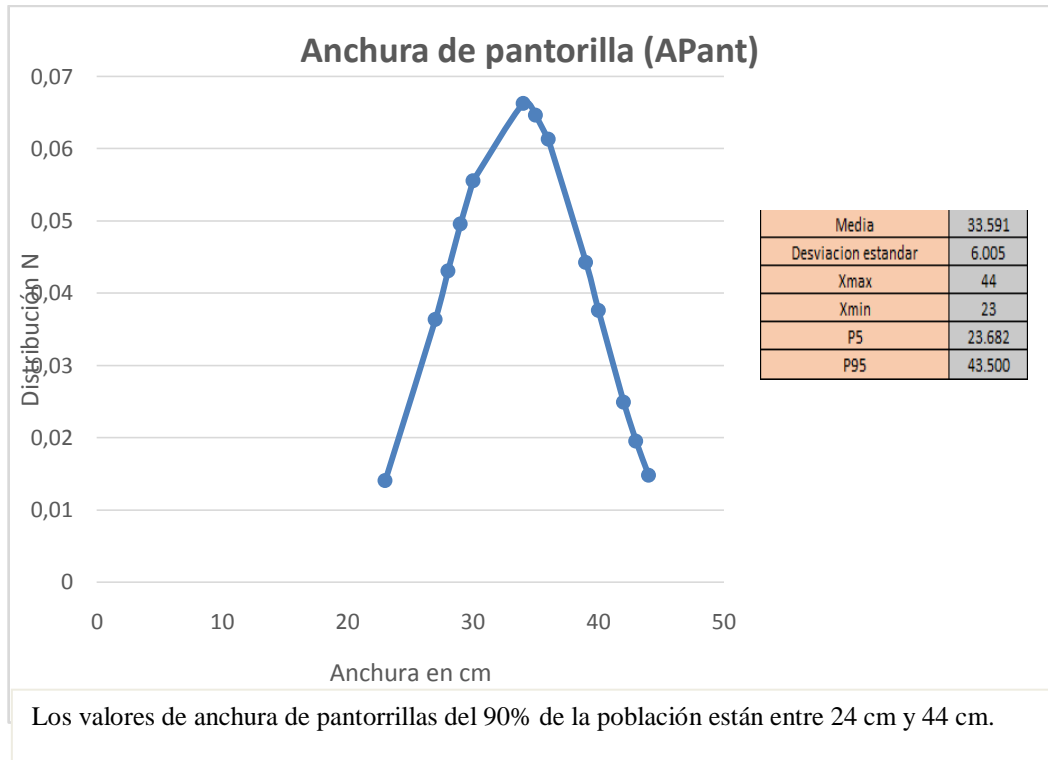
**Gráfico N° 110. Distribución Normal para el valor antropométrico: Profundidad de pecho.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



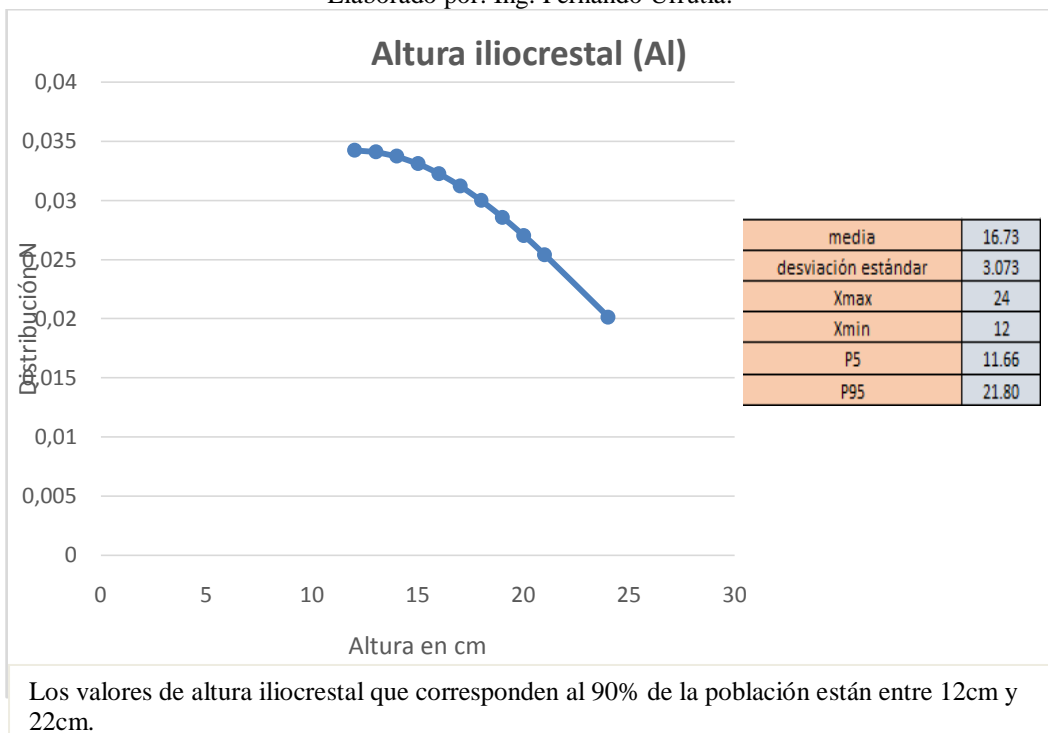
**Gráfico N° 111. Distribución Normal para el valor antropométrico: Longitud de pies.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



**Gráfico N° 112. Distribución Normal para el valor antropométrico: Anchura de rodilla.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

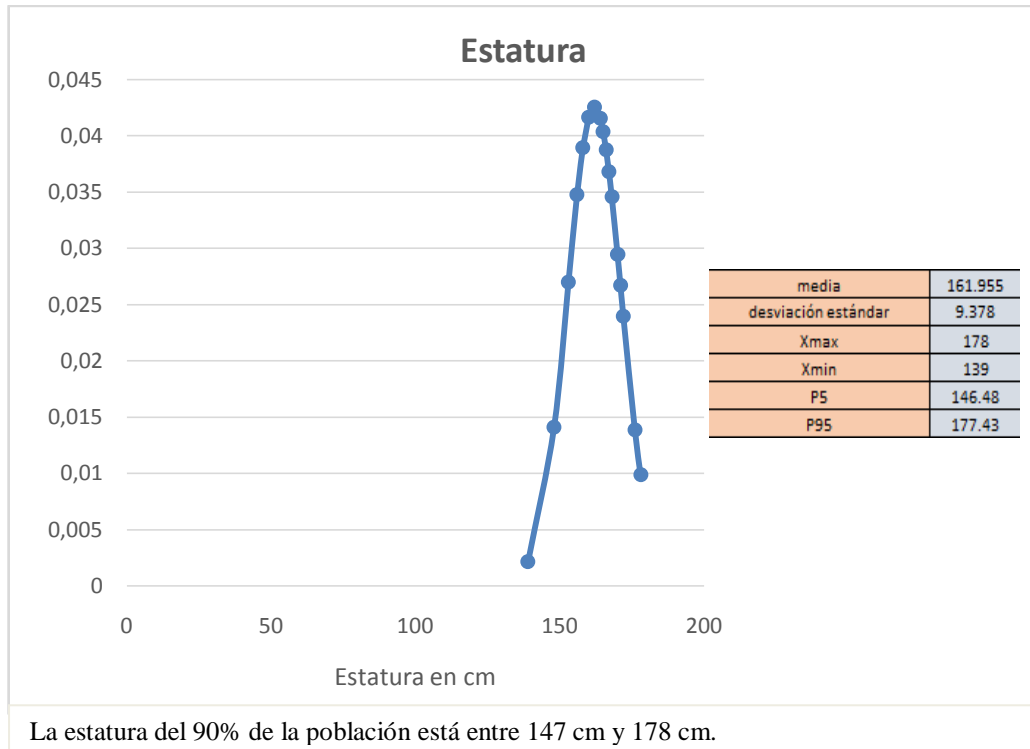


**Gráfico N° 113. Distribución normal para el valor antropométrico: Anchura de pantorrilla.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

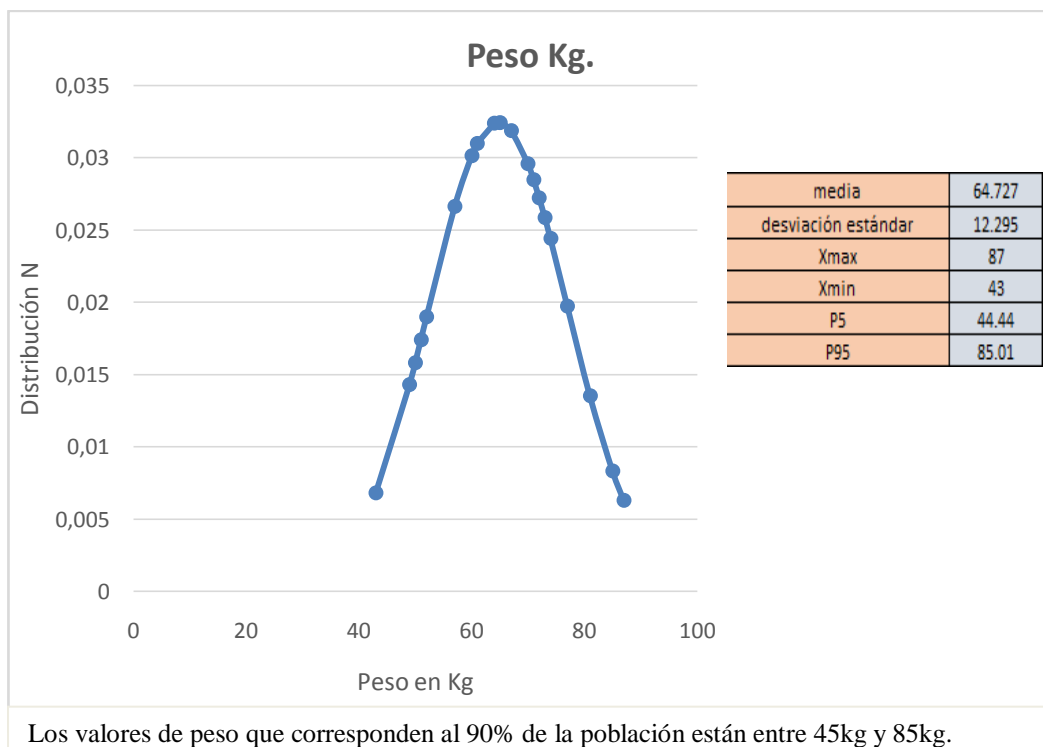


**Gráfico N° 114. Distribución normal para el valor antropométrico: Altura iliocrestal.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.





**Gráfico N° 115. Distribución normal para el valor antropométrico: Estatura.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



**Gráfico N° 116. Distribución normal para el valor antropométrico: Peso.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

## **6.7.2. Empleo del método de preferencia de los usuarios de la silla.**

### **Método de Kano.**

Con la finalidad de cuantificar las preferencias de los usuarios de la silla de ruedas a diseñar se utilizará el método de Kano, que es una herramienta de la gestión de la calidad que facilita las decisiones de diseño de productos.

El método de Kano, se aplica en tres etapas que permiten determinar parámetros relacionados con las características de diseño que se describen a continuación.

#### **a. Identificación de los requerimientos para el producto.**

En el cuestionario para aplicar el Método de Kano se incluyeron 20 requerimientos que en su contenido y análisis implican características de la silla de ruedas, se agrupan los requerimientos en 5 subconjuntos: (1) capacidades, (2) materiales de construcción, (3) tipos de ruedas y frenos, (4) soportes de seguridad y (5) adaptabilidad. A continuación se incluye un listado de los requerimientos evaluados:

1. Capacidad de bipedestación.
2. Sistema eléctrico de bipedestación.
3. Sistema manual de bipedestación.
4. Estructura de la silla de hierro.
5. Estructura de la silla de aluminio.
6. Ruedas con radios de aluminio.
7. Ruedas con radios de plástico.
8. Ruedas macizas.
9. Ruedas neumáticas.
10. Silla con 4 ruedas.
11. Silla con 6 ruedas.
12. Sistema de freno en 1 rueda.
13. Sistema de freno en 2 ruedas.
14. Capacidad de regulación del respaldar.
15. Soporte de seguridad en abdomen y pelvis.
16. Soporte de seguridad en las canillas.
17. Soporte de seguridad en las rodillas.

18. Soporte de seguridad en el empeine.
19. Soporte de seguridad en los talones.
20. Adaptabilidad a estatura y contextura.

## **b. Construcción del cuestionario de Kano.**

La construcción de un buen cuestionario es la clave del estudio ya que la inclusión de preguntas irrelevantes o mal planteadas no dará resultados satisfactorios (Yacuzzi y Martín, 2002). La Gráfica 117 muestra la página de presentación. La Gráfica 118 que corresponde al 1º requerimiento que es capacidad de bipedestación, se muestra como un ejemplo de los 20 requerimientos planteados. En esta Gráfica 118 se observan las preguntas relacionadas con la ponderación e importancia que el usuario de la silla de ruedas atribuye a la capacidad de bipedestación: una funcional, una disfuncional y una que evalúa la importancia otorgada al requerimiento a fin de complementar el análisis de los resultados (Urrutia, 2015). Los otros diecinueve requerimientos de la entrevista se presentan después en los anexos.



**Gráfico N° 117. Portada de presentación de la entrevista.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



### 1. REQUERIMIENTO: Capacidad de bipedestación.

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de ruedas con capacidad de bipedestación?  
¿Cómo se sentiría usted si NO utiliza una silla de ruedas con capacidad de bipedestación?

Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de ruedas con capacidad de bipedestación?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si NO utiliza una silla de ruedas con capacidad de bipedestación?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada



Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremo importante				
	←-----→								
Capacidad de Bipedestación	1	2	3	4	5	6	7	8	9



Gráfico N° 118. Preguntas relacionadas al requerimiento 1. Capacidad de bipedestación. Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

Las respuestas correspondientes a cada usuario se recolectan utilizando el formato de dos páginas que se muestra en la Gráfica 119 y Gráfica 120. La primera página recopila información relacionada con los datos personales, de contacto y de disponibilidad para la realización de las mediciones antropométricas, en la segunda hoja se encuentran las respuestas a la pregunta funcional, disfuncional y de valoración de importancia para cada requerimiento.

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Sexo: Masculino  Femenino  Fecha de nacimiento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ (dd/mm/aa)

Edad: \_\_\_\_\_ Nivel de estudios: \_\_\_\_\_

Estado civil: \_\_\_\_\_

Dirección domiciliaria: \_\_\_\_\_

Números de teléfono: \_\_\_\_\_

Trabaja: Si  No

Ocupación: \_\_\_\_\_

Lugar de trabajo: \_\_\_\_\_

Dirección de trabajo: \_\_\_\_\_

Número de teléfono trabajo: \_\_\_\_\_

Causa por la que usa silla de ruedas:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Disponibilidad para realizar sesión de medidas antropométricas**

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Mañana 6-8	Mañana 8-10	Mañana 10-12	Medio día 12-2	Tarde 2-5	Tarde 5-7	Noche 7-9

Donde se podría realizar esta sesión:

Casa  UTA  Otro: \_\_\_\_\_

Gráfico N° 119. Página de respuesta 1 de la entrevista. Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

TABLA DE RESPUESTAS																						
1	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	SI	1	2	3	4	5	NO	1	2	3	4	5	IMPORTANCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9

**Gráfico N° 120. Página de repuestas 2 de la entrevista. Tabla de respuesta para las preguntas de los requerimientos.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**Aplicación de la entrevista al usuario.**

Dentro del proceso de adquisición de datos se realizan las entrevistas a los potenciales usuarios de una silla de ruedas de bipedestación, se utilizan las preguntas incluidas en el cuestionario, éstas son tratadas en un programa de computación que permite automatizar el procesamiento estadístico.

En las imágenes de la Gráfica 121 se observan algunas de las visitas a las personas que formaron parte del estudio y que han dado su consentimiento para el uso de las imágenes en esta investigación.

La ayuda del programa de computación permite el reconocimiento y lectura de imágenes escaneadas por cada tabla de respuesta llenada por cada usuario, creándose una base de datos. El programa informático posee una interfaz donde se ingresan los datos personales y de la encuesta, realiza los cálculos y presenta tablas y gráficos en los que se presentan los resultados: por ejemplo permite filtrar por rango de edad, sexo, origen de la discapacidad y nivel de ingresos.



**Gráfico N° 121. Imágenes de las entrevistas y mediciones realizadas.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutía.

La Gráfica 122 muestra pantallas contenidas en el programa: (a) datos del usuario, (b) resultados obtenidos para los 22 entrevistados, (c) resultados filtrados para usuarios de sexo masculino.

 The screenshot shows a software window titled "Ingreso de Encuestados". It contains a form with the following fields:
 

- Cédula: [text input]
- Nombres: [text input]
- Apellidos: [text input]
- Sexo: [dropdown menu, selected "Masculino"]
- Edad: [text input]
- Causa de Discapacidad: [dropdown menu, selected "Sección medular"]
- Estado Civil: [dropdown menu, selected "Soltero"]
- Dirección Domiciliaria: [text input]
- Número de Teléfono: [text input]
- Trabaja: [dropdown menu, selected "No"]
- Lugar de Trabajo: [text input]
- Dirección de Trabajo: [text input]
- Número de Teléfono Trabajo: [text input]
- Carnet Conadis: [text input]
- Talla: [text input]
- Peso: [text input]
- Fecha de Nacimiento: [calendar icon, selected "03-jun-2015"]
- Nivel de Estudios: [text input]
- Años usando silla de ruedas: [text input]
- ¿Puede mover el tronco?: [dropdown menu, selected "Si"]
- Ocupación: [text input]
- Historia Clínica: [text area]
- Salario: [dropdown menu, selected "0-100"]

 There are also icons for a camera and a user profile in the top right corner, and a blue person icon on the right side of the form.

Estadísticas

Filtrar Por

Item 1

Sexo

Edad

Causa de la discapacidad

Edad de Inicio de la Discapacidad

N°Pregunta	Suma	Promedio	Atributo 1	Atributo 2	Atributo 3
2	51.0	8.5	50.0% U	33.33% D	16.67% I
15	51.0	8.5	83.33% U	16.67% I	
14	50.0	8.33	50.0% D	50.0% U	
13	49.0	8.17	66.67% U	33.33% D	
19	47.0	7.83	83.33% U	16.67% O	
20	47.0	7.83	83.33% U	16.67% Inv	
16	46.0	7.67	33.33% A	33.33% D	16.67% I
18	46.0	7.67	50.0% U	33.33% D	16.67% Inv
1	45.0	7.5	66.67% U	33.33% A	
8	44.0	7.33	33.33% A	33.33% No	16.67% D
17	44.0	7.33	50.0% U	33.33% Inv	16.67% O
22	40.0	6.67	50.0% U	33.33% I	16.67% Inv
6	39.0	6.5	33.33% A	33.33% Inv	16.67% I
5	37.0	6.17	66.67% U	33.33% D	
4	36.0	6.0	50.0% Inv	33.33% No	16.67% U
11	35.0	5.83	33.33% A	33.33% I	16.67% Inv
10	34.0	5.67	33.33% A	33.33% No	16.67% I

Estadísticas

Filtrar Por

Masculino

Masculino

Femenino

Sexo

Edad

Causa de la discapacidad

Edad de Inicio de la Discapacidad

N°Pregunta	Suma	Promedio	Atributo 1	Atributo 2	Atributo 3
2	42.0	8.4	50.0% U	16.67% D	16.67% I
14	42.0	8.4	50.0% U	33.33% D	
15	42.0	8.4	66.67% U	16.67% I	
13	41.0	8.2	66.67% U	16.67% D	
17	39.0	7.8	50.0% U	16.67% Inv	16.67% O
20	39.0	7.8	66.67% U	16.67% Inv	
16	38.0	7.6	33.33% A	16.67% D	16.67% I
18	38.0	7.6	50.0% U	16.67% D	16.67% Inv
19	38.0	7.6	66.67% U	16.67% O	
1	36.0	7.2	50.0% U	33.33% A	
8	35.0	7.0	33.33% A	16.67% D	16.67% No
22	35.0	7.0	50.0% U	16.67% I	16.67% Inv
5	34.0	6.8	66.67% U	16.67% D	
6	31.0	6.2	33.33% A	16.67% I	16.67% Inv
10	30.0	6.0	33.33% A	16.67% I	16.67% No
11	29.0	5.8	33.33% A	16.67% I	16.67% Inv
4	29.0	5.8	50.0% Inv	16.67% No	16.67% U

**Gráfico N° 122. Pantallas del programa informático.**  
Elaborado por: Ing Fernando Urrutia.

**Evaluación e interpretación de los resultados obtenidos de Kano**

Un resumen de los resultados más importantes una vez aplicado el método, y después del procesamiento estadístico de datos se sintetizan en la Tabla 86, esta recopilación presenta ordenadamente solo los 11 datos primeros, según el promedio de la importancia que los usuarios consultados le asignaron a los requerimientos.

**Tabla N° 86. Síntesis de resultados.**

Req	A	O	U	Inv	D	I	Total	Atr	%	Imp
1	12	2	7	0	0	2	23	A	52	8,0
14	7	1	13	0	0	2	23	U	57	7,9
20	11	2	9	0	0	1	23	A	48	7,9
13	7	2	14	0	0	0	23	U	61	7,7
15	5	0	17	1	0	0	23	U	74	7,7
17	2	1	10	2	1	7	23	U	43	7,6
2	6	1	13	2	0	1	23	U	57	7,5
18	7	4	8	1	0	3	23	U	35	7,5
16	6	1	10	2	1	3	23	U	43	7,3
10	6	0	5	2	0	10	23	I	43	7,2
19	9	2	10	1	0	1	23	U	43	7,1

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

Según los datos que se observan en la Tabla 86 se puede decir que:

- Ningún requerimiento fue valorado como obligatorio, esto confirma que el producto sobre el que se realizó la consulta (silla de ruedas de bipedestación) no es un producto básico.
- Los tres requerimientos valorados con mayor importancia (1, 14, 20) fueron: la capacidad de bipedestación, la posibilidad de reclinar el respaldo de la silla y la adaptabilidad a la estatura y el peso.
- Todos los requerimientos relacionados con sistemas de sujeción (15 a 19) están entre los de mayor importancia y clasificados como atributos unidimensionales.
- Que el sistema de bipedestación sea eléctrico (requerimiento 2) fue clasificado como atributo atractivo e importante.
- Los requerimientos relacionados con los materiales de construcción, y tipos y cantidad de ruedas no fueron valorados como importantes (valores menores a 7) y obtuvieron en su mayoría clasificaciones como atributos indiferentes e inversos.
- El atributo (Atr) asignado a cada requerimiento fue seleccionado en general por más de un 43% de los entrevistados lo que indica que la variabilidad de las respuestas fue baja, por lo que no generan dudas sobre su interpretación.



- Adicionalmente, en los atributos donde el porcentaje de selección estuvo alrededor del 40% las segundas opciones más seleccionadas varían entre unidimensionales y atractivos. Debido a que estos dos tipos de atributos serán incluidos en el diseño esta variabilidad no afecta la selección final de parámetros a ser incluidos en el diseño.

### **6.7.3. Características del diseño de la silla en función de la antropometría.**

Se analizan los resultados que presentan las curvas de distribución normal se observa que valores como máximos, mínimos, medios, se relacionan con los parámetros estadísticos: mediana, percentiles 5, 50 y 95; resultados que determinan los valores de los parámetros de diseño que deben ser incluidos en la silla de rueda ver Tabla 87. Adicionalmente en la Gráfica 123 se colocan sobre la figura humana los parámetros de diseño incluidos en la Tabla 87.

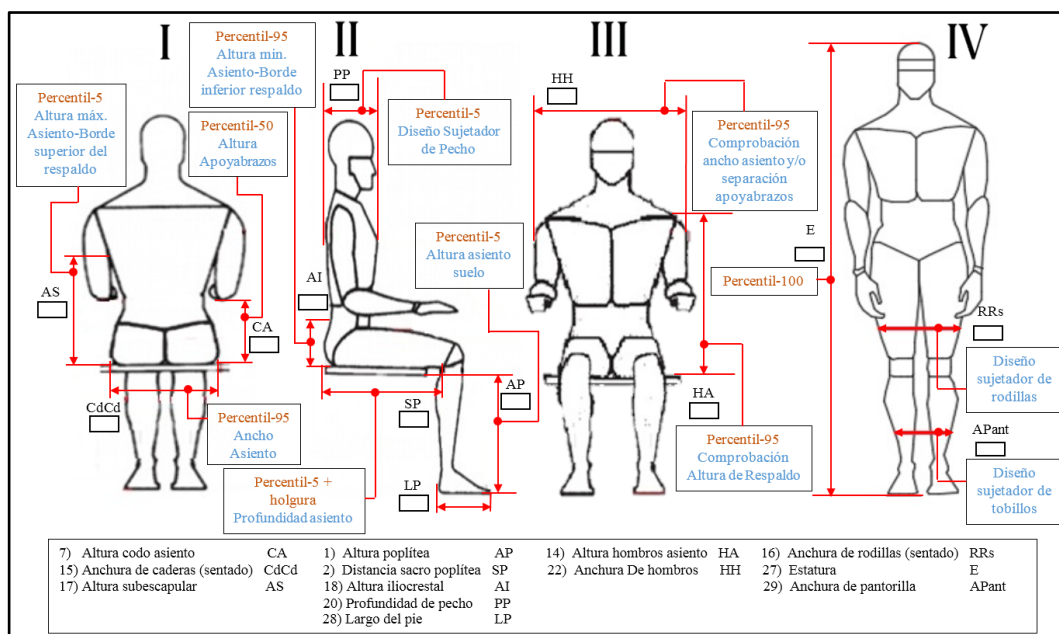
Algunos de los parámetros serán diseñados de posición variable para que abarquen un rango de posibilidades de los usuarios, como ejemplo y de mayor evidencia se observa el parámetro antropométrico que se relaciona con la altura del apoyabrazos: su diseño será de altura variable de tal manera que si se puede proyectar 3 posiciones regulables estas contengan el rango desde el valor correspondiente al percentil 5 hasta el 95; dando cabida a la adaptación del equipo a un alto porcentaje de usuarios.

Con base en los resultados de la encuesta se obtienen los requerimientos indicados por los usuarios; y utilizando los valores presentados en la Tabla 87 se diseñará una silla de ruedas de bipedestación a fin de obtener un producto esperado que satisfaga sus necesidades: (1) capacidad de regulación de ancho y alto para ajustarse a la estatura y contextura del usuario, (2) un mecanismo que permita variar la inclinación del respaldo, (3) un sistema de freno en al menos dos ruedas, (4) un sistema eléctrico para extender la silla de la posición sentado a la de pie y viceversa, (5) un sistemas de sujeción en pies, piernas y cintura.

**Tabla N° 87.- Valores de los parámetros de diseño acorde al estudio antropométrico realizado.**

Medida	Símbolo	Valor recomendado [Mondelo et al. 1999]	Valor recomendado [Panero y Zelnik, 1984]	Parámetro de diseño	Valor [cm]
Altura codo asiento	CA	Promedio ó mínimo	50 percentil	Altura apoyabrazos asiento	22
Anchura de caderas	CdCd	Máximo	95 percentil	Ancho asiento	51
Altura subescapular	AS	Mínimo	5 percentil	Altura máxima asiento borde superior del respaldo	35
Altura poplíteo	AP	Mínimo o ajuste con apoyapiés	5 percentil	Altura asiento suelo	32
Distancia sacro poplíteo	SP	Mínimo + holgura	5 percentil + holgura	Profundidad del asiento	41
Altura iliocrestal	AI	Máximo	95 percentil	Altura mínima asiento borde inferior del respaldo	22
Distancia codo codo	CdCd	Máximo	95 percentil	Separación entre apoya brazos	51
Altura de hombros	HA		95 percentil	Comprobación de la altura del asiento	69
Anchura de hombros	HH		95 percentil	Comprobación del ancho de asiento	56
Profundidad de pecho	PP		5 percentil	Diseño de seguridad del pecho	19
Estatura	E		100 percentil	Comprobación de extensión de la silla	178
Anchura de rodillas	RRs		95 percentil	Diseño de seguridad de rodillas	54
Anchura de pantorrillas	APant		95 percentil	Diseño de seguridad de pantorrillas	44

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

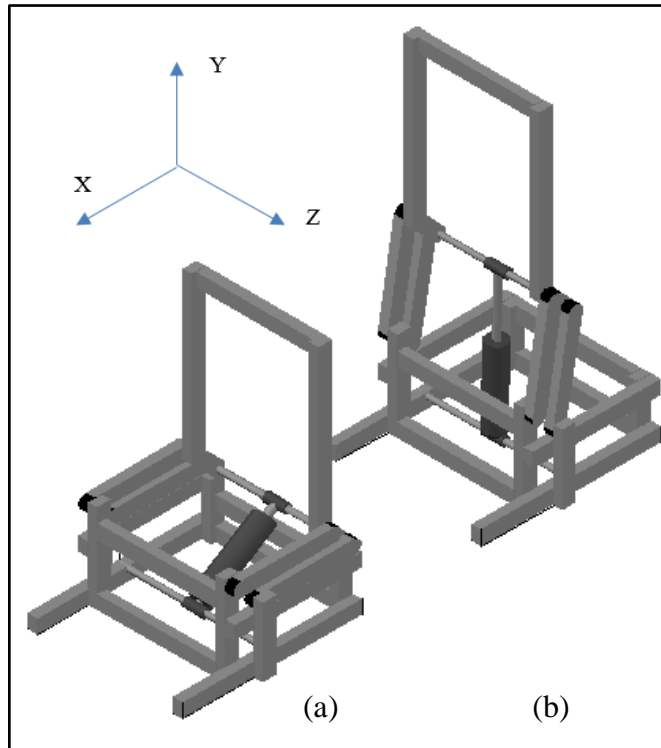


**Gráfico N° 123. Parámetros de diseño seleccionados.**  
 Fuente: Investigación bibliográfica (Yacuzzi y Martin, 2002).  
 Elaborado por: Ing Fernando Urrutia.

#### 6.7.4. Diseño mecánico del dispositivo de bipedestación

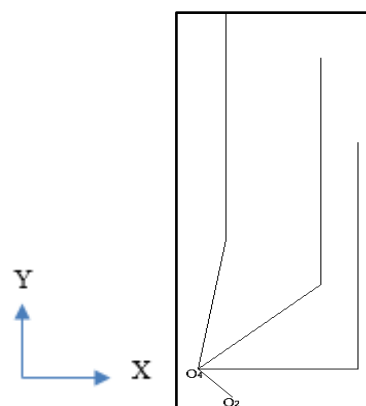
La Gráfica N°124 muestra el esquema de la armadura básica que se utiliza para el diseño y construcción de la silla de ruedas de bipedestación, en a) se analizará una silla, el asiento está ubicado horizontalmente, formando 90° se ubica el espaldar. En b) se analizará un bipedestador donde el asiento y el espaldar están ubicados en una misma línea vertical.

Partiendo de los parámetros de diseño obtenidos en el estudio antropométrico registrados en la tabla N° 87, se establecen las dimensiones correspondientes para el asiento y altura del espaldar. Además se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones: para la acción de bipedestación el ángulo del asiento varía de 0° hasta 80° aproximadamente; tomando como referencia los ángulos de 40° y 80° para posición media y máxima respectivamente. El espaldar no varía su ángulo. También se determina la ubicación del bastidor, tomándose una distancia entre juntas revolutas móviles de 12 cm en un ángulo de 135°. Partiendo de estos parámetros iniciales se procede a realizar una síntesis gráfica del mecanismo de bipedestación en 2 dimensiones, que se muestra en la Gráfica N°125.



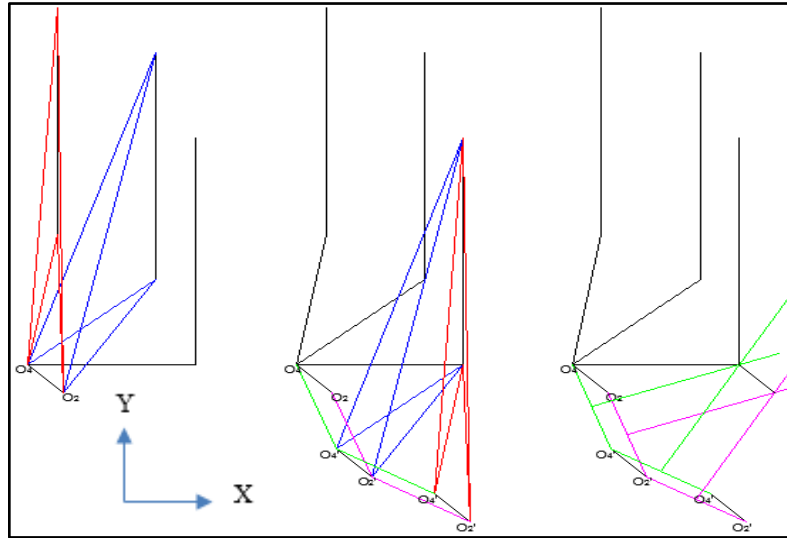
**Gráfico N° 124. Mecanismo bipedestador. (a) asiento horizontal, (b) asiento vertical.**  
Elaborado por: Ing Fernando Urrutia.

**Síntesis gráfica básica del mecanismo para esquematizar el bipedestador**



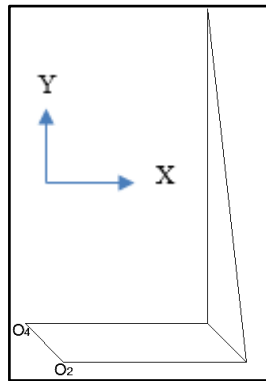
**Gráfico N° 125. Síntesis del mecanismo bipedestador en 2D.**  
Elaborado por: Ing Fernando Urrutia.

La Gráfica N°126 corresponde a otra síntesis gráfica de tres posiciones con pivotes fijos, para la obtención de un mecanismo de cuatro barras que pase por dichas posiciones previamente planteadas.



**Gráfico N° 126. Síntesis gráfica de 3 posiciones con pivotes fijos.**  
Elaborado por: Ing Fernando Urrutia.

Como resultado del proceso de síntesis gráfica de eslabonamientos se ha obtenido, un mecanismo de cuatro barras correspondiente a un paralelogramo, tal como se muestra en la Gráfica N° 127.



**Gráfico N° 127. Mecanismo resultante de la síntesis gráfica (Paralelogramo).**  
Elaborado por: Ing Fernando Urrutia.

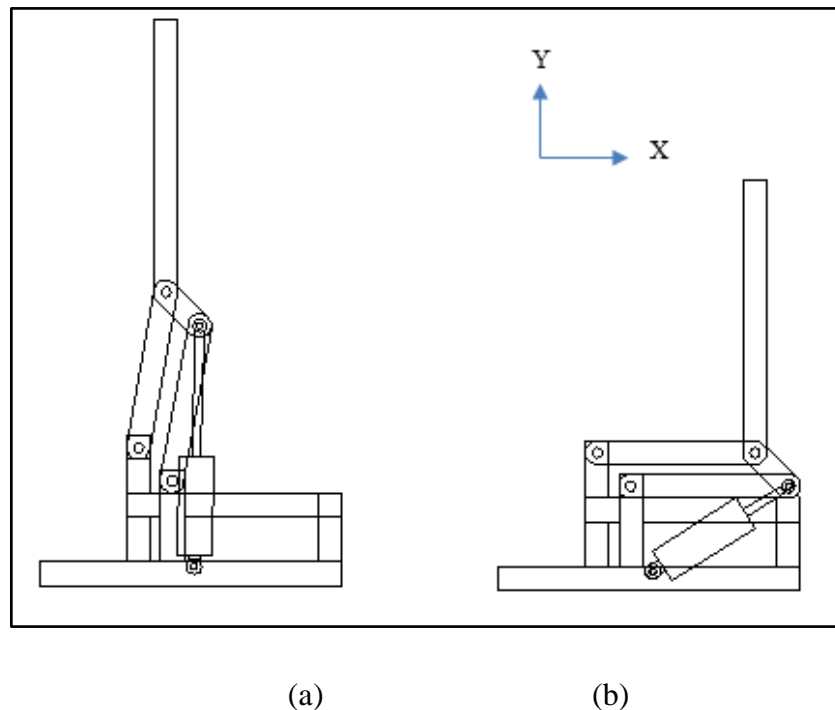
El mecanismo resultante se ubicará en un bastidor acoplable geoméricamente con el mismo, empleándose las medidas antropométricas que recomienda el método de adaptación de puestos de trabajo obtenidas anteriormente y que se resumen en la tabla N° 87.

### Mecanismo actuador.

El análisis algebraico de posición para los eslabonamientos del mecanismo de bipedestación previamente sintetizado, establecerá un modelo cinemático que determinará el comportamiento del mismo para las distintas posiciones en su rango de entrada angular. Este análisis se ha contextualizado con el objetivo de integrar el eslabonamiento mecánico, las fuerzas externas que intervienen y las requeridas para la actuación del mismo.

A continuación se detalla el procedimiento efectuado para el análisis cinemático del mecanismo en su transición desde su posición inicial en la cual la persona se halla sentada, hasta la posición final en la cual se encontrará de pie. Este rango de movimiento se halla en función de *un elemento actuador*.

Para desempeñar el movimiento deseado para la bipedestación mediante el mecanismo, se ha seleccionado el uso de un actuador lineal hidráulico (cilindro hidráulico), en conjunto con una bomba hidráulica de doble de caudal fijo, activada mediante mando con pulsadores.

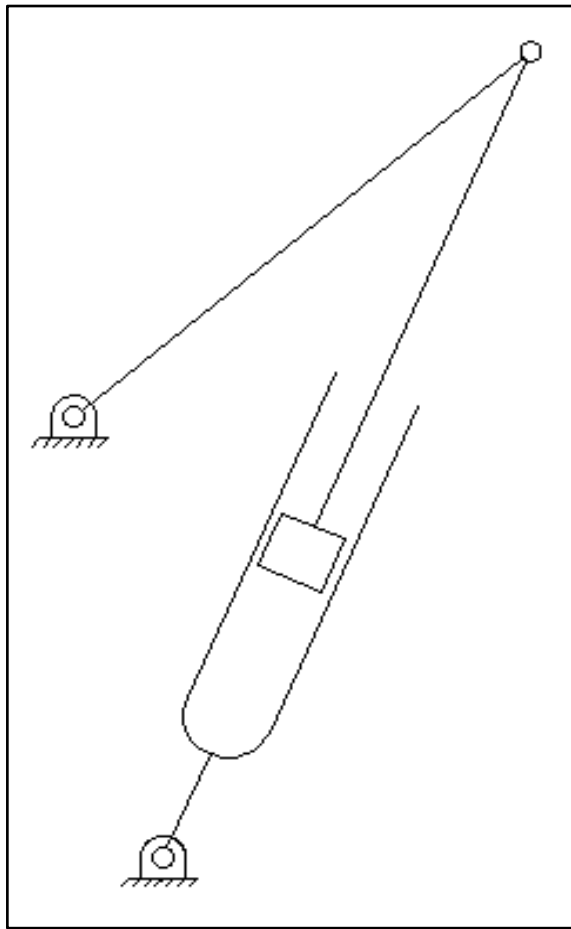


**Gráfico N° 128. Representación plana del mecanismo bipedestador + cilindro actuador. (a) posición final. (b) posición inicial.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**Mecanismo impulsor (cilindro actuador + bomba hidráulica + paralelogramo).**

La ubicación de un actuador lineal para el accionamiento del mecanismo, forma un segundo mecanismo impulsor, el cual se conforma por la ubicación del cilindro actuador en el bastidor y un brazo de palanca seleccionado en el mecanismo de cuatro barras o paralelogramo.







**Gráfico N° 129. Diagrama cinemático mecanismo actuador.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**– Selección de la bomba hidráulica.**

Para la selección de la bomba hidráulica, se han tomado en cuenta parámetros tales, como el caudal, la presión y su modo de activación, teniéndose como alternativas.

**Tabla N° 88.- Alternativas de bombas hidráulicas.**

BOMBAS HIDRÁULICAS					
	Unidad de potencia hidráulica MAXIM (12V DC, de doble efecto): 0,35 Caudal, 1,25 Qt. Tanque	Tipo de material Acero Peso del artículo 13 libras	Presión de funcionamiento 2500 psi	3.000 máx. RPM	PRECIO \$313,000
	NorTrac Unidad de potencia hidráulica 12 voltios de corriente continua - Ascensor-Hold-bajos Aplicaciones, Modelo # YBZ5-F2.1B1W2/ WUAAD1	Ampliación de la capacidad del depósito de 0,75 galones De alta resistencia de 12 voltios, motor de 2 HP	PSI: 2,900	3.000 máx. RPM	PRECIO \$300,00
	Unidad de potencia hidráulica maxim (12V DC, simple efecto): 22 L x W x 8 9.5 H, SAE 6 Puertos, 2500 PSI	El tanque de acero, simple efecto	2500 PSI	2600 rpm	PRECIO \$300,00
	NorTrac 12 Volt DC Hydraulic Power Unit — Lift-Hold-Lower Applications, Modelo# YBZ5-F2.1B1W2/WUAAT1	1.5 GPM	Presión de funcionamiento 2500 psi	3.000 máx. RPM	PRECIO \$330,000

Fuente: Investigación de campo: (Yacuzzi y Martin ,2002).  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

Entre las alternativas de bombas se ha seleccionado, NorTrac 12 Volt DC Hydraulic Power Unit — Lift-Hold-Lower Applications, Model# YBZ5-F2.1B1W2/WUAAT1 esta bomba con activación por pulsadores por motivo de simplificación de operación, la que tiene menor caudal para lograr un tiempo considerablemente largo en el recorrido del cilindro provocando que el movimiento del bipedestador sea uniforme y pausado para evitar cambios bruscos en la postura del usuario. Además esta bomba tiene la presión lo suficientemente alta para soportar las cargas a las cuales se verá sometido el mecanismo.

– **Selección del cilindro actuador.**

El cilindro actuador es un punto crítico en el funcionamiento del mecanismo bipedestador, ya que este es el elemento que transmitirá el movimiento a todo el conjunto, además, en función de las dimensiones del mismo se obtendrán los parámetros de entrada en el paralelogramo.



El dimensionamiento del mecanismo se ha relacionado en función de las variables cinemáticas del circuito hidráulico, encontrándose éstas a partir de las siguientes ecuaciones.

Volumen de fluido en el cilindro

$$Vol = \Delta r \cdot A \quad (5)$$

Velocidad de avance

$$V_{CIL} = \frac{Q}{A} \quad (6)$$


Tiempo de avance

$$t = \frac{Vol}{Q} \quad (7)$$

Fuerza entregada

$$F = P \cdot A \quad (8)$$

**Tabla N° 89.- Alternativas de cilindros actuadores.**

CILINDROS ACTUADORES DOBLE EFECTO													
	CARRERA		DIAMETRO VARILLA		RETRAIDA		EXTENDIDA		CARGA (LBS)		DIÁMETRO PISTON		
	PLG	CM	PLG	CM	PLG	CM	PLG	CM	LBS	KG	PLG	CM	
	8	20,32	1	2,54	15	38,10	23	58,4	5300	2404,06	1,5	3,81	
	10	25,40	1	2,54	17	43,18	27	68,6	5300	2404,06	1,5	3,81	
	12	30,48	1	2,54	19	48,26	31	78,7	5300	2404,06	1,5	3,81	
	16	40,64	2	5,08	25	63,50	41	104,1	7690	3488,16	4	10,16	
	20	50,80	1,25	3,18	28	71,12	48	121,9	9420	4272,88	3,5	8,89	
	36	91,44	1,25	3,18	44	111,76	80	203,20	4050	1837,07	2	5,08	
	42	106,68	1,25	3,18	50	127,00	92	233,68	3070	1392,54	2	5,08	
	48	121,92	1,25	3,18	56	142,24	104	264,16	2410	1093,17	1,25	3,18	
	60	152,40	1,25	3,18	68	172,72	128	325,12	1590	721,22	1,375	3,49	

Fuente: Investigación de campo: (Yacuzzi y Martin ,2002)

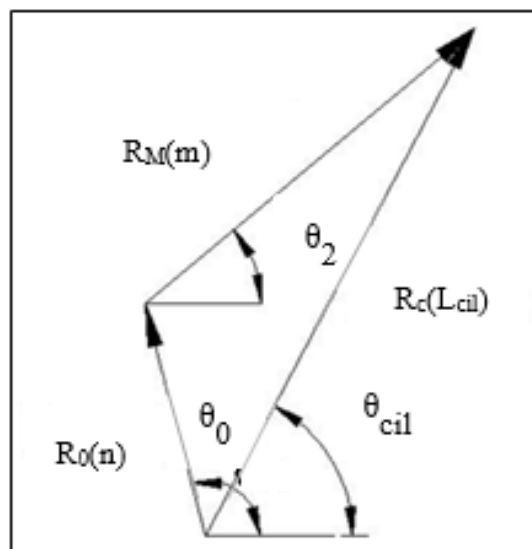
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2015)

Las dimensiones seleccionadas para el mecanismo actuador son debido a que éstas proporcionan un tiempo de 10 segundos en bipedestar, razón por la cual se selecciona un eje transmisor de 8,89 cm o 3,5 pulgadas, el eje seleccionado sería 20 plg. de carrera, la varilla interna sería de 1,75 plg. que sería la idónea para realizar la bipedestación en el tiempo estimado.

**Análisis cinemático del mecanismo actuador (posición, velocidad, aceleración en el cilindro).**

Para establecer la relación de entrada en el paralelogramo correspondiente al mecanismo de bipedestación, en función del desplazamiento del cilindro hidráulico, se ha realizado el modelamiento cinemático del mecanismo actuador, empleando el método vectorial (Norton, 2012).

– **Estudio de la posición del mecanismo actuador**



**Gráfico N° 130. Lazo vectorial de la parte actuadora.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia

Teniéndose como ecuación de cierre:

$$\vec{R}_M + \vec{R}_0 - \vec{R}_C = 0 \tag{9}$$

Sustituyendo la ecuación de cierre por su notación compleja:

$$m \cdot e^{i\theta_2} + n \cdot e^{i\theta_0} - L_{cil} \cdot e^{i\theta_{cil}} = 0$$

La ecuación de cierre vectorial, en notación compleja de Euler será expresada en función de sus componentes real e imaginaria, separándose en dos ecuaciones, a partir de las cuales se obtendrán los parámetros requeridos.

Parte Real

$$m \cdot \cos \theta_2 + n \cdot \cos \theta_0 - L_{Cil} \cdot \cos \theta_{Cil} = 0 \quad (10)$$

Parte Imaginaria

$$m \cdot \sen \theta_2 + n \cdot \sen \theta_0 - L_{Cil} \cdot \sen \theta_{Cil} = 0 \quad (11)$$

A partir de estas dos ecuaciones se identifican, aquellos parámetros determinados por longitudes constantes, o aquellos que dependen de la elongación del cilindro actuador, obteniéndose la siguiente clasificación;

Parámetros conocidos:  $m, n, L_{Cil}, \theta_0$

Parámetros desconocidos:  $\theta_{Cil}, \theta_2$

Para el sistema de ecuaciones y hallar las incógnitas, se ha procedido realizando diversos artificios y cambios de variables a fin de encontrar la ecuación solución de cada parámetro desconocido:

Cambio de variable 1:

$$k_C = \frac{L_{Cil}^2 - m^2 + n^2}{2n \cdot L_{Cil}}$$

Cambio de variable 2:

$$\cos \theta_{Cil} = \frac{1 - \tan\left(\frac{\theta_{Cil}}{2}\right)^2}{1 + \tan\left(\frac{\theta_{Cil}}{2}\right)^2} \quad \sen \theta_{Cil} = \frac{2 \tan\left(\frac{\theta_{Cil}}{2}\right)}{1 + \tan\left(\frac{\theta_{Cil}}{2}\right)^2}$$

$$x = \tan\left(\frac{\theta_{Cil}}{2}\right)$$

$$\cos \theta_{Cil} = \frac{1 - x^2}{1 + x^2} \quad \sen \theta_{Cil} = \frac{2x}{1 + x^2}$$

Cambio de variable 3:

$$A_C = k_C + \cos \theta_0$$

$$B_C = -2 \cdot \text{sen } \theta_0$$

$$C_C = k_C - \cos \theta_0$$

Siendo la ecuación obtenida correspondiente a la variación del ángulo del cilindro actuador en función del recorrido del mismo:

$$\theta_{cil} = 2 \cdot \tan^{-1} \left( \frac{-B_C \pm \sqrt{B_C^2 - 4 \cdot A_C \cdot C_C}}{2 \cdot A_C} \right) \quad (12)$$

Del mismo modo, partiendo de las ecuaciones (10) y (11), se procede a encontrar el ángulo del eslabón correspondiente a la entrada del mecanismo bipedestador, efectuándose la solución del sistema de ecuaciones, empleando artificios cambios de variables.

Cambio de variable 1:

$$k_0 = \frac{m^2 - L_{cil}^2 + n^2}{2m \cdot n}$$

Cambio de variable 2:

$$\cos \theta_2 = \frac{1 - \tan\left(\frac{\theta_2}{2}\right)^2}{1 + \tan\left(\frac{\theta_2}{2}\right)^2} \quad \text{sen } \theta_2 = \frac{2 \tan\left(\frac{\theta_2}{2}\right)}{1 + \tan\left(\frac{\theta_2}{2}\right)^2}$$

$$x = \tan\left(\frac{\theta_2}{2}\right)$$

$$\cos \theta_2 = \frac{1 - x^2}{1 + x^2} \quad \text{sen } \theta_2 = \frac{2x}{1 + x^2}$$

Cambio de variable 3:

$$A_0 = k_0 - \cos \theta_0$$

$$B_0 = 2 \cdot \text{sen } \theta_0$$

$$C_0 = k_0 + \cos \theta_0$$

Siendo la ecuación correspondiente al ángulo  $\theta_2$ , en función del recorrido del cilindro;

$$\theta_2 = 2 \cdot \tan^{-1} \left( \frac{-B_0 \pm \sqrt{B_0^2 - 4 \cdot A_0 \cdot C_0}}{2 \cdot A_0} \right) \quad (13)$$

De este modo se han obtenido los parámetros de posición respectivos del cilindro actuador; que servirán como variables de ingreso para la segunda parte del análisis correspondiente al paralelogramo. Sin embargo, el movimiento del cilindro a determinada velocidad, también provoca una función de la velocidad angular en el paralelogramo, así como una aceleración angular en el mismo, por ende, el análisis de velocidad y aceleración en el mecanismo actuador, es crítico para determinar completamente el modelo cinemático del mecanismo.

#### – Estudio de la velocidad del mecanismo actuador

Derivando la ecuación de cierre del mecanismo en su notación compleja, se obtendrá la ecuación de velocidad correspondiente al mismo:

$$m \cdot \omega_2 i e^{i\theta_2} - L_{Cil} \cdot \omega_{Cil} i e^{i\theta_{Cil}} - V_{Cil} \cdot e^{i\theta_{Cil}} = 0 \quad (14)$$

Separando sus componentes en dos ecuaciones

Parte Real

$$-m \cdot \omega_2 \text{sen } \theta_2 + L_{Cil} \cdot \omega_{Cil} \text{sen } \theta_{Cil} - V_{Cil} \cdot \cos \theta_{Cil} = 0 \quad (15)$$

Parte Imaginaria

$$m \cdot \omega_2 \cos \theta_2 - L_{Cil} \cdot \omega_{Cil} \cos \theta_{Cil} - V_{Cil} \cdot \text{sen } \theta_{Cil} = 0 \quad (16)$$

Determinando los parámetros conocidos desconocidos del mecanismo, algunos de estos son resultado del previo análisis de posición, siendo las incógnitas las velocidades angulares del cilindro la velocidad angular del eslabón de entrada del paralelogramo.

Parámetros conocidos:  $m, L_{Cil}, V_{Cil}, \theta_{Cil}, \theta_2$

Parámetros desconocidos:  $\omega_2, \omega_{Cil}$

Resolviendo el sistema de ecuaciones con (15) (16) para hallar la velocidad angular del cilindro en función de su recorrido

$$\omega_{Cil} = \frac{V_{Cil} \cos(\theta_{Cil} - \theta_2)}{L_{Cil} \cdot \text{sen}(\theta_{Cil} - \theta_2)} \quad (17)$$

Resolviendo del mismo modo para hallar  $\omega_2$

$$\omega_2 = \frac{V_{Cil}}{m \cdot \text{sen}(\theta_{Cil} - \theta_2)} \quad (18)$$

#### – Estudio de la aceleración del mecanismo actuador

En el caso de la aceleración del cilindro actuador, se entiende que el mismo parte del reposo y avanza en toda su carrea hasta detenerse, por lo cual se implica una aceleración lineal en el mismo, sin embargo, dicha aceleración depende enteramente del caudal de la bomba hidráulica, teniéndose que en su partida de reposo en tiempo al cual la velocidad llega a ser constante es muy pequeño, al igual que al momento de desacelera, por tanto, se idealizará el movimiento del cilindro con una velocidad constante.

Derivando la ecuación de cierre en notación compleja de la velocidad, hallamos la ecuación de la aceleración.

$$m \cdot \alpha_2 i e^{i\theta_2} - m \cdot \omega_2^2 e^{i\theta_2} - L_{Cil} \cdot \alpha_{Cil} i e^{i\theta_{Cil}} + L_{Cil} \cdot \omega_{Cil}^2 e^{i\theta_{Cil}} - 2V_{Cil} \cdot \omega_{Cil} i e^{i\theta_{Cil}} - A_{Cil} e^{i\theta_{Cil}} = 0 \quad (19)$$

Separando sus componentes real e imaginaria en dos ecuaciones:

Parte Real

$$\begin{aligned}
& -m \cdot \alpha_2 \operatorname{sen} \theta_2 - m \cdot \omega_2^2 \cos \theta_2 + L_{Cil} \cdot \alpha_{Cil} \operatorname{sen} \theta_{Cil} \\
& + L_{Cil} \cdot \omega_{Cil}^2 \cos \theta_{Cil} + 2V_{Cil} \cdot \omega_{Cil} \operatorname{sen} \theta_{Cil} - A_{Cil} \cos \theta_{Cil} = 0
\end{aligned} \tag{20}$$

Parte Imaginaria

$$\begin{aligned}
& m \cdot \alpha_2 \cos \theta_2 - m \cdot \omega_2^2 \operatorname{sen} \theta_2 - LC \cdot \alpha_C \cos \theta_C \\
& + LC \cdot \omega_C^2 \operatorname{sen} \theta_C - 2V_{LC} \cdot \omega_C \cos \theta_C - A_{LC} \operatorname{sen} \theta_C = 0
\end{aligned} \tag{21}$$

Determinando los parámetros:

Parámetros conocidos:  $m, LC, V_{LC}, \theta_C, \theta_2, A_{LC}, \omega_2, \omega_C$

Parámetros desconocidos:  $\alpha_2, \alpha_C$

Resolviendo el sistema de ecuaciones para hallar la aceleración angular del cilindro ( $\alpha_C$ ) en función de su carrera:

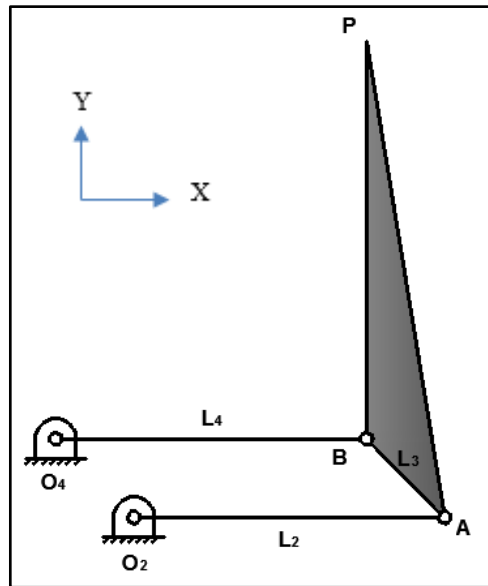
$$\alpha_C = \frac{m \cdot \omega_2^2 + A_{LC} \cos(\theta_C - \theta_2) - LC \cdot \omega_C^2 \cos(\theta_C - \theta_2) - 2V_{LC} \cdot \omega_C \operatorname{sen}(\theta_C - \theta_2)}{LC \cdot \operatorname{sen}(\theta_C - \theta_2)} \tag{22}$$

Del mismo modo para hallar  $\alpha_2$

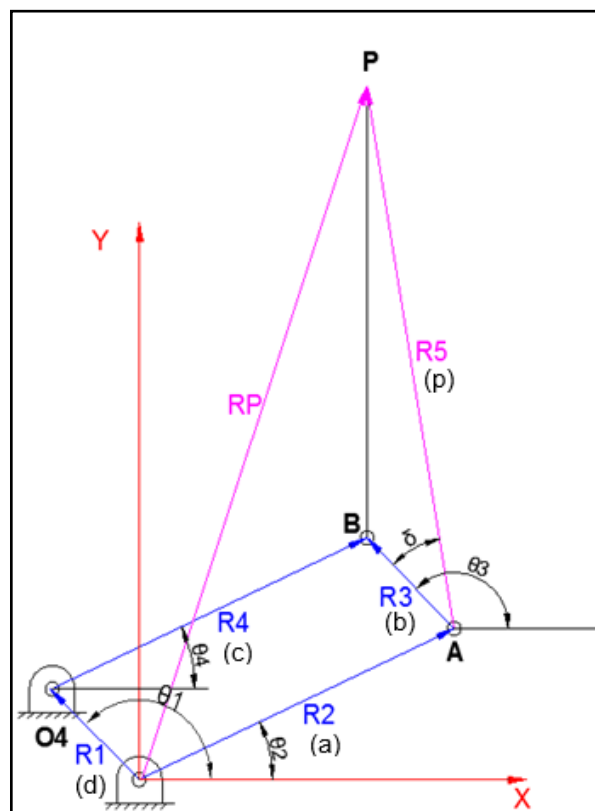
$$\alpha_2 = \frac{A_{LC} + m \cdot \omega_2^2 \cos(\theta_C - \theta_2) - LC \cdot \omega_C^2}{m \cdot \operatorname{sen}(\theta_C - \theta_2)} \tag{23}$$

Quedando de este modo establecidas las ecuaciones paramétricas del mecanismo cilindro actuador

**Análisis cinemático del mecanismo bipedestador de cuatro barras correspondiente a un paralelogramo (posición, velocidad, aceleración).**



**Gráfico N° 131. Diagrama cinemático del mecanismo bipedestador de paralelogramo.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



**Gráfico N° 132. Lazo cerrado de vectores posición del eslabonamiento.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



– Estudio de la posición del paralelogramo bipedestador

Ecuación de cierre (24)

$$\vec{R}_2 + \vec{R}_3 - \vec{R}_1 - \vec{R}_4 = 0$$

Sustitución de cada vector posición por su notación compleja

$$a \cdot e^{i\theta_2} + b \cdot e^{i\theta_3} - d \cdot e^{i\theta_1} - c \cdot e^{i\theta_4} = 0$$

Parte Real

$$a \cdot \cos \theta_2 + b \cdot \cos \theta_3 - d \cdot \cos \theta_1 - c \cdot \cos \theta_4 = 0$$

Parte Imaginaria

$$a \cdot \sin \theta_2 + b \cdot \sin \theta_3 - d \cdot \sin \theta_1 - c \cdot \sin \theta_4 = 0$$

Determinando los parámetros:

Parámetros conocidos:  $a, b, c, d, \theta_2, \theta_1$

Parámetros desconocidos:  $\theta_3, \theta_4$

Cambio de variable

$$k1 = \frac{a^2 + b^2 - c^2 + d^2}{2 \cdot b} \qquad k2 = \frac{ad}{b}$$

Cambio de variable

$$\cos \theta_3 = \frac{1 - \tan\left(\frac{\theta_3}{2}\right)^2}{1 + \tan\left(\frac{\theta_3}{2}\right)^2} \qquad \sin \theta_3 = \frac{2 \tan\left(\frac{\theta_3}{2}\right)}{1 + \tan\left(\frac{\theta_3}{2}\right)^2} \qquad x = \tan\left(\frac{\theta_3}{2}\right)$$

$$\cos \theta_3 = \frac{1-x^2}{1+x^2} \qquad \text{sen } \theta_3 = \frac{2x}{1+x^2}$$

Cambio de variable

$$A = k1 - a \cdot \cos \theta_2 - k2 \cdot \cos(\theta_2 - \theta_1) + d \cdot \cos \theta_1$$

$$B = 2 \cdot a \cdot \text{sen} \theta_2 - 2d \cdot \text{sen} \theta_1$$

$$C = k1 + a \cdot \cos \theta_2 - k2 \cdot \cos(\theta_2 - \theta_1) - d \cdot \cos \theta_1$$

$$\theta_3 = 2 \cdot \tan^{-1} \left( \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A} \right)$$

(El signo negativo del radical del discriminante se debe a que el mecanismo es de una configuración abierta.)

Cambio de variable

$$k3 = \frac{a^2 - b^2 + c^2 + d^2}{2 \cdot c} \qquad k4 = \frac{ad}{c}$$

Cambio de variable

$$\cos \theta_4 = \frac{1 - \tan^2 \left( \frac{\theta_4}{2} \right)}{1 + \tan^2 \left( \frac{\theta_4}{2} \right)} \qquad \text{sen } \theta_4 = \frac{2 \tan \left( \frac{\theta_4}{2} \right)}{1 + \tan^2 \left( \frac{\theta_4}{2} \right)}$$

$$x = \tan \left( \frac{\theta_4}{2} \right)$$

$$\cos \theta_3 = \frac{1-x^2}{1+x^2} \qquad \text{sen } \theta_3 = \frac{2x}{1+x^2}$$

Cambio de variable

$$D = k_3 - d \cos \theta_1 - k_4(\cos \theta_1 - \cos \theta_2) + a \cos \theta_2$$

$$E = 2d \cdot \operatorname{sen} \theta_1 - 2a \cdot \operatorname{sen} \theta_2$$

$$F = k_3 + d \cos \theta_1 - a \cos \theta_2 - k_4 \cdot \cos(\theta_2 - \theta_1)$$

$$\theta_4 = 2 \cdot \tan^{-1} \left( \frac{-E + \sqrt{E^2 - 4 \cdot D \cdot F}}{2 \cdot D} \right)$$

(El signo positivo del radical del discriminante se debe a que el mecanismo es de una configuración abierta.)

### Punto de interés

Ecuación de cierre

$$Rp = R_2 + R_5 \tag{25}$$

$$Rp = a \cdot e^{i\theta_2} + p \cdot e^{i(\theta_3 - \delta)}$$

$$Rpx = a \cos \theta_2 + p \cdot \cos(\theta_3 - \delta)$$

$$Rpy = a \sin \theta_2 + p \cdot \sin(\theta_3 - \delta)$$

### – Estudio de la velocidad del paralelogramo bipedestador

$$a \cdot \omega_2 \cdot i e^{i\theta_2} + b \cdot \omega_3 \cdot e^{i\theta_3} - c \cdot \omega_4 \cdot e^{i\theta_4} = 0 \tag{26}$$

Parte real

$$-a \cdot \omega_2 \operatorname{sen} \theta_2 - b \cdot \omega_3 \operatorname{sen} \theta_3 + c \cdot \omega_4 \operatorname{sen} \theta_4 = 0$$

Parte imaginaria

$$a \cdot \omega_2 \cos \theta_2 + b \cdot \omega_3 \cos \theta_3 - c \cdot \omega_4 \cos \theta_4 = 0$$

$$\omega_3 = \frac{a \cdot \omega_2 (\sin(\theta_2 - \theta_4))}{b \cdot \sin(\theta_4 - \theta_3)}$$

$$\omega_4 = \frac{a \cdot \omega_2 (\sin(\theta_2 - \theta_3))}{c \cdot \sin(\theta_4 - \theta_3)}$$

### Punto de interés

$$Vp = a \cdot \omega_2 i e^{i\theta_2} + p \cdot \omega_3 i e^{i(\theta_3 - \delta)} \quad (27)$$

$$Vpx = -a\omega_2 \sin \theta_2 - p\omega_3 \sin(\theta_3 - \delta)$$

$$Vpy = a\omega_2 \cos \theta_2 + p\omega_3 \cos(\theta_3 - \delta)$$

$$Vp = \sqrt{Vpx^2 + Vpy^2} \quad (28)$$

### – Estudio de la aceleración del paralelogramo bipedestador

$$a \cdot \alpha_2 \cdot i e^{i\theta_2} - a \cdot \omega_2^2 \cdot e^{i\theta_2} + b \cdot \alpha_3 \cdot i e^{i\theta_3} - b \cdot \omega_3^2 \cdot e^{i\theta_3} - c \cdot \alpha_4 \cdot i e^{i\theta_4} - c \cdot \omega_4^2 \cdot e^{i\theta_4} = 0 \quad (29)$$

#### Parte real

$$-a \cdot \alpha_2 \sin \theta_2 - a \cdot \omega_2^2 \cos \theta_2 - b \cdot \alpha_3 \sin \theta_3 - b \cdot \omega_3^2 \cos \theta_3 + c \cdot \alpha_4 \sin \theta_4 + c \cdot \omega_4^2 \cos \theta_4 = 0$$

#### Parte imaginaria

$$a \cdot \alpha_2 \cos \theta_2 - a \cdot \omega_2^2 \sin \theta_2 + b \cdot \alpha_3 \cos \theta_3 - b \cdot \omega_3^2 \sin \theta_3 - c \cdot \alpha_4 \cos \theta_4 + c \cdot \omega_4^2 \sin \theta_4 = 0$$

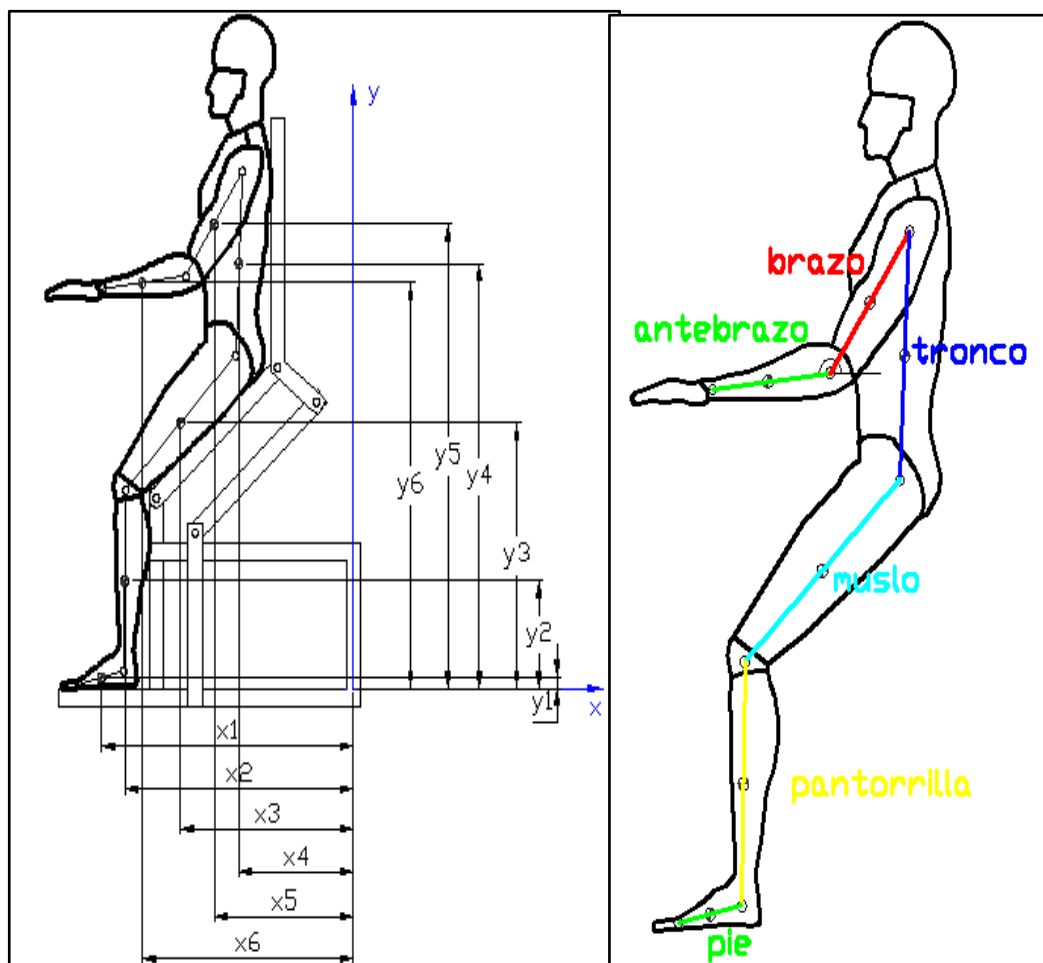
$$\alpha_3 = \frac{a \cdot \omega_2^2 \cos(\theta_4 - \theta_2) + b \cdot \omega_3^2 \cos(\theta_4 - \theta_3) - c \cdot \omega_4^2 - a \cdot \alpha_2 \sin(\theta_4 - \theta_2)}{b \cdot \sin(\theta_4 - \theta_3)}$$

$$\alpha_4 = \frac{a \cdot \omega_2^2 \cos(\theta_3 - \theta_2) + b \cdot \omega_3^2 - c \cdot \omega_4^2 \cos(\theta_4 - \theta_3) - a \cdot \alpha_2 \sin(\theta_3 - \theta_2)}{c \cdot \sin(\theta_4 - \theta_3)}$$

### Análisis biomecánico. Obtención de centros de gravedad.

Se aproximó la distancia de cada uno de los centros de gravedad de los segmentos corporales respecto a un sistema de referencia ubicado según la Gráfica N° 133. Empleándose estos datos en conjunto con las tablas proporcionadas por Dempster, Drillis y Cortini. El procedimiento utilizado se especifica en la Tabla N° 90.

- **Evaluación de centros de gravedad del cuerpo del usuario. Método de segmentos**



**Gráfico N° 133. Segmentación del cuerpo para centros de gravedad.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia,

**Tabla N° 90.- Determinación de centros de gravedad por segmentos.**

Segmento del cuerpo	Porcentaje peso Segmental %	Valor de la coordenada x	Producto (x)(%m)	Valor de la coordenada Y	Producto (x)(%m)
Pie	1.5%	x1	x1(1.5%)	y1	y1(1.5%)
Pantorrilla	4.3%	x2	x2(4.3%)	y2	y2(4.3%)
Muslo	10.3%	x3	x3(10.3%)	y3	y3(10.3%)
Tronco	50.7%	x4	x4(50.7%)	y4	y4(50.7%)
Brazo	2.6%	x5	x5(2.6%)	y5	y5(2.6%)
Antebrazo	1.6%	x6	x6(1.6%)	y6	y6(1.6%)
			$\sum x \cdot \%m$		$\sum y \cdot \%m$

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia. (2016)

Coordenadas del centro de gravedad del cuerpo respecto del sistema de referencia.

Coordenada

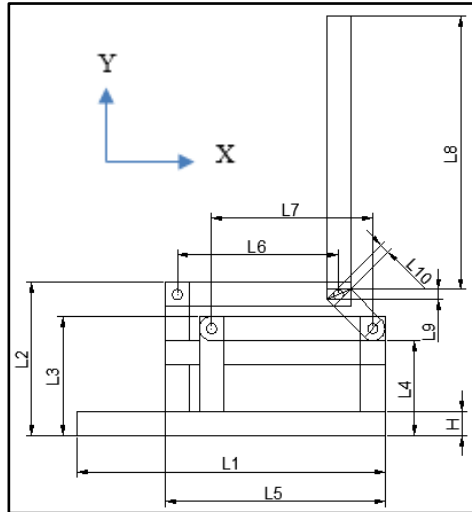
$$X = x_1(1.5\%) + x_2(4.3\%) + x_3(10.3\%) + x_4(50.7\%) + x_5(2.6\%) + x_6(1.6\%)$$

Coordenada

$$Y = y_1(1.5\%) + y_2(4.3\%) + y_3(10.3\%) + y_4(50.7\%) + y_5(2.6\%) + y_6(1.6\%)$$

**– Evaluación de centros de gravedad en el mecanismo bipedestador.**

La estructura del mecanismo de bipedestación, al poseer un desplazamiento de sus elementos, el centro de gravedad del conjunto sufre un desplazamiento, encontrar la trayectoria de dicho desplazamiento es un parámetro importante, ya que mediante este dato en conjunto con el centro de gravedad del cuerpo humano se puede determinar la estabilidad del bipedestador.



**Gráfico N° 134. Estructura del mecanismo de bipedestación.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

El procedimiento para encontrar el centro de gravedad va desde el cálculo de las áreas de cada una de las formas geométricas que conforman el conjunto, seguido de la localización de las coordenadas en x e y de cada una de estas áreas respecto al sistema de referencia tomado, encontrándose por último el centro de gravedad en sus componentes rectangulares.

$$CG_x = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

(30)

$$CG_y = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

(31)

- **Evaluación de las ecuaciones para calcular la variación de la carga desde el antebrazo hasta el apoyapiés.**

Mediante una comparativa analógica entre el cuerpo humano y una máquina compuesta por palancas, se ha aplicado ecuaciones de equilibrio de fuerzas para determinar las reacciones en cada articulación de la persona. El análisis del equilibrio parte desde la carga sostenida por el individuo en sus manos, siguiendo con las demás articulaciones respectivas del segmento corporal, hasta llegar a la fuerza normal ejercida a nivel del apoyapiés.

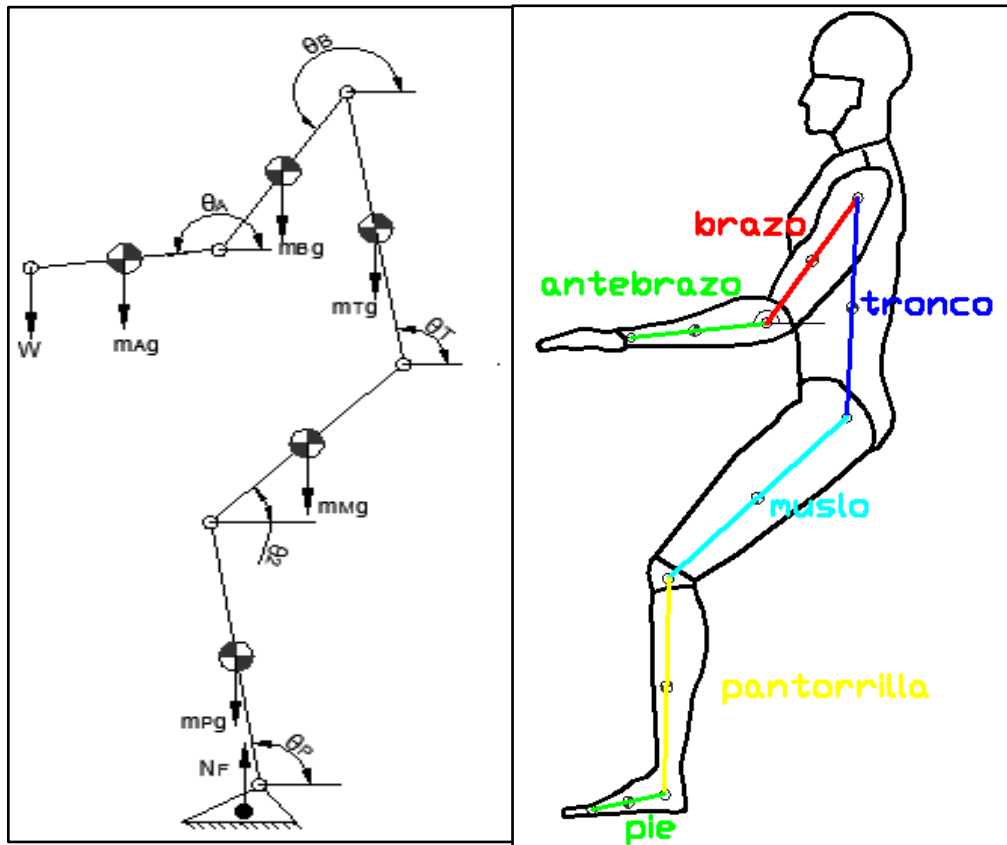


Gráfico N° 135. Cargas y ángulos por segmentos del cuerpo.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**Antebrazo.**

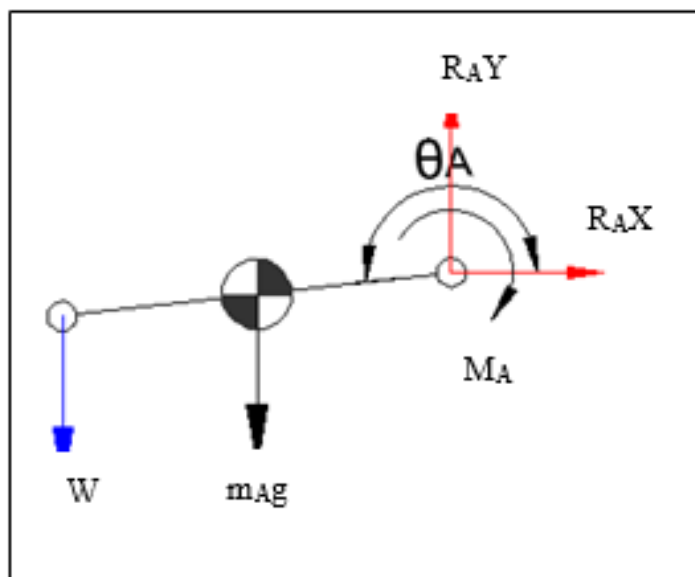


Gráfico N° 136. Cargas en el antebrazo.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



$$\sum F_x$$

$$R_{Ax} = 0 \tag{32}$$

$$\sum F_y$$

$$R_{Ay} - m_p \cdot g - W = 0 \tag{33}$$

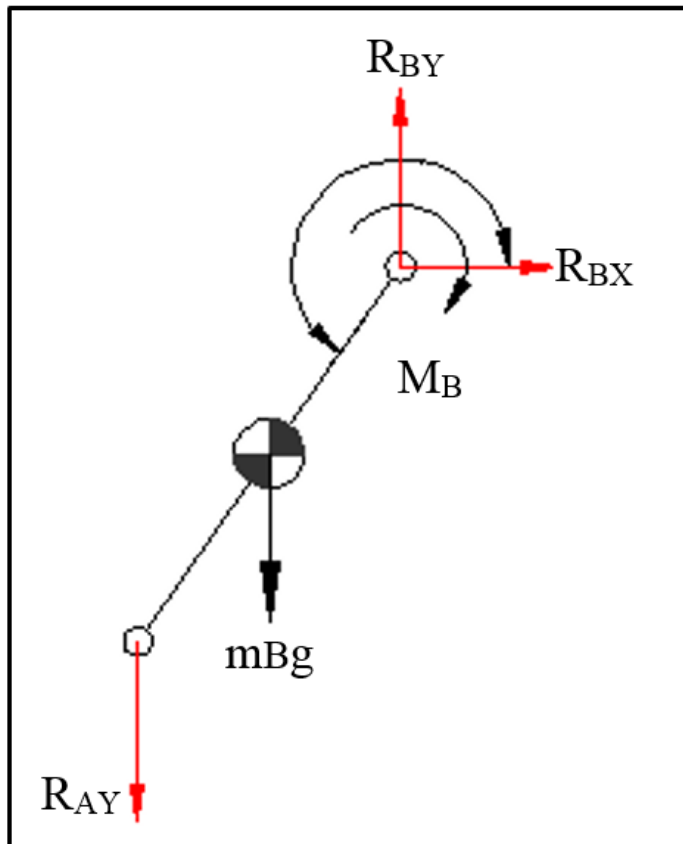
$$R_{Ay} = m_p \cdot g + W$$

$$\sum M = 0 \quad \text{Sentido horario (+)}$$

$$M_A - m_A \cdot g \cdot \frac{L_A}{2} \cdot \cos \theta_A - W \cdot L_A \cdot \cos \theta_A = 0 \tag{34}$$

$$M_A = \left| m_A \cdot g \cdot \frac{L_A}{2} \cdot \cos \theta_A \right| + \left| W \cdot L_A \cdot \cos \theta_A \right|$$

**Brazo**



**Gráfico N° 137. Cargas en el brazo.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

$$\sum F_x \tag{35}$$

$$R_{Ax} + R_{Bx} = 0$$

$$R_{Bx} = 0$$

$$\sum F_y$$

$$R_{By} - R_{Ay} - m_B \cdot g = 0 \tag{36}$$

$$R_{By} = m_B \cdot g + R_{Ay}$$

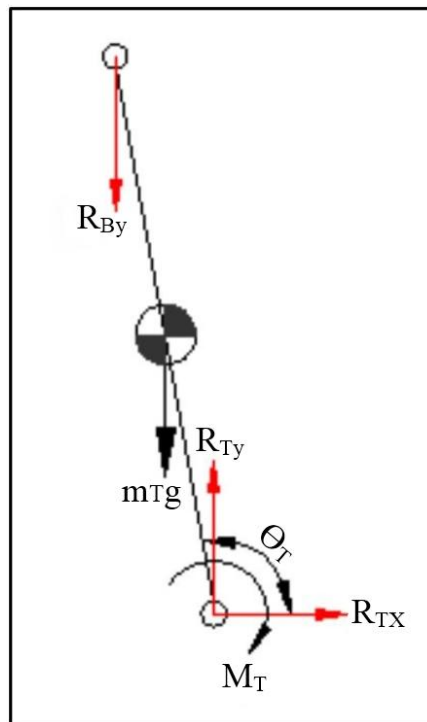
$$\sum M = 0 \quad \text{Sentido horario (+)}$$

$$M_B - m_B \cdot g \cdot \frac{L_B}{2} \cdot \cos \theta_B - R_{Ay} \cdot L_B \cdot \cos \theta_B = 0 \tag{37}$$

$$M_B = \left| m_B \cdot g \cdot \frac{L_B}{2} \cdot \cos \theta_B \right| + \left| R_{Ay} \cdot L_B \cdot \cos \theta_B \right|$$

### Tronco

En este segmento se añade el peso correspondiente al segmento corporal de la cabeza y el cuello.



**Gráfico N° 138. Cargas en el tronco.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

$$\sum F_x$$

$$R_T x + R_B x = 0 \quad (38)$$

$$R_T x = 0$$

$$\sum F_y$$

$$R_T y - R_B y - m_T \cdot g - m_{CC} \cdot g = 0 \quad (39)$$

$$R_T y = m_T \cdot g + m_{CC} \cdot g + R_B y$$

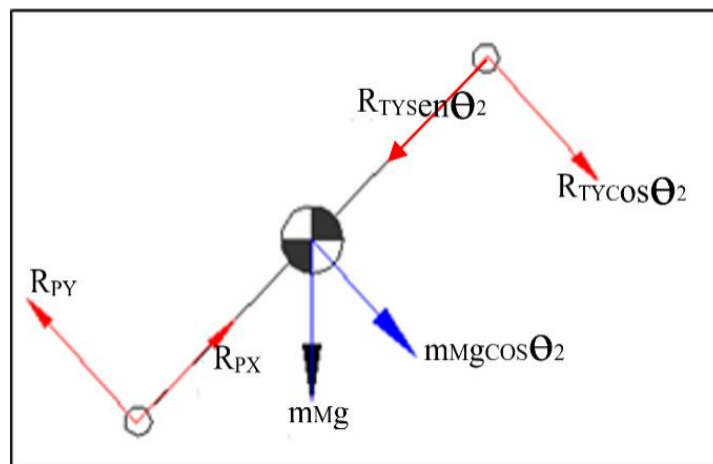
$$\sum M = 0 \quad \text{Sentido horario (+)}$$

$$M_T - m_T \cdot g \cdot \frac{L_T}{2} \cdot \cos \theta_T - R_B y \cdot L_T \cdot \cos \theta_T = 0 \quad (40)$$

$$M_T = \left| m_T \cdot g \cdot \frac{L_A}{2} \cdot \cos \theta_A \right| + \left| R_B y \cdot L_T \cdot \cos \theta_T \right|$$

### Muslo (Asiento)

En el análisis de equilibrio a nivel de los muslos del individuo se considera una rotación del sistema de referencia según la posición del impulsor, debido a que la fuerza a soportarse por la articulación se transfiere al asiento del dispositivo de bipedestación.



**Gráfico N° 139. Cargas en el muslo.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

$$\sum F_x$$

$$R_{p,x} - R_T y \cdot \text{sen } \theta_2 - m_M \cdot g \cdot \text{sen } \theta_2 = 0 \quad (41)$$

$$R_{p,x} = m_M \cdot g \cdot \text{sen } \theta_2 + R_T y \cdot \text{sen } \theta_2$$

$$\sum F_y$$

$$R_{p,y} - R_T y \cdot \text{cos } \theta_2 - m_M \cdot g \cdot \text{cos } \theta_2 = 0 \quad (42)$$

$$R_{p,y} = m_M \cdot g \cdot \text{cos } \theta_2 + R_T y \cdot \text{cos } \theta_2$$

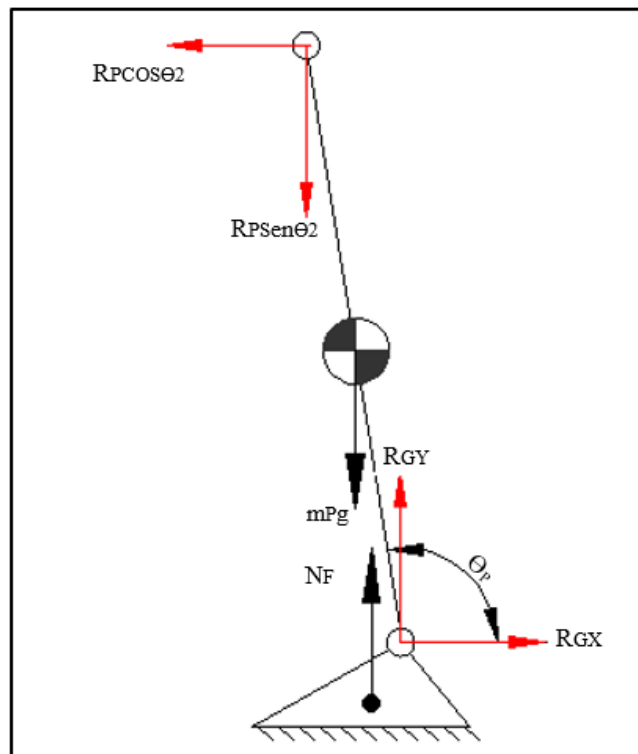
$$\sum M = 0 \quad \text{Sentido antihorario (+)}$$

$$M_M - m_M \cdot g \cdot \frac{L_M}{2} \cdot \text{cos } \theta_2 - R_T y \cdot L_M \cdot \text{cos } \theta_2 = 0 \quad (43)$$

$$M_M = m_M \cdot g \cdot \frac{L_M}{2} \cdot \text{cos } \theta_2 + R_T y \cdot L_M \cdot \text{cos } \theta_2$$

### Pantorrilla.

Posterior al análisis del segmento correspondiente al asiento del dispositivo bipedestador, el sistema de referencia se repositona a su configuración original, debido a que la carga ahora se ve soportada por el apoyapiés, por ende se ha reajustado las componentes respectivas de la fuerza transferida a esta sección.



**Gráfico N° 140. Cargas en la pantorrilla.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

$$\sum F_x$$

$$R_G x + \sqrt{R_p x^2 + R_p y^2} \cdot \cos \theta_2 = 0$$

$$R_G x = -\sqrt{R_p x^2 + R_p y^2} \cdot \cos \theta_2$$

$$\sum F_y$$

$$R_G y - \sqrt{R_p x^2 + R_p y^2} \cdot \sin \theta_2 - m_p \cdot g = 0$$

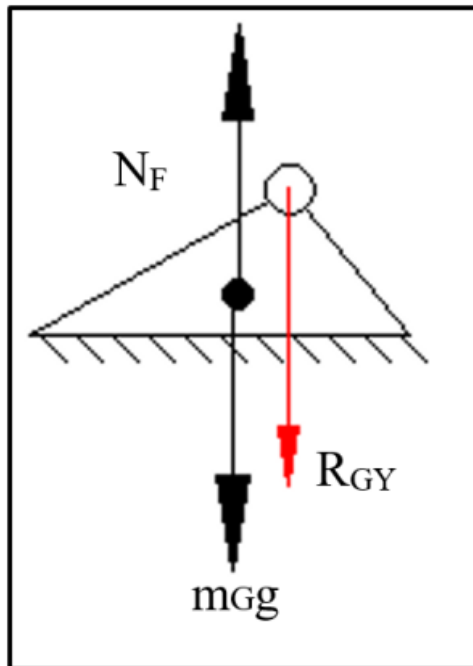
$$R_G y = m_p \cdot g + \sqrt{R_p x^2 + R_p y^2} \cdot \sin \theta_2$$

$$\sum M = 0 \quad \text{Sentido horario (+)}$$

$$M_G - m_p \cdot g \cdot \frac{L_p}{2} \cdot \cos \theta_p - \sqrt{R_p x^2 + R_p y^2} \cdot \sin \theta_2 \cdot L_p \cdot \cos \theta_p = 0$$

$$M_G = m_p \cdot g \cdot \frac{L_p}{2} \cdot \cos \theta_p + \sqrt{R_p x^2 + R_p y^2} \cdot \sin \theta_2 \cdot L_p \cdot \cos \theta_p$$

**Pie (Base)**



**Gráfico N° 141. Cargas en el pie.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutía.

$$\sum F_y$$

(47)

$$N - R_G y - m_G \cdot g = 0$$

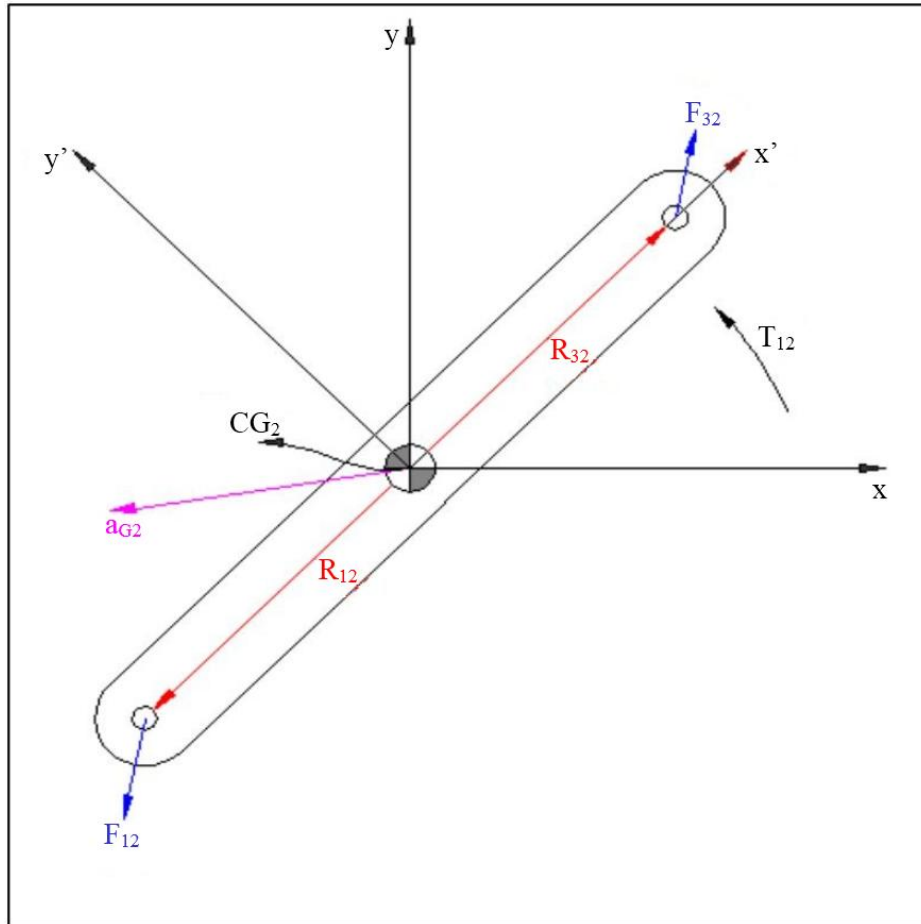
$$N = m_G \cdot g + R_G y$$

### **Análisis cinético (dinámico) de cargas (fuerzas y momentos)**

Mediante una solución cinética o dinámica inversa de fuerzas dinámicas del mecanismo de bipedestación, se determina las fuerzas y los pares de torsión requeridos para controlar el sistema cinemático mediante el método de solución Newtoniano. Aquellas magnitudes de fuerzas internas del mecanismo cambian según la posición del mismo, y la importancia de encontrarlas radica en el dimensionamiento mecánico de elementos y evitar la falla en pasadores y eslabones.

Un parámetro de selección obtenido mediante este análisis es el par de torsión T12 requerido para la selección de un actuador capaz de suministrar la potencia para elevar el mecanismo.

### **Examen cinético del eslabón 2.**



**Gráfico N° 142. Fuerzas y momentos en el eslabón 2.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

$$\Sigma F_y$$

$$F_{12}x + F_{32}x = m_2 a_{G_2}x \quad (48)$$

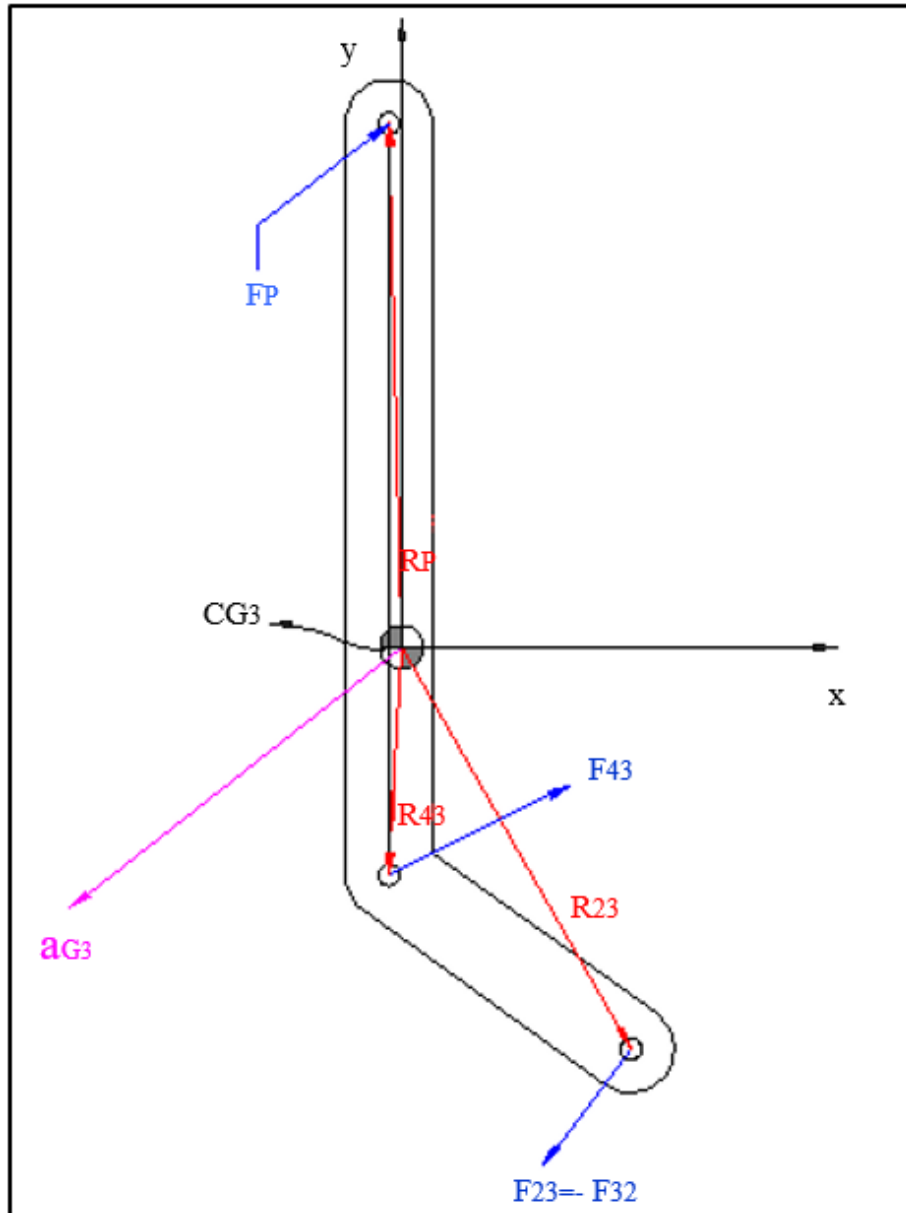
$$\Sigma F_y$$

$$F_{12}y + F_{32}y = m_2 a_{G_2}y \quad (49)$$

$$\Sigma T$$

$$T_{12} + (R_{12}x \cdot F_{12}y - R_{12}y \cdot F_{12}x) + (R_{32}x \cdot F_{32}y - R_{32}y \cdot F_{32}x) = I_{G_2} \alpha_2 \quad (50)$$

– **Examen cinético del eslabón 3.**



**Gráfico N° 143. Fuerzas y momentos en el eslabón 3.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

$$\Sigma F_x$$

$$F_{43x} - F_{32x} + F_{px} = m_3 a_{G_3x} \quad (51)$$

$$\Sigma F_y$$

$$F_{43y} - F_{32y} + F_{py} = m_3 a_{G_3y} \quad (52)$$

$$\Sigma T$$

$$(53)$$



$$(R_{43x} \cdot F_{43y} - R_{43y} \cdot F_{43x}) - (R_{32x} \cdot F_{32y} - R_{32y} \cdot F_{32x}) + (R_p x \cdot F_p y - R_p y \cdot F_p x) = I_{G_3} \alpha_3$$

La fuerza  $F_p$  es aquella que se ejerce sobre el espaldar, pudiendo o no existir debido a la acción del usuario del equipo.

– Examen cinético del eslabón 4.

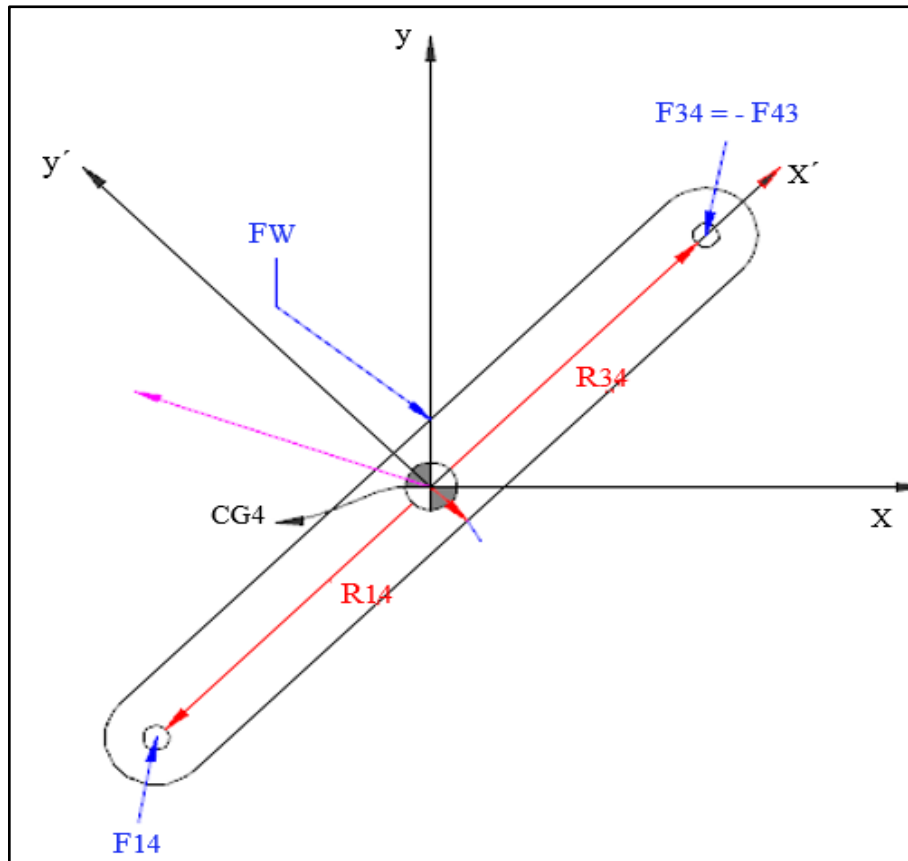


Gráfico N° 144. Fuerzas y momentos en el eslabón 4.  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

$$\Sigma F_y$$

$$F_{14x} - F_{43x} + F_w x = m_4 a_{G_4x} \quad (54)$$

$$\Sigma F_y$$

$$F_{14y} - F_{43y} + F_w y = m_4 a_{G_4y} \quad (55)$$

$$\Sigma T$$

$$\begin{aligned}
& (R_{14}x \cdot F_{14}y - R_{14}y \cdot F_{14}x) - (R_{34}x \cdot F_{34}y - R_{34}y \cdot F_{34}x) \\
& + (R_w x \cdot F_w y - R_w y \cdot F_w x) = I_{G_4} \alpha_4
\end{aligned} \tag{56}$$

La fuerza  $F_w$  corresponde a la variación del peso de la persona, ubicado a una distancia del espaldar como una carga puntual. Para este análisis se ha considerado la mitad del peso total, debido a que el dispositivo en conjunto cuenta con dos mecanismos planos idénticos que soportan la carga.

### Sistema de ecuaciones.

$$\begin{bmatrix}
1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
-R_{12}y & R_{12}x & -R_{32}y & R_{32}x & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & R_{23}y & -R_{23}x & -R_{43}y & R_{43}x & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & R_{34}y & -R_{34}x & -R_{14}y & R_{14}x & 0
\end{bmatrix} \times \begin{bmatrix}
F_{12}x \\
F_{12}y \\
F_{32}x \\
F_{32}y \\
F_{43}x \\
F_{43}y \\
F_{14}x \\
F_{14}y \\
T_{12}
\end{bmatrix}$$

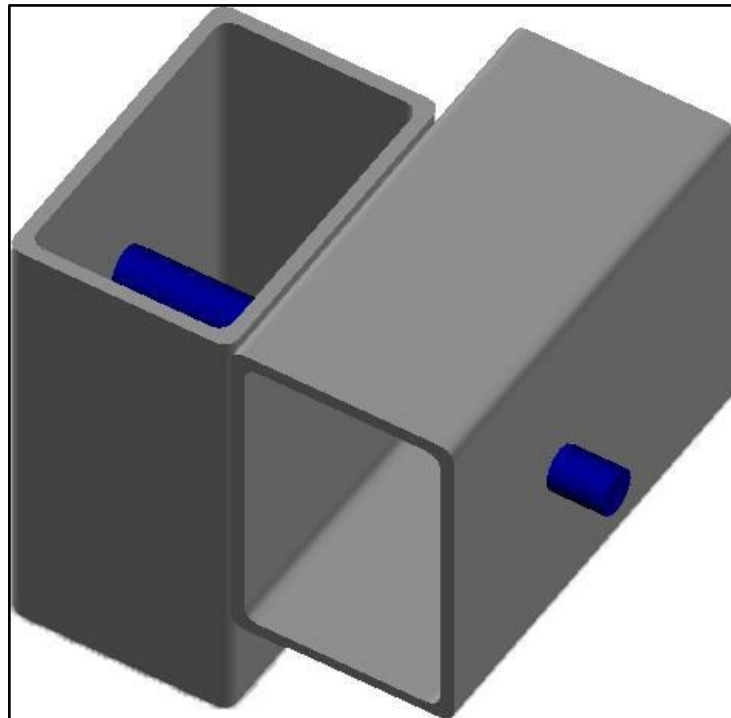
$$= \begin{bmatrix}
m_2 \cdot aG_2x \\
m_2 \cdot aG_2y \\
I_{G_2} \cdot \alpha_2 \\
m_3 \cdot aG_3x - F_p x \\
m_3 \cdot aG_3y - F_p y \\
I_{G_3} \cdot \alpha_3 - R_p x \cdot F_p y + R_p y \cdot F_p x \\
m_4 \cdot aG_4x - F_w x \\
m_4 \cdot aG_4y - F_w y \\
I_{G_4} \cdot \alpha_4 - R_w x \cdot F_w y + R_w y \cdot F_w x
\end{bmatrix}$$

### Análisis de esfuerzos.

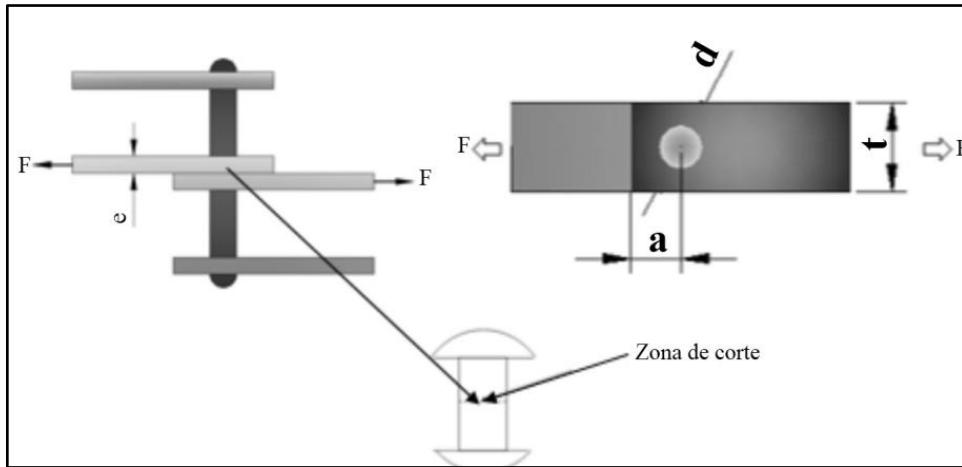
Las cargas que debe soportar el dispositivo de bipedestación son variables en el tiempo, por lo que se podría decir que el equipo se verá sometido a esfuerzos que producen fallas debido a la fatiga, sin embargo dicha variación de esfuerzos se produce a una velocidad muy baja y sin sometimiento a condiciones de trabajo cíclicas, por tanto se puede considerar que los elementos actúan bajo cargas

estáticas, de esta manera se procede a encontrarse los parámetros de diseño en pasadores y en el tubo rectangular (placas o paredes del mismo), garantizando así la seguridad contra la falla mediante el factor de diseño. Cabe recalcar que pese al punto de vista estático adoptado para el análisis de esfuerzos, las cargas a tomar en la evaluación de esfuerzos corresponden a un comportamiento dinámico, cuya importancia radica en el cambio del peso de la persona que debe soportar en el asiento del dispositivo.

– **Evaluación de esfuerzos en pasadores**

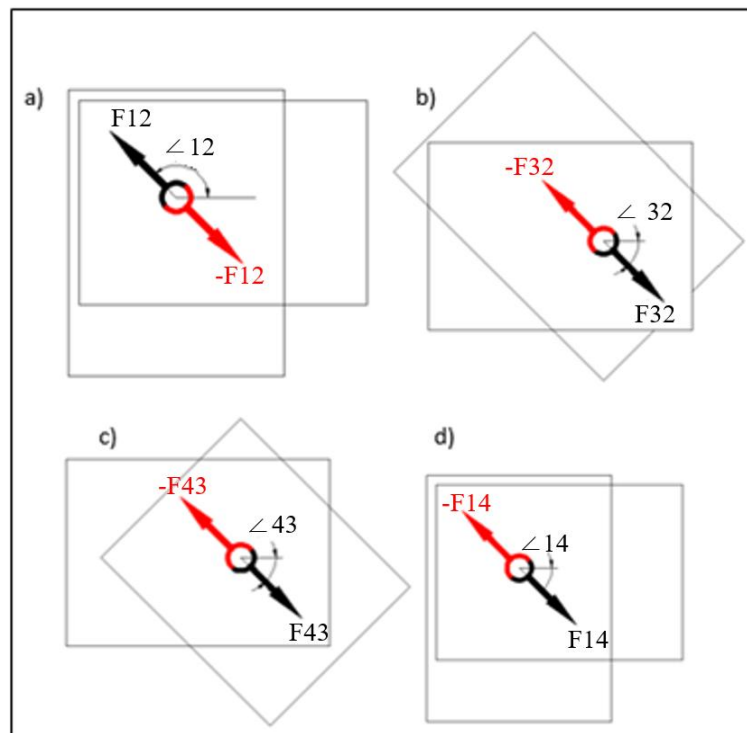


**Gráfico N° 145. Uniones entre eslabones.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



**Gráfico N° 146. Esfuerzo cortante en pasadores.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

En cada unión entre eslabones por medio de pasadores las fuerzas que se ejercen a un determinado ángulo, teniendo en cuenta que dichos valores representan la fuerza que ejerce un eslabón sobre el otro, la fuerza a considerarse para el cálculo de esfuerzos entre placas unidas por medio de pasadores, mantendrán el enfoque hacia el eslabón que presenta mayor vulnerabilidad a la falla.



**Gráfico N° 147. Direcciones de las Fuerzas ejercidas en las uniones.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

– **Evaluación de esfuerzos en los pasadores**

Las ecuaciones para los esfuerzos cortantes en cada uno de los pasadores son:

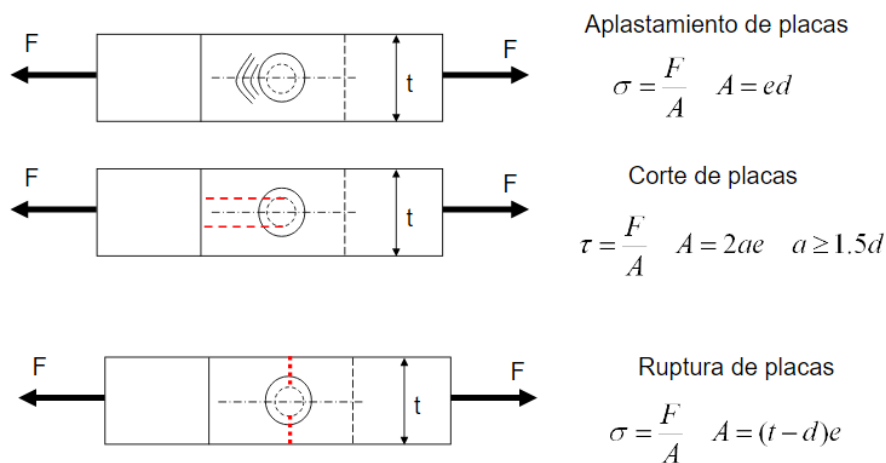
$$\tau_{12} = \frac{F_{12}}{A}; \quad \tau_{32} = \frac{F_{32}}{A}; \quad \tau_{43} = \frac{F_{43}}{A}; \quad \tau_{14} = \frac{F_{14}}{A}$$

Donde:

$F_{12,32,43,14}$  = Fuerzas dinámicas en las juntas (Valores máximos)

$A$  = Área de la sección transversal del pasador  $\left( A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)$

– **Evaluación de esfuerzos en el tubo rectangular**



**Gráfico N° 148. Fallas en las paredes del tubo rectangular con el pasador.**  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**Estudio del aplastamiento de las paredes del tubo**

$$\sigma_{12} = \frac{F_{12}}{A}; \quad \sigma_{32} = \frac{F_{32}}{A}; \quad \sigma_{43} = \frac{F_{43}}{A}; \quad \sigma_{14} = \frac{F_{14}}{A}$$

Donde:

$F_{12,32,43,14}$  = Fuerzas dinámicas en las juntas (Valores máximos)

$A$  = Área de aplastamiento del pasador sobre las placas ( $A = e \cdot d$ )

### Estudio del corte de las paredes del tubo

$$\tau_{12} = \frac{F_{12}}{A} \cos(\angle 12); \quad \tau_{32} = \frac{F_{32}}{A} \cos(\angle 32); \quad \tau_{43} = \frac{F_{43}}{A} \cos(\angle 43);$$
$$\tau_{14} = \frac{F_{14}}{A} \cos(\angle 14)$$

Donde:  $F_{12,32,43,14}$  = Fuerzas dinámicas en las juntas (Valores máximos)

$A$  = Área de la sección transversal longitudinal de la placa (holgura desde el extremo)

Siendo ( $A = 2 \cdot a \cdot e$ ;  $a \geq 1,5 \cdot d$ )

### Estudio de la ruptura de las paredes del tubo

$$\sigma_{12} = \frac{F_{12}}{A} \cos(\angle 12); \quad \sigma_{32} = \frac{F_{32}}{A} \cos(\angle 32); \quad \sigma_{43} = \frac{F_{43}}{A} \cos(\angle 43);$$
$$\sigma_{14} = \frac{F_{14}}{A} \cos(\angle 14)$$

Donde:

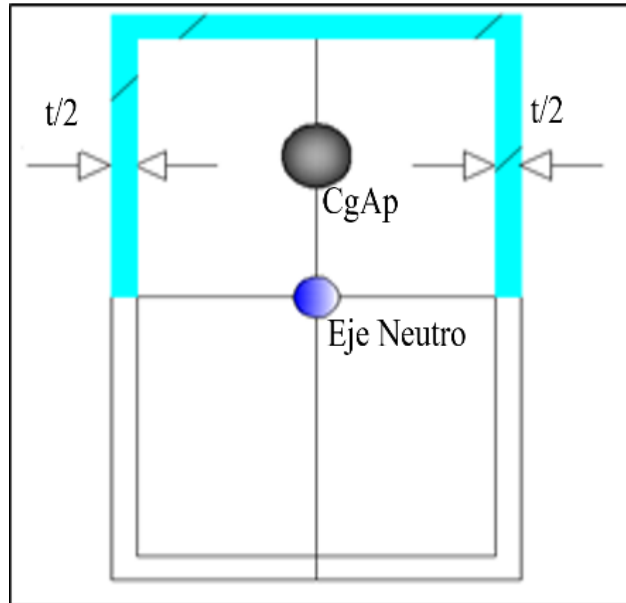
$F_{12,32,43,14}$  = Fuerzas dinámicas en las juntas (Valores máximos)

$A$  = Área de la sección transversal horizontal de la placa en el sitio del orificio

Siendo  $A = (t - d) \cdot e$

#### – Evaluación de esfuerzos por flexión en el eslabón del asiento

Para la flexión se ha considerado el eslabón correspondiente al asiento, en su posición inicial, ya que en esta la carga (peso) en el mismo es máxima, para ello se ha considerado el esfuerzo axial y cortante debido a la flexión.



**Gráfico N° 149. Sección del perfil tubular rectangular.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

**Esfuerzo axial**

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (57)$$

Donde:

$Mc$  Momento flector máximo

$I$  Momento de inercia

**Esfuerzo cortante**

$$\tau = \frac{VQ}{I \cdot t} \quad (58)$$

Donde:

$V$  Fuerza paralela a la sección transversal

$Q$  Momento estático

$I$  Momento de inercia

$t$  Espesor

## 6.8. OBTENCIÓN DE RESULTADOS CON EL USO DE SOFTWARE.

### Ingreso de datos y explicación.

Para la obtención de los resultados correspondientes a cada análisis efectuado, se ha realizado un software mediante el cual se facilita la obtención de los mismos, dicha herramienta constituye una interfaz gráfica en la cual se ingresan los datos correspondientes a las dimensiones, cargas, posiciones y medidas de todo el conjunto.

The screenshot shows a software window titled 'ING\_F\_URRUTIA' with a menu bar containing 'Archivo' and 'Ayuda'. The main area is titled 'BIPEDESTADOR © Ingeniero Fernando Urrutia'. It is divided into several sections:

- Datos:**
  - Actuador:** Caudal= 1.5, Presión= 3000, Diámetro= 3.5, Recorrido= 8, Longitud inicial= 16, Radio entrada= 40.
  - Cinemática:** a= 40, b= 12, c= 40, d= 12,  $\theta_1$ = 135, p= 76.6,  $\delta$ = 49.63.
  - Biomecánica y centros de gravedad:** Estatura= 177.43, Ángulo antebrazo= 200, Peso= 85.01, Ángulo brazo= 225, Carga levantada= 5, Ángulo tronco= 90, Ángulo pantorrilla= 101.
  - Dimensiones estructura:** L1= 76.5, L2= 38, L3= 29.5, L4= 23.5, L5= 54.5, L6= 40, L7= 40, L8= 69, L9= 2.5, L10= 2.5, L11= 10.8, H= 6.
  - Análisis de cargas dinámicas:** m2= 0.20843, R12= 20, R23= 31.638,  $\gamma_{23}$ = 284.35, IG2= 0.007649, m3= 0.36687, R32= 20, R43= 21.342,  $\gamma_{43}$ = 265.9, IG3= 0.06256, m4= 0.20843, R14= 20, RP= 49.164,  $\gamma_P$ = 95.28, IG4= 0.007649, R34= 20, RW= 12.8, FP= 3.
- Resultados:** Velocidad cilindro= 1.52461, Fuerza cilindro= 13119.7, Tiempo cilindro= 13.328, Ubicación cilindro (Respecto a O2): X= 5.54512, Y= -21.5516. A 'Calcular' button is present.
- Buttons for results:** Resultados Análisis Cinemático, Resultados Biomecánica y CG (highlighted), Resultados Análisis de Cargas Dinámicas, Resultados Esfuerzos.

**Gráfico N° 150. Interfaz de usuario del software para la obtención de resultados.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

Los datos a ingresar en cada cuadro de texto se hallan clasificados según sea la parte del análisis que se está determinando (cinemáticos del actuador, cinemáticos del paralelogramo, biomecánicos y de centros de gravedad, cinéticos del usuario y de esfuerzos). Los datos ingresados se procesan a través del programa al pulsar el botón “calcular”. En esta primera pantalla principal, se muestran, los resultados hidráulicos correspondientes al actuador y la ubicación del mismo según su ubicación en el eslabón de entrada.



En esta misma pantalla se han ubicado 4 botones, que ayudan a acceder a ventanas particulares secundarias según sea el caso, para obtener los otros resultados (*Resultados Análisis Cinemático*, *Resultados Biomecánica y CG*, *Resultados Análisis de Cargas Dinámicas*, *Resultados Esfuerzos*); estas variables cambian en función de la posición del usuario. Los resultados correspondientes se presentan en forma tabular y gráfica.

– **Ingreso de datos cinemáticos para el actuador cilindro hidráulico.**

**Gráfico N° 151. Ingreso de datos del actuador con sus unidades correspondientes.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

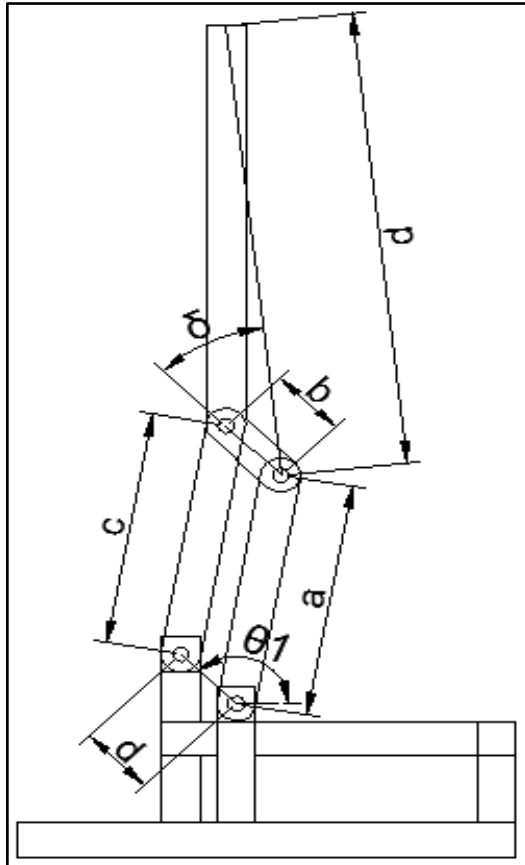
Los datos, caudal, presión, diámetro, recorrido y longitud inicial, son suministrados por el fabricante tanto del cilindro actuador como de la unidad hidráulica, mientras que el radio de entrada corresponde a la sujeción del cilindro actuador en el eslabón de entrada.

– **Ingreso de datos cinemáticos para el paralelogramo.**

Para el análisis cinemático, los parámetros utilizados son las longitudes entre pasadores del mecanismo de cuatro barras, y la distancia desde el punto A hasta la altura del espaldar, además de ello se ha considerado la posición angular a la cual se ha dispuesto el bastidor del mecanismo y el desfase existente entre el eslabón b y el p.

**Gráfico N° 152. Ingreso de datos para análisis cinemático del paralelogramo.**

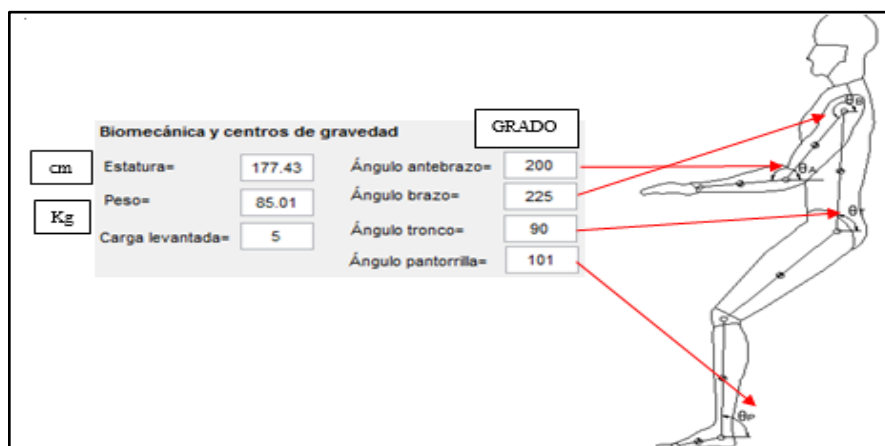
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



**Gráfico N° 153. Diagrama de datos cinemáticos.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

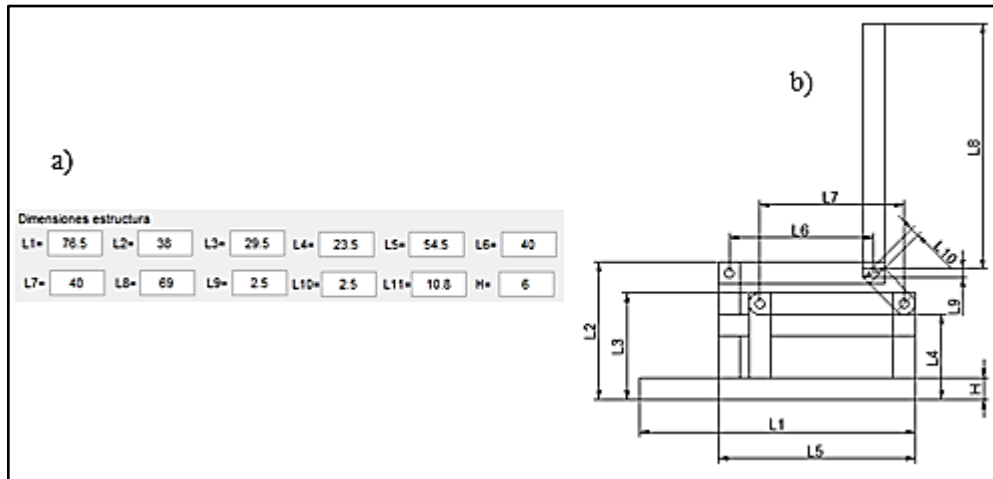
– **Ingreso de datos para biomecánica y centros de gravedad.**

Para el análisis biomecánico del cuerpo humano, los datos requeridos corresponden a dimensiones propias de la persona, y posiciones angulares de segmentos corporales.



**Gráfico N° 154. Ingreso de datos de biomecánica y centros de gravedad.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

En lo que respecta a la ubicación del centro de gravedad de la estructura, los datos a ser ingresados son las respectivas longitudes de cada parte de la misma, así como el ancho del tubo estructural utilizado, todas las unidades se encuentran en centímetros.

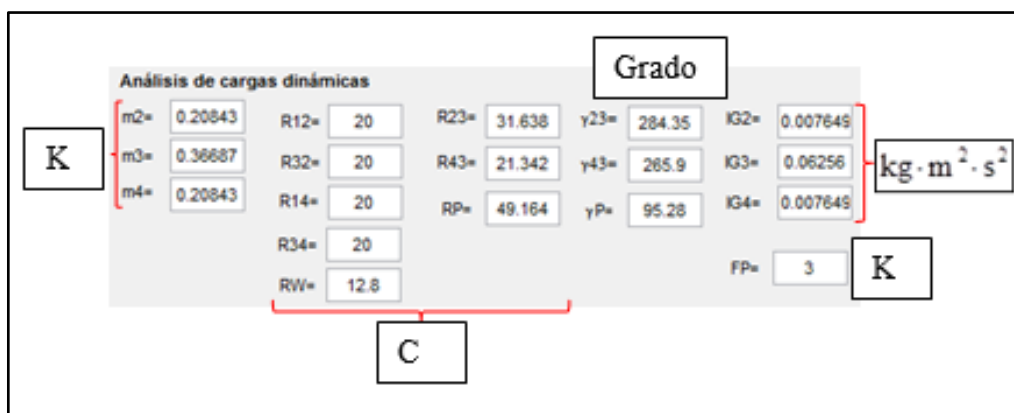


**Gráfico N° 155. a) Ingreso de datos de dimensiones de la estructura b) Diagrama de dimensiones de la estructura.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

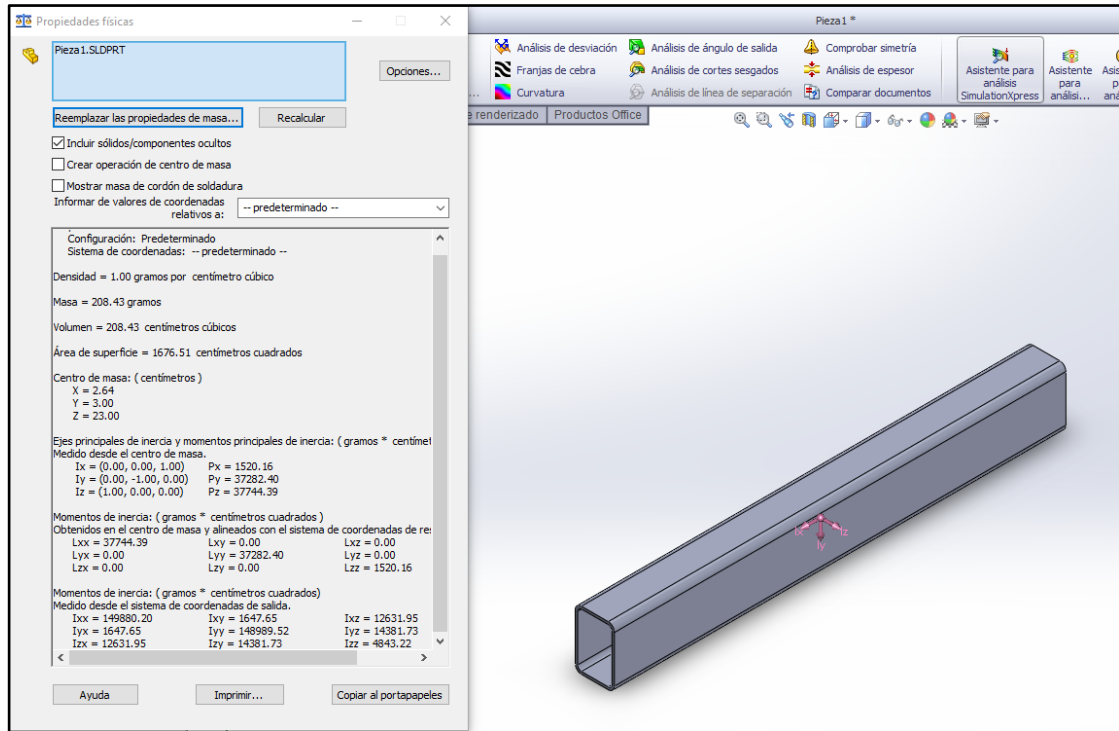
– **Ingreso de datos cinéticos o de cargas dinámicas.**

Los datos necesarios para el análisis de fuerzas dinámicas, corresponden a las masas de cada eslabón del mecanismo, los radios desde su centro de gravedad a cada junta y punto de interés, los momentos de inercia de masa, y una carga apoyada sobre el espaldar. Datos como las masas y momentos de inercia de masa son obtenidos mediante software de análisis mecánico.



**Gráfico N° 156. Ingreso de datos para el análisis de cargas dinámicas.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



**Gráfico N° 157. Obtención de datos (masa y momentos de inercia de masa) mediante SolidWorks.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

### **Resultados obtenidos con el software.**

#### **– Resultados hidráulicos y geométricos en el actuador.**

Los resultados obtenidos se presentan tanto en la ventana principal, como en ventanas secundarias. En el caso de la ventana principal, los resultados mostrados corresponden a cálculos hidráulicos y geométricos propios del actuador; aquí se obtiene: la velocidad del cilindro en cm/s, la fuerza proporcionada en kg, el tiempo de carrera, y la ubicación a la cual debe ubicar en el bastidor en coordenadas XY, medidas desde el punto O2.

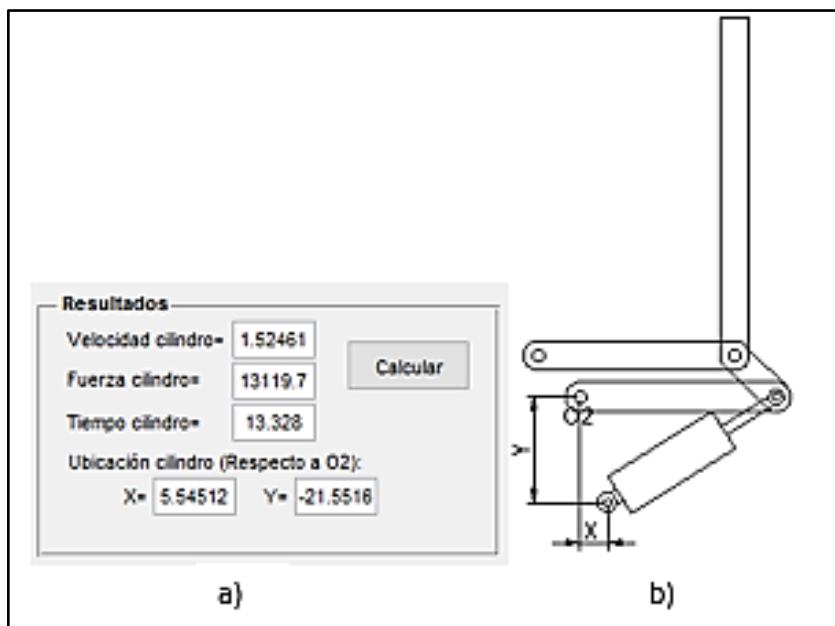


Gráfico N° 158. a) Resultados hidráulicos y geométricos del actuador b) Diagrama de ubicación del actuador.

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

– **Resultados cinemáticos del actuador.**

El análisis cinemático se presenta al abrir una ventana secundaria, en la cual se presenta en forma tabular los resultados cinemáticos, de posición, velocidad y aceleración del mecanismo, cada uno de estos en función del recorrido que ejecuta el cilindro actuador.

RESULTADOS\_CINEMATICO

Resultados

Lcil	θcil	O2	ωcil	ω2	αcil	α2	θ3	θ4	ω3	ω4	α3	α4	Rpx	Rpy	Vpx	Vpy
40.8400	32.0261	0	0.0600	0.0719	-6.6276...	0.0014	135	0	0	0.0719	0	0.0014	46.1832	76.3500	0	2.8750
40.8940	32.5980	0.6872	0.0599	0.0721	-5.9956...	0.0014	135	0.6872	0	0.0721	0	0.0014	46.1803	76.8298	-0.0346	2.8840
41.1480	33.1691	1.3766	0.0598	0.0723	-5.3682...	0.0015	135	1.3766	0	0.0723	0	0.0015	46.1717	77.3110	-0.0695	2.8930
41.4020	33.7393	2.0684	0.0597	0.0726	-4.7447...	0.0015	135	2.0684	0	0.0726	0	0.0015	46.1572	77.7937	-0.1048	2.9019
41.6560	34.3087	2.7625	0.0596	0.0729	-4.1243...	0.0016	135	2.7625	0	0.0729	0	0.0016	46.1367	78.2779	-0.1404	2.9107
41.9100	34.8775	3.4592	0.0596	0.0731	-3.5062...	0.0016	135	3.4592	0	0.0731	0	0.0016	46.1103	78.7636	-0.1765	2.9194
42.1640	35.4457	4.1585	0.0595	0.0734	-2.8896...	0.0017	135	4.1585	0	0.0734	0	0.0017	46.0779	79.2506	-0.2129	2.9280
42.4180	36.0134	4.8604	0.0595	0.0737	-2.2739...	0.0017	135	4.8604	0	0.0737	0	0.0017	46.0394	79.7392	-0.2497	2.9365
42.6720	36.5808	5.5651	0.0594	0.0740	-1.6583...	0.0018	135	5.5651	0	0.0740	0	0.0018	45.9947	80.2291	-0.2869	2.9449
42.9260	37.1479	6.2726	0.0594	0.0743	-1.0419...	0.0018	135	6.2726	0	0.0743	0	0.0018	45.9437	80.7204	-0.3246	2.9532
43.1800	37.7149	6.9831	0.0594	0.0746	-0.4239...	0.0019	135	6.9831	0	0.0746	0	0.0019	45.8865	81.2131	-0.3627	2.9613
43.4340	38.2818	7.6966	0.0594	0.0749	1.1963...	0.0020	135	7.6966	0	0.0749	0	0.0020	45.8229	81.7071	-0.4013	2.9694
43.6880	38.8487	8.4132	0.0594	0.0752	1.8197...	0.0020	135.0000	8.4132	0	0.0752	0	0.0020	45.7528	82.2025	-0.4403	2.9773
43.9420	39.4158	9.1330	0.0594	0.0756	2.4471...	0.0021	135	9.1330	0	0.0756	0	0.0021	45.6761	82.6991	-0.4799	2.9851
44.1960	39.9831	9.8562	0.0594	0.0759	3.0794...	0.0022	135	9.8562	0	0.0759	0	0.0022	45.5928	83.1971	-0.5200	2.9928
44.4500	40.5507	10.5828	0.0595	0.0763	3.7174...	0.0022	135	10.5828	0	0.0763	0	0.0022	45.5028	83.6963	-0.5606	3.0003
44.7040	41.1187	11.3130	0.0595	0.0767	4.3620...	0.0023	135.0000	11.3130	0	0.0767	0	0.0023	45.4060	84.1968	-0.6017	3.0077
44.9580	41.6873	12.0468	0.0596	0.0771	5.0143...	0.0024	135	12.0468	0	0.0771	0	0.0024	45.3023	84.6984	-0.6434	3.0149
45.2120	42.2565	12.7843	0.0597	0.0775	5.6752...	0.0024	135	12.7843	0	0.0775	0	0.0024	45.1916	85.2013	-0.6857	3.0220
45.4660	42.8265	13.5258	0.0598	0.0779	6.3457...	0.0025	135	13.5258	0	0.0779	0	0.0025	45.0738	85.7054	-0.7286	3.0289
45.7200	43.3973	14.2712	0.0598	0.0783	7.0269...	0.0026	135.0000	14.2712	0	0.0783	0	0.0026	44.9488	86.2105	-0.7722	3.0357
45.9740	43.9691	15.0208	0.0600	0.0787	7.7200...	0.0027	135	15.0208	0	0.0787	0	0.0027	44.8165	86.7168	-0.8164	3.0423
46.2280	44.5419	15.7746	0.0601	0.0792	8.4261...	0.0028	135	15.7746	0	0.0792	0	0.0028	44.6768	87.2242	-0.8612	3.0487

Gráfico N° 159. Resultados cinemáticos del actuador en forma tabular.

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

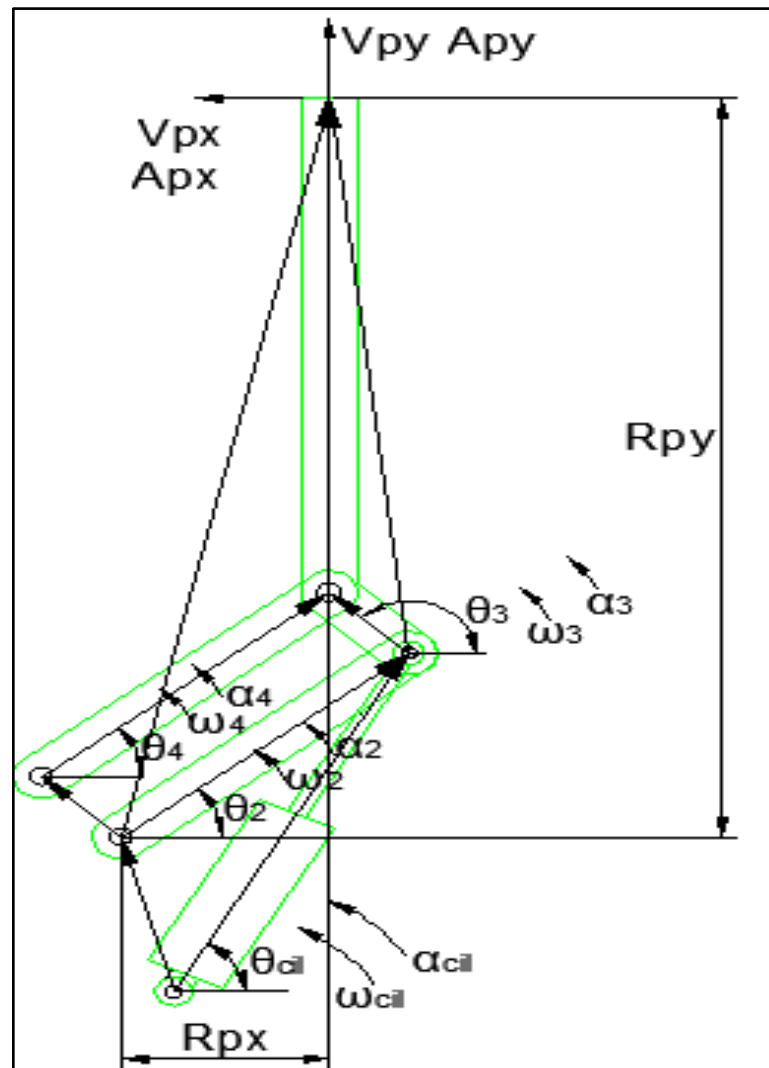
Las variables analizadas, corresponden a parámetros cinemáticos y unidades correspondientes según la siguiente tabla:

**Tabla N° 91.-Representación de las variables cinemáticas y sus unidades.**

Lcil	Variación de la longitud en cm del cilindro actuador debido a su carrera	Cm
$\theta_{cil}$	Ángulo de pivote del cilindro actuador según este efectúa su recorrido	Grados
$\theta_2$	Ángulo de entrada al mecanismo de cuatro barras paralelogramo	Grados
$\omega_{cil}$	Velocidad angular del cilindro actuador	rad/s
$\omega_2$	Velocidad angular de entrada al mecanismo de cuatro barras	rad/s
$\alpha_{cil}$	Aceleración angular del cilindro actuador	rad/s <sup>2</sup>
$\alpha_2$	Aceleración angular de entrada al mecanismo de cuatro barras	rad/s <sup>2</sup>
$\theta_3$	Ángulo del eslabón 3	Grados
$\theta_4$	Ángulo del eslabón 4	Grados
$\omega_3$	Velocidad angular del eslabón 3	rad/s
$\omega_4$	Velocidad angular del eslabón 4	rad/s
$\alpha_3$	Aceleración angular del eslabón 3	rad/s <sup>2</sup>
$\alpha_4$	Aceleración angular del eslabón 4	rad/s <sup>2</sup>
Rpx	Posición horizontal del punto de interés P	cm
Rpy	Posición vertical del punto de interés P	cm
Vpx	Velocidad horizontal del punto de interés P	cm/s
Vpy	Velocidad vertical del punto de interés P	cm/s
Apx	Aceleración horizontal del punto de interés P	Cm/s <sup>2</sup>
Apy	Aceleración vertical del punto de interés P	Cm/s <sup>2</sup>

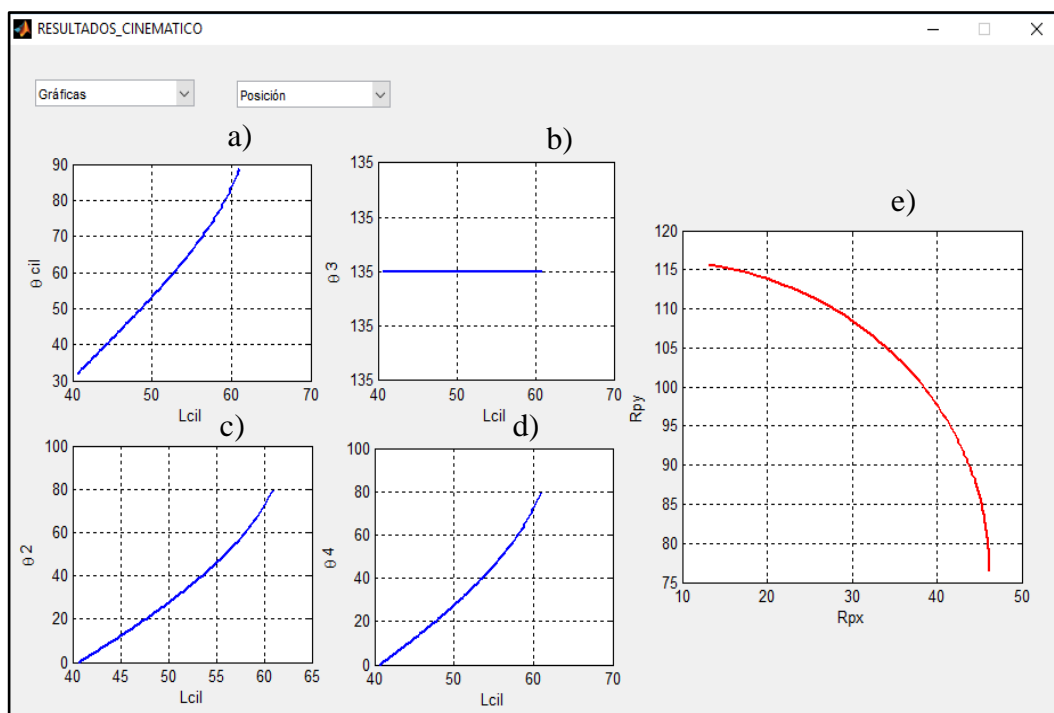
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)

La relación de cada una de estas variables cinemáticas, en el mecanismo de bipedestación se relaciona según la siguiente gráfica:



**Gráfico N° 160. Diagrama de variables cinemáticas.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

El resultado del análisis cinemático, en forma gráfica proporciona, de modo visual, la evolución de cada una de estas variables según el cilindro actuador va efectuando su recorrido, cada una de estas corresponde a la posición, velocidad, y aceleración de cada eslabón de interés. La importancia de efectuar este análisis implica la utilización de dichos resultados para posteriores análisis como, biomecánica, cargas dinámicas, y trayectorias en puntos de interés.

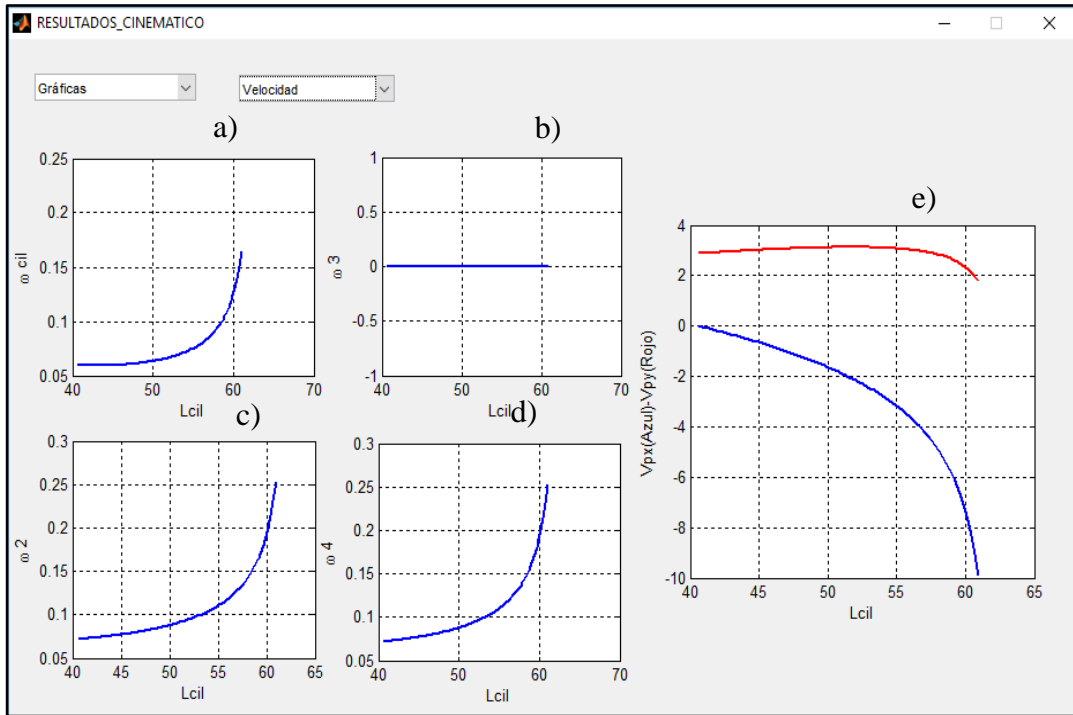


**Gráfico N° 161. Graficas de resultados del análisis cinemático de posición.**

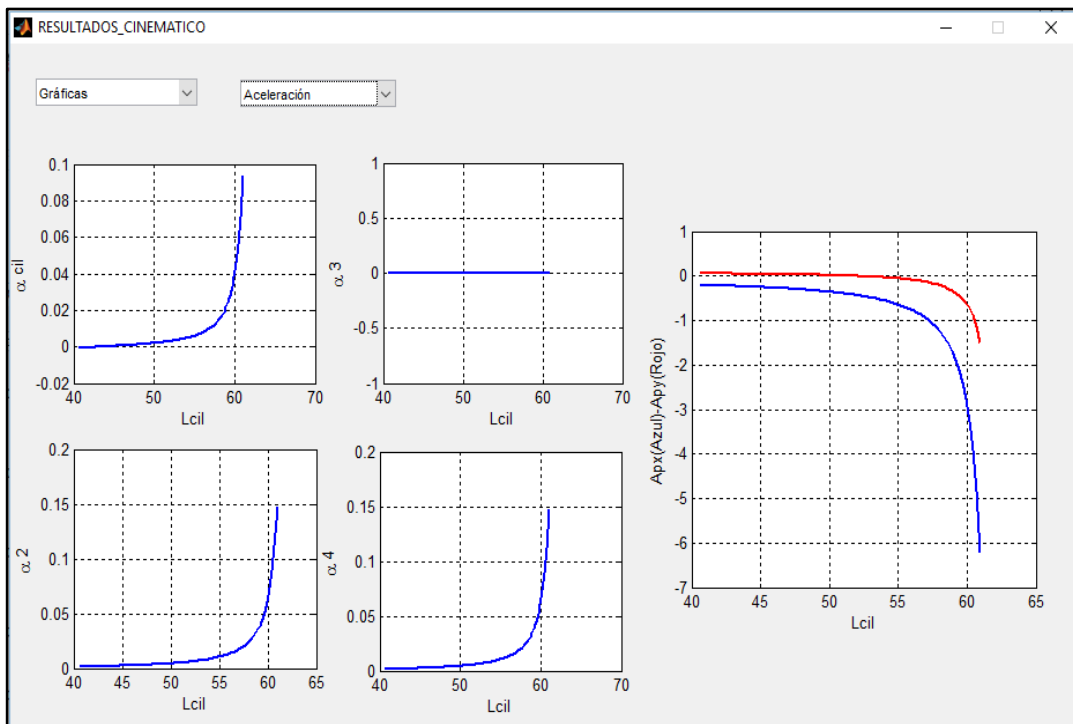
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

Del análisis de la Gráfica 161 se puede apreciar que: a) Muestra la curva correspondiente al ángulo de pivote del cilindro actuador mientras va recorriendo, siendo esta variación casi lineal en la mayoría de su trayecto. b) En esta se comprueba que el paralelogramo no presenta variación angular en ese eslabón, por tanto el movimiento deseado es correcto, ya que el espaldar del bipedestador mantendrá su verticalidad en todo el recorrido del actuador. c) Corresponde a la relación del ángulo de entrada al paralelogramo, en función de la longitud recorrida por el cilindro, siendo una curva casi lineal hasta la mitad de la misma, teniendo mayor variación en su tramo final, indicando que la variación del ángulo corresponde en menor medida al recorrido del cilindro. d) En esta se denota la correspondencia existente en el movimiento del eslabón de entrada del paralelogramo, con el eslabón que servirá de asiento para el bipedestador, ya que sus variaciones angulares son exactamente las mismas. e) Representa la trayectoria del punto más alto del espaldar, proporcionando información respecto a sus desplazamientos horizontal y vertical.





**Gráfico N° 162. Graficas de resultados del análisis cinemático de velocidad.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.



**Gráfico N° 163. Graficas de resultados del análisis cinemático de aceleración.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

– **Resultados del análisis biomecánico y de centros de gravedad.**

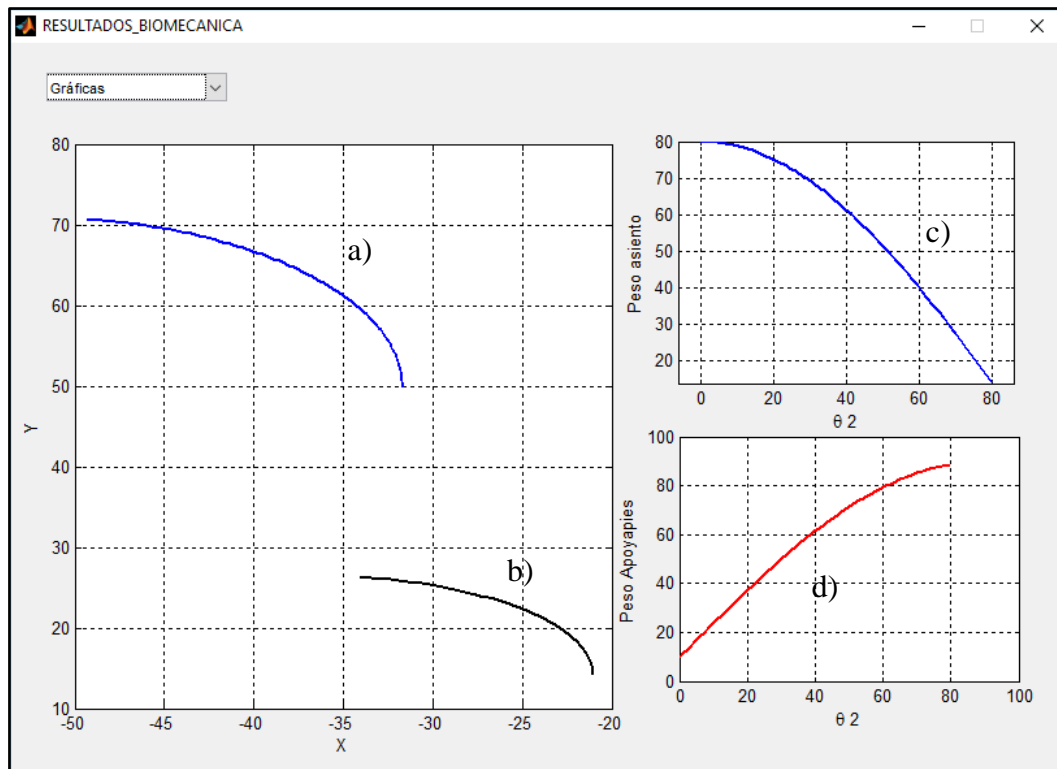
En el análisis biomecánico y centros de gravedad, los resultados encontrados corresponden a las coordenadas rectangulares de los centros de gravedad del cuerpo humano y de la estructura respecto del sistema de referencia asumido, además muestra la variación de la carga dada por el peso de la persona en los apoyapiés y el asiento del bipedestador. En su presentación tabular de resultados se destaca la distancia máxima de la coordenada en X del centro de gravedad del cuerpo humano en su posición dada, siendo este un parámetro importante para la colocación posterior de las ruedas para conformar la silla de ruedas, ya que la estabilidad de la misma depende que los centros de gravedad se encuentren dentro del segmento dado por la distancia entre ruedas delanteras y trasera.

The screenshot shows a software window titled "RESULTADOS\_BIOMECANICA" with a "Resultados" dropdown menu. The main content is a table with 6 columns: CG Cuerpo X, CG Cuerpo Y, CG Mec X, CG Mec Y, Carga Apoyapiés, and Carga Asiento. The table contains 20 rows of data. To the right of the table, there is a text label "CGXmax(Respecto del SR)=" followed by a text box containing the value "49.2957".

CG Cuerpo X	CG Cuerpo Y	CG Mec X	CG Mec Y	Carga Apoyapiés	Carga Asiento
-31.6867	49.7993	-21.0433	14.1205	9.8612	80.1488
-31.6882	50.0549	-21.0444	14.2690	10.8224	80.1431
-31.6928	50.3112	-21.0478	14.4179	11.7866	80.1257
-31.7006	50.5684	-21.0535	14.5673	12.7539	80.0966
-31.7114	50.8263	-21.0616	14.7171	13.7241	80.0557
-31.7255	51.0851	-21.0720	14.8674	14.6972	80.0028
-31.7428	51.3445	-21.0847	15.0182	15.6732	79.9378
-31.7633	51.6048	-21.0999	15.1693	16.6520	79.8606
-31.7871	51.8658	-21.1175	15.3209	17.6337	79.7711
-31.8143	52.1275	-21.1375	15.4730	18.6181	79.6690
-31.8448	52.3900	-21.1601	15.6255	19.6053	79.5543
-31.8787	52.6532	-21.1851	15.7783	20.5952	79.4268
-31.9160	52.9171	-21.2127	15.9316	21.5878	79.2863
-31.9568	53.1817	-21.2429	16.0854	22.5830	79.1328
-32.0012	53.4469	-21.2757	16.2395	23.5807	78.9659
-32.0491	53.7129	-21.3111	16.3939	24.5810	78.7855
-32.1007	53.9795	-21.3493	16.5488	25.5838	78.5916
-32.1560	54.2468	-21.3901	16.7041	26.5890	78.3838
-32.2149	54.5147	-21.4337	16.8597	27.5966	78.1619
-32.2777	54.7832	-21.4801	17.0157	28.6066	77.9259
-32.3443	55.0523	-21.5293	17.1720	29.6188	77.6754
-32.4148	55.3220	-21.5814	17.3287	30.6333	77.4103
-32.4892	55.5923	-21.6364	17.4857	31.6500	77.1303

CGXmax(Respecto del SR)= 49.2957

**Gráfico N° 164. Tabla de resultados de biomecánica y centros de gravedad.**  
Elaborado por: Ing Fernando Urrutia.



**Gráfico N° 165. a) Trayectoria del centro de gravedad del cuerpo humano, b) Trayectoria del centro de gravedad de la estructura, c) Variación de la carga en el asiento en función de la posición, d) Variación de la carga en el apoyapiés en función de la posición.**

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

La Gráfica 165, a) Muestra la trayectoria de los centros de gravedad según la variación de posición del paralelogramo, mostrándose como este se desplaza en el eje de las X y de las Y según el sistema de referencia asumido para este caso. b) Muestra la curva respectiva a la variación del peso en el asiento, en función del ángulo del mismo, evidenciándose que, conforme el cuerpo va en verticalidad la carga en el asiento va en disminución. c) En relación a la carga del asiento, el peso de la persona conforme va en verticalidad debido a la bipedestación la carga muestra una curva ascendente, llegando a tener casi en su totalidad el peso de la persona en los apoyapiés.

#### – **Resultados del análisis cinético del mecanismo bipedestador.**

Los resultados de las cargas dinámicas presentes en el mecanismo de bipedestación, van en función de parámetros previamente calculados, tales como, la aceleración y la variación de la carga en el asiento, obteniéndose de esta manera las fuerzas que actúan en cada una de las uniones del mecanismo, así como el par

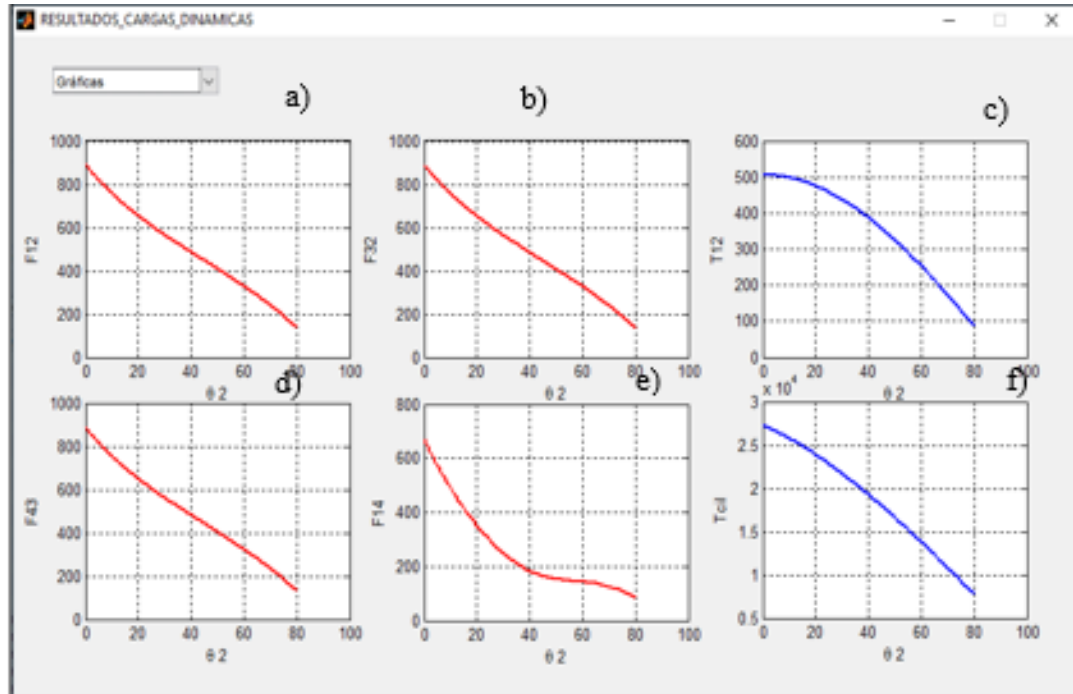
mínimo requerido para mover el mecanismo con las características cinemáticas y de cargas deseadas. Del mismo modo que los casos anteriores, los resultados se presentan tanto de forma tabular y gráfica, permitiendo mostrarse la evolución las fuerzas en el sistema en movimiento y seleccionando los valores máximos necesarios para el diseño de elementos y comparación del par requerido con el suministrado por el actuador. Cabe recalcar que el mecanismo contextualizado desde un punto de vista plano, corresponde a una de dos partes iguales del mismo, por tanto la carga dada por el peso de la persona será idealizado como la mitad del mismo, sin embargo el actuador colocado es solo uno, por tanto para este la carga será en su totalidad.

θ2	F12	∠12	F32	∠32	F43	∠43	F14	∠14	T12	Tcil
0	891.9246	134.7171	890.4742	-45.1904	887.5646	-45.0504	669.0741	-20.4148	506.2169	2.7273e+04
0.6872	881.4127	134.7136	879.9622	-45.1929	877.0525	-45.0511	655.1254	-20.1808	506.1855	2.7186e+04
1.3766	871.1109	134.7100	869.6604	-45.1953	866.7506	-45.0519	641.4054	-19.9545	506.0807	2.7095e+04
2.0684	861.0091	134.7065	859.5586	-45.1977	856.6487	-45.0526	627.9055	-19.7362	505.9020	2.7002e+04
2.7625	851.0978	134.7030	849.6471	-45.2001	846.7372	-45.0534	614.6180	-19.5265	505.6485	2.6907e+04
3.4592	841.3677	134.6994	839.9170	-45.2026	837.0070	-45.0541	601.5355	-19.3256	505.3194	2.6809e+04
4.1585	831.8102	134.6958	830.3594	-45.2051	827.4494	-45.0549	588.6513	-19.1341	504.9140	2.6709e+04
4.8604	822.4170	134.6922	820.9662	-45.2075	818.0560	-45.0556	575.9592	-18.9524	504.4315	2.6606e+04
5.5651	813.1803	134.6886	811.7293	-45.2100	808.8191	-45.0564	563.4533	-18.7811	503.8708	2.6500e+04
6.2726	804.0924	134.6849	802.6414	-45.2125	799.7311	-45.0572	551.1282	-18.6206	503.2313	2.6392e+04
6.9831	795.1462	134.6813	793.6951	-45.2150	790.7848	-45.0579	538.9792	-18.4716	502.5119	2.6281e+04
7.6966	786.3348	134.6776	784.8836	-45.2176	781.9732	-45.0587	527.0016	-18.3346	501.7116	2.6168e+04
8.4132	777.6515	134.6738	776.2002	-45.2201	773.2898	-45.0595	515.1915	-18.2104	500.8295	2.6052e+04
9.1330	769.0900	134.6701	767.6386	-45.2227	764.7282	-45.0603	503.5450	-18.0995	499.8646	2.5934e+04
9.8562	760.6442	134.6663	759.1928	-45.2253	756.2822	-45.0611	492.0588	-18.0028	498.8158	2.5813e+04
10.5828	752.3082	134.6625	750.8567	-45.2280	747.9461	-45.0619	480.7299	-17.9210	497.6819	2.5690e+04
11.3130	744.0763	134.6586	742.6247	-45.2306	739.7140	-45.0627	469.5558	-17.8550	496.4619	2.5564e+04
12.0468	735.9431	134.6547	734.4914	-45.2333	731.5806	-45.0635	458.5342	-17.8056	495.1546	2.5435e+04
12.7843	727.9031	134.6508	726.4514	-45.2360	723.5406	-45.0644	447.6631	-17.7737	493.7587	2.5303e+04
13.5258	719.9514	134.6468	718.4995	-45.2387	715.5886	-45.0652	436.9409	-17.7605	492.2730	2.5169e+04
14.2712	712.0827	134.6428	710.6308	-45.2415	707.7198	-45.0661	426.3664	-17.7669	490.6962	2.5032e+04
15.0208	704.2924	134.6387	702.8404	-45.2443	699.9293	-45.0669	415.9388	-17.7941	489.0269	2.4893e+04

**Gráfico N° 166. Tabla de resultados del análisis de cargas cinéticas (dinámicas).**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

Los resultados presentados de forma tabular, relacionan la fuerza de un eslabón sobre otro y el ángulo en el cual actúa dicha fuerza, por ejemplo en la primera fila, cuando el ángulo de entrada es cero, la fuerza del eslabón 1 sobre el 2, es de 891,9246 Newton y se ejerce en un ángulo de 134.7171 grados, del mismo modo para las demás fuerzas en las demás filas. En lo que respecta al par requerido su valor se expresa en Newton por metro, y se compara con la componente

perpendicular de la fuerza que aplica el cilindro actuador por el radio de entrada aplicado, o cual resulta en el par de entrada del mecanismo.

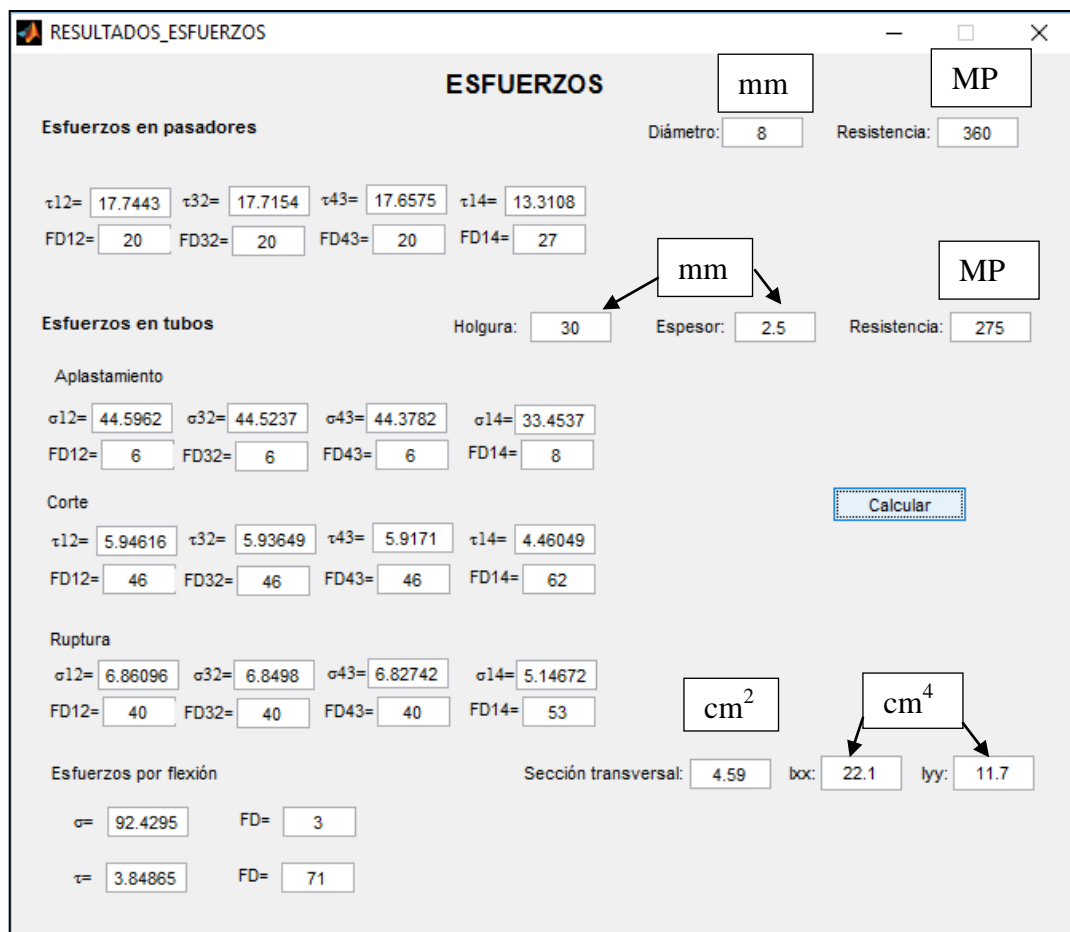


**Gráfico N° 167. Gráficas de resultados del análisis de cargas cinéticas (dinámica).**  
 Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

Los resultados gráficos del análisis de fuerzas dinámicas, muestran que las gráficas de la fuerza que ejerce el eslabón 1 sobre el 2, el eslabón 3 sobre el 2 y el eslabón 4 sobre el tres son prácticamente las mismas, dado por la configuración propia del mecanismo en forma de paralelogramo, sin embargo la fuerza que se ejerce desde el eslabón 1 al 4 es menor y con una variación muy distinta, esto se debe a que las fuerzas se hallan apoyadas en las demás juntas en posiciones inferiores dejando con relativamente una carga menor en la fuerza del eslabón 1 sobre el 4. En su defecto, es evidente que conforme el ángulo del bipedestador va en incremento las fuerzas disminuyen, por la relación directa de la disminución del peso de la persona sobre el asiento en la función de la posición, por ende siendo el par mínimo requerido cada vez menor, y dado por las características propias del actuador hidráulico, el par suministrado es mucho mayor que el requerido.

– **Resultados del cálculo de esfuerzos.**

Obtenidos los valores de cargas que se transmiten en las barras del mecanismo, es necesario proceder con el cálculo de esfuerzos internos reaccionantes que podrán soportar dichos eslabones, al mismo tiempo calcular los factores de diseño para garantizar la seguridad de la estructura, lo cual se logra con la ayuda del software. Se ingresan datos de los materiales seleccionados tales como: diámetro del pasador, holgura o posición de ubicación del pasador respecto del extremo del tubo, espesor de pared del tubo, área transversal del tubo, momentos de inercia, esfuerzos límite admisible del material. El programa informático con los datos suministrados calcula los esfuerzos requeridos, los resultados están consignados en MPa. La Gráfica N° 168 es una imagen de la pantalla del ordenador donde se muestran los resultados del cálculo de esfuerzos.



**Gráfico N° 168. Resultados del análisis de esfuerzos.**  
Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia.

Para el caso de los elementos preseleccionados sugeridos para la construcción, como lo es el tubo estructural rectangular de 60x40 mm y el pasador de 8 mm de diámetro: los factores de diseño indican que dichos elementos seleccionados poseen una resistencia calculada suficiente y mayor a los esfuerzos admisibles, pudiendo aplicarse en el diseño. En concordancia se encuentran valores satisfactorios de factores de seguridad en el diseño

## **6.9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **Conclusiones.**

- El empleo de la ergonomía para optimizar el diseño de equipos de ayuda para la movilidad de personas con discapacidad móvil inferior, respaldado en el estudio antropométrico de la muestra de usuarios de la provincia de Tungurahua: convalida que el diseño de la silla de ruedas de bipedestación disminuirá los riesgos de accidentes y enfermedades ocupacionales cumpliendo así uno de los propósitos de la Seguridad y Salud Industrial.
- Para el diseño de equipos de trabajo es necesario realizar las valoraciones con la ropa e indumentarias propias de la actividad que se realiza. Considerando que los estudios realizados fueron hechos particularmente en un grupo determinado de usuarios; se concluye que es necesario valorar a los usuarios la silla de ruedas como parte de sí mismos y de su puesto de trabajo. Además considerando las condiciones domésticas u ocupacionales propias de su labor o trabajo diario.
- Para el caso del grupo de usuarios evaluados en la presente investigación, las mediciones, valoraciones y observaciones se las realizó teniendo en cuenta la ineludible dependencia persona-silla. Los resultados de dichos análisis fueron desarrollados considerando el diseño de puestos de trabajo y han sido satisfactorios: se concluye que para este grupo de las personas con discapacidad que realizan sus actividades siempre en la silla de ruedas, ésta se constituye en su puesto de trabajo.
- Del análisis estadístico se observa en las gráficas que las dimensiones del cuerpo humano adoptan una distribución aproximadamente normal; las dimensiones de la silla de ruedas fueron tomadas desde aquellos rangos de

valores normalizados, se concluye entonces que las medidas de diseño de la silla de bipedestación satisface a la mayoría de la muestra estudiada. Los resultados obtenidos pueden entonces inferenciarse a la población de personas con discapacidad móvil inferior en Tungurahua

- El empleo de las características antropométricas propias del grupo seleccionado dentro del análisis estadístico mencionado y teniendo en cuenta las necesidades y requerimientos solicitados por los usuarios a través del método de Kano, garantizan se obtenga un producto innovador de mayores y mejores prestaciones diferente al que se encuentra en el mercado local, dotando a los usuarios de una opción más eficiente para que ejercen sus labores domésticas o laborales diarias.
- Después de realizar y probar varias síntesis gráficas de eslabonamiento, se concluye que la opción más básica y óptima que permite pasar de la posición sedente a la posición bipedestado es la que corresponde al mecanismo del paralelogramo.
- La concepción mecánica del bipedestador es que es un dispositivo que varía de posición desde sentado hasta parado y viceversa; el centro de gravedad donde se concentra su peso variará en dependencia también de la masa del sujeto que va a desplazar el bipedestador, se concluye que para los análisis cinemáticos y de resistencia es indispensable juntar las dos masa como una sola. El mecanismo de bipedestación, para el presente análisis, es parte del usuario y viceversa: el usuario es parte del mecanismo de bipedestación.
- Se ha analizado el bipedestador mecánicamente considerando cinemática, biomecánica, fuerzas dinámicas y esfuerzos: obteniéndose factores de diseño confiables y un movimiento fluido a una velocidad prudencial: por tanto se concluye que el diseño propuesto cumple con su función requerida siendo lo suficientemente confiable para no sufrir fallas mecánicas.
- El uso del software Matlab ha sido de importante ayuda. Su implementación reduce considerablemente los tiempos empleados en las pruebas y cálculos de los análisis cinemáticos, biomecánicos, de centros de gravedad, cinéticos y de esfuerzos.



### **Recomendaciones.**

- Para la obtención de las medidas antropométricas se recomienda verificar los siguientes aspectos de los instrumentos de medición: calibración, estado y limpieza puesto que un fallo de cualquiera de los aspectos mencionados podría desembocar en un error de la medida registrada.
- Expandir el estudio antropométrico, no solo a nivel local, si no a nivel provincial y nacional con el fin de que en un futuro se cuente con una base de datos antropométricos en el país, tal como lo tiene países como México, Venezuela, Colombia.
- Para el análisis estadístico ordenar los datos numéricos obtenidos de forma ascendentes para la obtención de una curva estadística que ofrezca una mejor interpretación, ya que de no hacerlo los datos se graficarían de manera muy dispersa pudiendo ocasionar errores en el momento de la interpretación.
- En la selección de materiales se escogieron aquellos que además de cumplir con las expectativas mecánicas, están a disposición en el mercado local y sobre todo abaratan costos. El seleccionado tiene bajo costo y se encuentra en el mercado local, tiene valores de seguridad altos; sin embargo su selección es aceptable. Se puede considerar y recomendar para el futuro mejoras en la propuesta optando por materiales de menores dimensiones y peso que se encuentren en otros mercados, con el objeto de lograr una construcción más ligera y que tenga un factor de seguridad menor.
- Respecto al actuador propuesto, y que está a disposición por el momento en los distribuidores por internet revisados, se aprecia una notable diferencia entre el par mínimo requerido para mover el mecanismo y el par suministrado por el sistema hidráulico: sería recomendable dentro de las mejoras a que se debe someter el mecanismo, emplear un actuador de menor fuerza y componentes obteniendo reducción de espacio y costos. Se debería analizar tal vez un actuador lineal eléctrico capaz de suplir las necesidades de par para ejecutar el movimiento.
- Se recomienda ampliar la investigación estadística en una siguiente fase, donde se involucre a un mayor número de usuarios aumentando el número de la muestra, para que el producto sea cada vez más singular y personalizado.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- A Garg, C. H. (1978). **Prediction of metabolic rates for manual material handling jobs**. American Industrial Hygiene Association Journal.
- ANTOLIN, M. S. J. (2010) -. **Integración laboral de personas**, Valladolid: fundación parque científico.
- AROS, O; AROS, M. (2010) **Equipamiento para la discapacidad: Propuesta de un bipedestador eléctrico infantil**. Universidad de la Frontera, Chile.
- BONINGER, M. & M.D., COOPER, A & FAY, B. & KOONTZ, A. (2003). **Chapter 38 Musculoskeletal Pain and Overuse Injuries**. Principles and Practice, editors Lin VW, Cardenas DD, Cutter NC, et al. Spinal Cord Medicine, New York.
- CASTILLO, A.; ARÉVALO, C; VIDAL, A. (2012) **Análisis de estabilidad para el rediseño de un bipedestador para la marcha asistida**. México, Celaya.
- Clauser C.E, M. C. (1969). **Aerospace Medical Research Laboratory**, Wright Patterson Air Force Base.
- COBOS, M. D. L. (2010) «**Diseño de puestos de trabajo para personas,**» vol. I, nº 109, pp. 17,33.
- CORTÉS, J. M. (2007) **Técnicas de prevención de riesgos laborales: seguridad e higiene del trabajo**. Novena Edición, Madrid: Tebar, S.L., Madrid, año 2007.
- POVEDA, D. (2015). **Influences on the use of observational methods by practitioners when identifying risk factors in physical work**. En *Ergonomics* (págs. 58-70).
- Drillis. (1966). **Body segment parameters**. New York.
- FERNÁNDEZ, J.; ENGELBERGER, C.; SASSETI, F. **Diseño de un bipedestador ergonómico para un niño con Parálisis Cerebral distónica**. **Ergonomía y Diseño Industrial**-Facultad de Ingeniería-Bioingeniería- UNER. Entre Ríos.

FERNÁNDEZ, T. (1998). **Capacidad Física y Compromiso Fisiológico de Trabajadores en la producción de pinturas Valencia**. Tesis, Universidad de Carabobo, Valencia.

GOÉZ, Y. M. (2009) «**Diseño de silla bipedestadora de baño para pacientes con discapacidad de miembro inferior,**» vol. I, n° 88, p. 11, 2009.

HERRERA, S. & PELÁEZ, B. & RAMOS, L. & OTROS. **Problemas con el uso de sillas de ruedas y otras ayudas técnicas y barreras sociales a las que se enfrentan las personas que las utilizan. Estudio cualitativo desde la perspectiva de la ergonomía en personas discapacitadas por enfermedades reumáticas y otras condiciones**. México DF. 2012

MANTILLA, F. (2013) **Verticalizador para incorporación de los niños y niñas con parálisis cerebral del instituto de educación de Pastaza**. Tesis. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

MO, Y. T. (2014). **New Mechanism Used in Estanding Wheelchair**. Hogskola.

Myszka. (2009). **Analisis de posicion y desplazamiento**. Mexico: McGraw Hill.

Niosh. (1981). **Work practices guide for manual lifing**. National Institute for Occupational Safety and Health.

Norton. (2012). **Cinematica de mecanismos en diseño de maquinaria**. Mexico: PEARSON.

RAZETO, V. R. (2013). **PROTOCOLO DE VIGILANCIA DE RIESGOS PSICOSOCIALES EN EL TRABAJO**. Chile.

ROBERTO, D. N. (2014). **Ergonomía y discapacidad**. Fundación IUNETE, 20-30.

RUIZ, A. & DOMÍNGUEZ. (2009) «**La antropometría en el desarrollo de nuevos productos,**» *lógica interactiva s.a.*, vol. 10, n° 1, p. 1.

**Link grafía**

ADAP y AR. (2014), **Portal de la adaptación de puestos para personas con discapacidad y ajustes razonables**. <http://adaptyar.ibv.org/index.php/otros-metodos?catid=0&id=106>

BLOGSPOT (2012). **La adecuación de los espacios para personas con discapacidad en la universidad icesi** <http://discapitadosicesi.blogspot.com/>

CERREJÓN (2015). [www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/sistemas-gestion-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo.aspx](http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/sistemas-gestion-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo.aspx)

CROEM. (s.f.). **Prevención de riesgos económicos: carga física: factores de riesgo ergonómico y sus medidas preventivas**  
<http://www.croem.es/prevergo/formativo/3.pdf>

CROEM. **Prevención de Riesgos Ergonómicos**  
<http://www.croem.es/prevergo/formativo/1.pdf>

CULLEN, A. G. (2012). Slideshare. **Método de Rula**  
<http://es.slideshare.net/AnyGarciaCullen/mtodo-rula>

CULLEN, C. V. (2009). UTALCA. **Identificación de los factor es determinantes en la calidad de servicio en atenciones cerradas de un hospital afectado por una campaña negativa de desempeño; caso hospital regional de Talca**. [http://dspace.otalca.cl:8888/ciencias\\_empresariales/61266.pdf](http://dspace.otalca.cl:8888/ciencias_empresariales/61266.pdf)

DELICADO, T. N. **Prevención de riesgos ergonómicos y psicosociales en centros de atención a personas discapacitadas**  
<http://www.ugtbalears.com/es/PRL/Documents/Folletos/GUIA%20DE%20PREVENCI%C3%93N%20DE%20RIESGOS%20ERGON%C3%93MICOS%20Y%20PSICOSOCIALES%20EN%20CENTROS%20DE%20ATENCI%C3%93N%20A%20PERSONAS%20DISCAPACITADAS.pdf>

DISCAPNET. (s.f.). **Evaluación de riesgos**.  
[http://salud.discapnet.es/Castellano/Salud/Prevencion\\_Riesgos/Prevencion/Paginas/Evaluacion\\_riesgos.aspx](http://salud.discapnet.es/Castellano/Salud/Prevencion_Riesgos/Prevencion/Paginas/Evaluacion_riesgos.aspx)

- ECURED. (Febrero 2016). **Ergonomía Ambiental**  
[http://www.ecured.cu/index.php/Ergonom%C3%ADa\\_ambiental](http://www.ecured.cu/index.php/Ergonom%C3%ADa_ambiental)
- EDUARDA, S. & DURAN, M. (2012). **Educación pertinente e inclusiva. La discapacidad en educación indígena.**  
[http://www.educacionespecial.sep.gob.mx/pdf/tabinicio/2013/indigena/4Discapacidad\\_Motriz.pdf](http://www.educacionespecial.sep.gob.mx/pdf/tabinicio/2013/indigena/4Discapacidad_Motriz.pdf)
- ELSEVIER, & GÓMEZ, P. (1999). **Rehabilitación: Sillas de ruedas. Características técnicas y antropométricas.** <http://www.elsevier.es/es-revista-rehabilitacion-120-articulo-sillas-ruedas-caracteristicas-tecnicas-antropometricas-13004964>
- ESCUADERO, M., & RUIZ, C. (2012). **Diseño y simulación de una silla de ruedas autónoma que permita subir y bajar escalones a su usuario.** <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2888/1/UPS-KT00043.pdf>  
 (Tesis universidad Salesiana).
- ESTRUCPLAN. (2000). **Métodos de valoración ergonómica de condiciones de trabajo - Estudio Descriptivo (2º Parte).**  
<http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=281>
- ESTRUCPLAN. (2003). **Ergonomía: Conformación fisiológica del punto de trabajo - 1º Parte.**  
<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=389>
- FENCE. (2009). **Promoción y Exigibilidad de los Derechos Políticos y Laborales de las personas con discapacidad del Ecuador**  
[http://www.discapacidadesecuador.org/portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=46&Itemid=105](http://www.discapacidadesecuador.org/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=46&Itemid=105)
- FENEDIF. **Proyecto.** <http://fenedif.org/index.php/la-institucion/proyectos>
- FISO. **Antropometría.** [http://www.fiso-web.org/Error?aspxerrorpath=/files/Antropometria\\_Lic.%20Melo.pdf](http://www.fiso-web.org/Error?aspxerrorpath=/files/Antropometria_Lic.%20Melo.pdf)

GAVARITO, J. (2008). **Antropometría estática**

<http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/PAGINA/protocols/ERGO/PROTOCOLO%20DE%20ANTROPOMETRIA%20ESTATICA.pdf>

GÓNGORA, M. (2010). **Antropometría, ergonomía y biomecánica:**

<http://tusitedelconocimientoweb.blogspot.com/2010/01/antropometria-ergonomia-y-biomecanica.html>

IBV. **Economía y discapacidad.**

[http://www.uva.es/export/sites/uva/6.vidauniversitaria/6.11.accesibilidadarquitectonica/\\_documentos/Ergonomia.pdf](http://www.uva.es/export/sites/uva/6.vidauniversitaria/6.11.accesibilidadarquitectonica/_documentos/Ergonomia.pdf)

**II Plan de Acción para las personas con discapacidad 2003-2008.**

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1227/Tesis.pdf?sequence=1>

ILO. (2015). <http://www.ilo.org/global/lang--en/index.htm>

INSTH. CUIXART, S. (2000). **Evaluación de las condiciones de trabajo: método del análisis ergonómico del puesto de trabajo.**

[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_387.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_387.pdf)

JAVIER, Á. **Asociación Española de ergonomía.** La ergonomía

[www.ergonomos.es/ergonomia.php](http://www.ergonomos.es/ergonomia.php)

LÓPEZ, L. S. (1999). **Discapacidad Motriz**

<http://eespecial.sev.gob.mx/difusion/motriz.php>

MADRID, C. D. (2003-2008). **La suma de todos. Discapacidad**

[http://www.madrid.org/cs/BlobServer?blobkey=id&blobwhere=1310853507259&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3D2-CONCEPTO+DE+DISCAPACIDAD\\_2.pdf&blobcol=urldata&blobtable=MungoBlobs](http://www.madrid.org/cs/BlobServer?blobkey=id&blobwhere=1310853507259&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3D2-CONCEPTO+DE+DISCAPACIDAD_2.pdf&blobcol=urldata&blobtable=MungoBlobs)

MAZ. Dr. COMÍN ANADÓN, E. D. I. (2003). **El estrés y el riesgo para la salud.**  
<http://www.uma.es/publicadores/prevencion/wwwuma/estres.pdf>

OIT. **La Salud y la Seguridad en el Trabajo**

[http://training.itcilo.it/actrav\\_cdrom2/es/osh/ergo/ergonomi.htm](http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ergo/ergonomi.htm)

Organización Mundial de la Salud (October 2010) **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)

PORTALPREVENCIÓN. **Adaptación al puesto de trabajo**

<http://portalprevencion.lexnova.es/practica/PREVENCIÓN/31402/evaluacion-de-riesgos-adaptacion-del-puesto-de-trabajo>

PTOLOMEO. Dr. JACOBO, V. (2010). **Diseño de puesto de trabajo para personas asistidas por silla de ruedas**

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1227/Tesis.pdf?sequence=1>

QUINTANA, M. S. (2005-2006). **Las medidas antropométricas**

<http://ocw.upm.es/educacion-fisica-y-deportiva/kinantropometria/contenidos/temas/Tema-2.pdf>

SALAS, F. R. (2015). **Ergonomía y su importancia en las empresas.**

<http://es.slideshare.net/renesalas710/ensayo-ergonomia>

SALGADO, P. A. (2015). **Elementos básicos de estadística con aplicación a la investigación.**<https://mg.mail.yahoo.com/neo/launch?.rand=0hls772lmgfog#4026651819>

SAN JUAN, R. c. (2010). **Integración laboral de personas con discapacidad en el puesto de caja**

[http://www.oiss.org/estrategia/IMG/pdf/guia\\_integracion\\_laboral\\_personas\\_con\\_discapacidad.pdf](http://www.oiss.org/estrategia/IMG/pdf/guia_integracion_laboral_personas_con_discapacidad.pdf)

SEMAC. CEA, N. E. (2015). **Diseño industrial y ergonomía**

<http://www.semec.org.mx/archivos/9-35.pdf>

TRUJANO, A. R. (Septiembre 2012) **Antropometría**

<https://disindustrial1angel.files.wordpress.com/2012/09/antropometrc3ada.pdf>

UAEM. ÁLVAREZ CABRALES, A. & PÉREZ RODRÍGUEZ, R. & AGUILERA RUBET, O., & RIBA ROMEVA, C. (2008). **Aplicación del Método Kano en la evaluación cualitativa de los requerimientos funcionales en el diseño conceptual de gradas**. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181517958001>

UCM3. Universidad Carlos III de Madrid. (2015). **Prevención de riesgos laborales**

[http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/laboratorios/prevencion\\_riesgos\\_laborales/manual/riesgos\\_fisicos](http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/laboratorios/prevencion_riesgos_laborales/manual/riesgos_fisicos)

UNIVERSIDAD DE LAS PALAMAS DE GRAN CANARIA. (2012). **Ergonomía y Psicología Aplicada** <http://www.sprl.ulpgc.es/index.php/sprl-datos-generales/sprl/ergonomia-y-psicosociologia-aplicada>

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. (2012). **Riesgos de origen biológico** [http://www.sprl.upv.es/d7\\_5\\_b.htm#rb1](http://www.sprl.upv.es/d7_5_b.htm#rb1)

UNNE. ALUNNI, I. J. **Fundamentos de Ingeniería:**

<http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T3.pdf>

VALERO, E. **Antropometría.**

<http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puest/DTEAntropometriaDP.pdf>

WILLIAM, A. & JOHAN, B. & MARC, K. & ALIDA, L. & KYLIE, M. & JON, P. & KIM, R. & SARAH, S. (2008) **Pautas para el suministro de sillas de ruedas manuales en entornos de menores recursos.**

[http://who.int/disabilities/publications/technology/wheelchairguidelines\\_sp\\_finalforweb.pdf](http://who.int/disabilities/publications/technology/wheelchairguidelines_sp_finalforweb.pdf)

WOLFGANG, L. & JOACHIM, V. **Ergonomía**

<http://www.inpahu.edu.co/biblioteca/imagenes/libros/Enciclopedia1.pdf>



## ANEXOS

### 1º.- Datos de encuestados

	APPELLIDOS Y NOMBRES	EDAD	EDUCACIÓN	DIRECCIÓN	TÉLEFONO	OFICIO	CAUSA DEL ACCIDENTE
1	Acosta Acosta Nelia Marina	59	Primaria	La Joya (Terremoto) a 20 pasos de Mavesa	2405188/0979876403		Paraplegia
2	Alvarez Proaño Ricardo Omar	39		frente a las bodegas/talleres KIA	/984839908/2409234	Constructor	Accidente tránsito
3	Asas Punina Rafael Asdrubal	52	Básica	encuentra callejón de nombre Víctor Rendón	0999985274/2586687	Ind. Fábrica de calzado)	Accidente tránsito
4	Basurto Vallejo Rosa M.	58	Secundaria	Asoplejicat	0991950431/	Quehaceres domésticos	
5	Cando Tubón Segundo Byron	58	Primaria	del estadio	0995761633/		Descarga de electricidad
6	Caisaguano Euclideo Segundo			La Joya.	0985416431/	Trabaja	Accidente Laboral
7	Dutan María Luz	54		Picalihua. El Calvario.- Entrada Barrio Jesus del g	2763299		Accidente Caída
8	Escobar Arcos Matilde Isabel	50	superior	hospital municipal.- área de cajas	0983583337/2440999		Poliomielitis
9	Freire Hilda Leonor	64	Primaria	Ficoa Las Palmas. Calle los Misperos y Begonia	2460032/(hijo Raúl/0998893911)		Diabetes
10	Freire Mayorga Enma del Rocío	50	Primaria	Cevallos.- Felipa Real y Elias Buchelli	0985185080/2872446		Accidente tránsito
11	Freire Molina Ángel Homero	53		Mocha. Cacerío Acapulco.- Barrio San Carlos	0988089300/2779074	Director de obras(FE Construc	Accidente tránsito
12	Frias Frias Alirio	48	Primaria	Pellileo.	0980273758/	Auxiliar de bodega	Poliomielitis
13	Guajala Sánchez Ricardo Sebastián	28	Secundaria	Primera Imprenta y Vargas Torres	0998686895/032420534)	Monitoreo cámaras 911	Accidente de moto
14	Guamanquispe Lambo César	48	Primaria	Isaías Toro Ruiz y Jácome Clavijo	0984480076/2400276		Accidente Laboral
15	Heredia Chico Alfonso Geovanny	46	Secundaria	María Inés Jimenez y Calle Cazadores	0998971379/2845452	Control de Calidad	Secuela de Poliomiilitis
16	Jeréz Pérez Miguel Ángel	66	Primaria	la casa alta de 2 pisos. (saguán a lado derecho)	0991237673/2854641	mecánico (no ejerce)	Accidente tránsito
17	Jurado Villacrés Oscar Arturo	34	Superior	(casa esquinera)	0998524454/	(Ferretería Bolívar)	Accidente tránsito
18	Mazón Medina José Saúl	60	Superior	Miño y Padre Chacón	2871864/0989187441	Profesor (Unidad Educativa	Tumor en el cerebro
19	Mejía Torres Feliza Piedad	91	Primaria	Atocha, frente al Parque Central			Diabetes
20	Miño Jaime	64	Primaria	Asoplejicat	0989716447/2415549	Ayuda en casa	
21	Miranda Núñez Lorena Alexandra	42	superior	Av. Los Shyris Nº 2225 y Pasaje Luis Cordero	2853364 / 0992522004	PLANHOFA	Mielitis transversa
22	Moposita Tibán Víctor Elias	53	Primaria	Pichincha Alta. 24 de Mayo 05-57 y Tungurahua	2842073		Semiplegia inferior
23	Moreta Poaquiza Noe Patricio	30	Primaria	(Parada Jerpazol)	0969919867/	Venta de perros de raza	Daño columna caída
24	Núñez Javier	32		Av. Bolivariana, Km 8 1/2 vía a Baños	0983201731/2488058		
25	Ojeda Manobanda Iván Oswaldo	40		Tangaiche por la constructora Alvarado Ortiz. 1.	/2758505	Chofer	Disparo de bala
26	Ortiz Mario	42		Av. Los Shyris y Atahualpa	0982200776/0984716414		
27	Parraga Intriago Yazmina Alfrédina	37	Secundaria	Alobamba. Barrio San Antonio casa 15 de Manul	2847151/0996577053/096	Contabilidad. COMYTRANS(Av	Artritis reumatoide
28	Pinto Chico María de Lourdes	50	Superior	López de Solís 01-73 y Unidad Nacional	0998218332/	Comerciante	Disparo de bala
29	Punina Luis Marcelino	33	Primaria	Vía Ecológica (Santa Rosa)	0987792365/		Accidente Caída
30	Ramos De La O Marcos Rodolfo	38	Primaria	Plaza Pachano. Calle Esmeraldas	0992787541/	Calles de la ciudad/Comercian	Accidente tránsito
31	Ruiz Morales Jorge Medardo	46	Primaria	Pichincha Alta y Sinchoroca (sector El Arbolito)	2842029/		Distrofia muscular
32	Sánchez Freire Julia Emitelia	61	Primaria	Diagonal a la Iglesia de Tiugua (tienda)	2867372	Comerciante	Caída de un árbol
33	Santamaría Macías Franklin	43	Superior	Calle Aniceto Jordán 01-105 y César Silva	0987141328/	Artesano	Accidente tránsito
34	Santana Calderón Mercedes	55	Superior	a trasportes santa	/0984733564/2520753	Promotora laboral	Accidente tránsito
35	Santos María Tiodelina	92	Primaria	Ingahurco. Calle Puerto Rico	2521501		Diabetes
36	Silva Tello José Ignacio	68	Secundaria	Redondel de las Focas. Pedro Vásconez Sevilla (j	987667131	Copia de llaves	Accidente tránsito
37	Soto Cavana Gloria Judith	67	superior	Asoplejicat	0995337039/2419617	Quehaceres domésticos	
38	Ulloa Illaglia Lorena Maricela			Pasaje Pintag. Vía Calicuchima Nº 35 Ciudadela	2842274 / 0998933182		Accidente tránsito
39	Villacrés Guasco Byron Hernán	39	Superior	Izamba	0999749038/	Policia Tungurahua	Disparo de bala
40	Villacris Lara Verónica	31	secundaria	hasta la unión.- mas arriba estan construyendo	0995665632/2442193		Paralisis Cerebral
41	Vinueza Fredy	36		Juan Benigno Vela 08-48 y Castillo (3º piso)	0995245323/2445151	Matriculación vehiculo	Distrofia muscular
42	Yi Hui Ouyang Xu (Mónica)	33	Secundaria		0999194082/2421201	China	

## 2°.- Datos de encuestados

<u>APELLIDOS Y NOMBRES</u>	<u>EDAD</u>	<u>CRONOGRAMA</u>	<u>EDUCACIÓN</u>	<u>TELÉFONO</u>	<u>TRABAJO</u>	<u>CAUSA DEL ACCIDENTE</u>	<u># CONADIS</u>	<u>PRÓX. Reunión</u>	<u>PROPONENTE (responsable)</u>	capacitación
1 Acosta Acosta Nelia Marina	59	apto para bipedestar miércoles 4 pm hecho	Primaria	2405188/0979876403		Paraplegia-paralisis lado izquierdo del cuerpo			Moya Juan Diego(0983486862)	si
2 Alvarez Proaño Ricardo Omar	39	apto para bipedestar sábado a las 12:00		/984839908/2409234	Constructor-ferreteria	accidente hace 13 años			Shirley López/Juan Diego Ramos	
3 Asas Punina Rafael Asdrubal	52	apto para bipedestar dom 28 10 am hecho	Básica	0999985274/2586687	Preparador de suelas (Parque Ind. Fábrica de calzado)	Acc. Tránsito			Muñoz Jenny (0979071669)	si
4 Cando Tubón Segundo Byron	58	apto para bipedestar sáb 11 3:00 pm hecho	Primaria	0995761633/		le cogió la electricidad en inleche	59707		Rosero Jeferson (0995039401)	si
5 Escobar Arcos Matilde Isabel	50	apto para bipedestar miércoles 2:00 hecho	superior	0983558337/2440999	Recepcionista Hospital Nuestra Señora de la Merced	secuela de poliomyelitis			Velez Leonardo + Dominguez Diego Carrillo	
6 Freire Mayorga Enma del Rocío	50	apto para bipedestar mart 21 2:30 hecho	Primaria	0985185080/2872446		Acc. Tránsito, hace 15 años			Johana(0998942823)	si
7 Guamanisque Llambo César Alfredo	48	apto para bipedestar (papá) mart 24 11 am hecho	Primaria	0984480076/2400276		Acc. Laboral (Albañil)	171608		Guevara David(0987823135)	no
8 Heredia Chico Alfonso Geovanny	46	apto para bipedestar. Piernas cortas tronco hiperdesarrollado mar 24 10 am hecho	Secundaria	0998971379/2845452	Control de Calidad (Parque Ind. 5ª Etapa)	Secuela de Poliomyelitis			Vargas Santiago(0992620725)	si
9 Jerez Pérez Miguel Ángel	66	apto para bipedestar lunes 11 am hecho	Primaria	0991237673/2854641	Control de Calidad (Parque Ind. 5ª Etapa)	Secuela de Poliomyelitis			Mazón Alexander(0992919381)	no
10 Jurado Villacrés Oscar Arturo	34	apto para bipedestar sáb 4 pm hecho	Superior	0998524454/	Asistente de Contabilidad (Ferretería Bolívar)	Acc. Tránsito. Fractura d5 y d6. paraplejia lesión total			Chilliquinga Fabricio(0989862863)	si
11 Mazón Medina José Saúl	60	apto para bipedestar sáb 1 pm hecho	Superior	2871864/0989187441	Profesor (Unidad Educativa Pelileo)	Accidente en el parapante, le salió un chibolo que iba creciendo (pero en reilidad tenía un tumor en el cerebro)			(Agreda José)(0999640171)	si
12 Moposita Tibán Víctor Elías	53	apto para bipedestar. Pierna derecha dominio total jue 26 3 pm hecho	Primaria	2842073		Semiplejia. Parálisis de la cintura para abajo			Moya Juan Diego(0983486862)	
13 Moreta Poaquiz Noe Patricio	30	apto pa bipedestar dom 28 11 am hecho	Primaria	0969919867/	Comerciante de mascotas de raza	daño coñumna lumbar por caída de palo ensebado			Espín Ricardo	
14 Ojeda Manobanda Iván Oswaldo	40	apto para bipedestar sáb a las 11:00 hecho		/2758505	chofer profesional.	Disparo de una bala salida por no pagar pasaje			Diego Córdova + Fabricio Nuñez	
15 Pinto Chico María de Lourdes	50	apto para bipedestar martes 2 pm hecho	Superior	0998218332/	Comerciante	Bala perdida	18530		Uuga gabriel	si
16 Sánchez Freire Julia Emitelia	61	apto para bipedestar. Tiene fuerza en las 2 piernas mar 24 3 pm hecho	Primaria	2867372	Tienda-comerciante	Caida árbol a los 39 años	181201		Mosquera Patricio (0987979318)	si
17 Santamaría Macías Fránklin Germán	43	apto para bipedestar dom 28 11 am hecho	Superior	0987141328/	Artesano	Acc. Tránsito	361458		Vargas Santiago(0992620725)	si
18 Santana Calderón Mercedes	55	apto para bipedestar sáb a las 09:00 hecho	Superior	/0984733564/2520753	promotora laboral	accidente tránsito			Paredes Nubia (0987550429)	
19 Srgto. Villacrés Guasco Byron Hernán	39	apto para bipedestar lunes 09:30 hecho	Superior	0999749038/	Subzona de Policía Tungurahua N° 18.- ISSPOL: Administración	balazo en Tena. 22 octubre 2001		ISSPO L	Jenny Muñoz + Santiago Lascano	si
20 Villacís Lara Verónica. (Elisa Villacís = hermana)	31	apto para bipedestar miércoles 2:45 hecho	secundaria	0995665632/2442193		PC.-	carnet conadis		Jorge López + Diego López	
21 Vinuesa Fredy	36	apto para bipedestar dom 28 11 am hecho		0995245323/2445151	Matriculacion vehicular del municipio Administradora chifa	Distrofia muscular genética			Dávid Lema + Carlos Galarza	
22 Yí Hui Ouyang Xu (Mónica)	33	apto para bipedestar. mar 24 5 pm hecho	Secundaria	0999194082/2421201	Casa-China				Naranjo José (0984914896)	si

3° RULA. Matrices de PROCESAMIENTO

ANÁLISIS R.U.L.A.

Fecha:

Ing. Fernando Urrutia

N°

1

Analista

Nombre: Acosta Acosta Nelia Marina

PUNTUACIÓN GLOBAL GRUPO A

Brazo	Antebrazo	Muñeca		Muñeca		Muñeca		Muñeca	
		1		2		3		4	
		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

ANÁLISIS R.U.L.A.

Fecha: \_\_\_\_\_

Ing. Fernando Urrutia

N°

1

Nombre: Acosta Acosta Nelia Marina

PUNTUACIÓN GRUPO B

	Tronco					
	1	2	3	4	5	6
	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas
Cuello	1	1	1	1	1	1
1	1	2	3	5	6	7
2	2	2	4	5	6	7
3	3	3	4	5	6	7
4	5	5	6	7	7	8
5	7	7	7	8	8	8
6	8	8	8	8	9	9

SUMA DE PUNTOS		
	Grupo A	Grupo B
<b>Puntuación</b>	5	1
<b>Actividad</b>	0	0
<b>Fuerza</b>	1	0
<b>Suma Total</b>	6	1
<b>Puntuación C</b>		6 Pts.
<b>Puntuación D</b>		1 Pts.

PUNTUACIÓN FINAL							
Puntuación C	Puntuación D						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

<b>Niveles de Acción</b>
<b>Nivel 1 (1 o 2 Pts.)</b>
Postura aceptable
<b>Nivel 2 (3 o 4 Pts.)</b>
Requiere cambios
<b>Nivel 3 (5 o 6 Pts.)</b>
Requiere rediseño
<b>Nivel 4 (7 Pts.)</b>
Cambios urgentes.

Datos individuales de la persona observada #2

ANÁLISIS ERGÓNICO DEL TRABAJO	Fecha:	Analista: Ing. Fernando Urrutia	Nº 2
Puesto de trabajo: Silla de Ruedas-Constructor	Departamento: Construcción		
Tarea: Supervisión en la construcción de edificaciones.	Emplazamiento: Frente a las bodegas/talleres KIA		
Máquinas, equipos: Computador, herramientas de construcción y medidor pequeños.			
<b>Descripción de la tarea, fases de trabajo (1,2,3)</b>			
Supervisión de edificaciones en las cuales ejerce diversas actividades como observación, análisis, control, etc.			
<b>Dibujo del puesto de trabajo y fotografía</b>			



	Valoración del analista					Valoración del trabajador					Comentarios
	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	
1. Puesto de trabajo	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	El puesto de trabajo tiene varios aspectos mejorables que es preciso corregir.
2. Carga física estática postural.	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Realiza el trabajo movilizándose en un carro y su silla de ruedas.
3. Levantamiento de cargas	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Levantamiento de carga de 2,5 kg. Mayores a 50 minutos por hora.
4. Posturas y movimientos	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Permanece sentado todo el tiempo.
5. Riesgo de accidente	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Existe gran susceptibilidad a incurrir en un accidente debido a cierta inestabilidad de la silla de ruedas.
6. Turnos y horarios. Pausas en el tiempo de trabajo.	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Trabajo de ocho horas en dos jornadas.
7. Contenido de trabajo. Carga mental.	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Trabajos con equipos o procesos complejos en los que se deben reconocer la relación entre los distintos componentes (electrónicos, mecánicos).
8. Carga sensorial.	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Trabajos que implican atención periódica o intermitente de distintas variables, coincidiendo varias de ellas a la vez, de modo que la atención concentrada sobre algún aspecto del trabajo es permanente.
9. Comunicación y relaciones sociales	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Existe comunicación verbal fluida y frecuente con todos los niveles de la empresa, con elevado nivel de privacidad si la situación lo requiere.
10. Autonomía y Toma de decisiones	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Trabajos donde es preciso definir el orden de las operaciones que se van a realizar.
11. Monotonía y Repetitividad del trabajo	1	2	3	4	5	++	+	.	-	--	Duración media del ciclo de trabajo de 10 a 30 minutos.

Recomendaciones:

Fuente: Investigación de campo: Puestos de trabajo para usuarios de sillas de ruedas. (2015)

Elaborado por: Ing. Fernando Urrutia (2015)

5º encuesta APLICADA el 21 feb 2015 por los estudiantes

**PROYECTO SILLA DE BIPEDESTACIÓN**

El propósito de esta investigación es determinar las actitudes hacia diferentes aspectos relacionados a la percepción de usuarios de sillas de ruedas de bipedestación. No hay respuestas correctas ni incorrectas. Tan solo se pretende obtener una información de sus sentimientos personales relacionados con estos dispositivos auxiliares para movilidad.

Nota: Se denomina Bipedestación o bipedismo a la capacidad para permanecer sobre las extremidades inferiores.

**1. REQUERIMIENTO: Capacidad de bipedestación.**

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de ruedas con capacidad de bipedestación?  
¿Cómo se sentiría usted si NO utiliza una silla de ruedas con capacidad de bipedestación?

Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de ruedas con capacidad de bipedestación?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puede aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si NO utiliza una silla de ruedas con capacidad de bipedestación?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puede aceptarlo
	5. Me desagrada

Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremamente importante
Capacidad de Bipedestación	1	2	3	4	5

**2. REQUERIMIENTO: Tipo de sistema de extensión para bipedestar**

¿Cómo se sentiría usted SI el sistema para que la silla de ruedas cambie su posición hasta bipedestar, es eléctrico - hidráulico?  
¿Cómo se sentiría usted si el sistema para que la silla de ruedas cambie su posición hasta bipedestar, NO es eléctrico - hidráulico?

Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI la silla de ruedas para levantar su asiento hasta bipedestar, utiliza un sistema de elevación eléctrico-hidráulico?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puede aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si la silla de ruedas para levantar su asiento hasta bipedestar, NO utiliza un sistema de elevación eléctrico-hidráulico?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puede aceptarlo
	5. Me desagrada

Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremamente importante
Sistema eléctrico de bipedestación	1	2	3	4	5

**3. REQUERIMIENTO: Tipo de sistema de extensión para bipedestar**

¿Cómo se sentiría usted SI el sistema para que la silla de ruedas utilice para bipedestar, es mecánico?  
¿Cómo se sentiría usted si el sistema para que la silla de ruedas utilice para bipedestar, NO es mecánico?

Para esta característica, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI la silla de ruedas para bipedestar, utiliza un sistema de elevación mecánico?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puede aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si la silla de ruedas para bipedestar, NO utiliza un sistema de elevación mecánico?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puede aceptarlo
	5. Me desagrada

Por favor, haga una evaluación de este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremamente importante
Sistema mecánico de bipedestación	1	2	3	4	5

**4. REQUERIMIENTO: Material de la estructura (armazón) de la silla de ruedas**

¿Cómo se sentiría usted SI el marco de la silla de ruedas que utiliza es de hierro o acero?  
¿Cómo se sentiría usted si el marco de la silla de ruedas que utiliza NO es de hierro o acero?

Para esta característica, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI el marco de la silla de ruedas que utiliza es de hierro o acero?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puede aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si el marco de la silla de ruedas que utiliza NO es de hierro o acero?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puede aceptarlo
	5. Me desagrada

Por favor, haga una evaluación de este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremamente importante
Requerimiento armazón de hierro	1	2	3	4	5

**5. REQUERIMIENTO: Material de la estructura (armazón) de la silla de ruedas**

¿Cómo se sentiría usted SI el marco de la silla de ruedas que utiliza es aluminio?  
¿Cómo se sentiría usted si el marco de la silla de ruedas que utiliza NO es de aluminio?

Para esta característica, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI el marco de la silla de ruedas que utiliza es aluminio?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puede aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si el marco de la silla de ruedas que utiliza NO es de aluminio?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puede aceptarlo
	5. Me desagrada

Por favor, haga una evaluación de este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremamente importante
Requerimiento armazón de aluminio	1	2	3	4	5

**6. REQUERIMIENTO: Tipo de radios de las ruedas de la silla**

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla cuyas ruedas tienen radios de aluminio?  
 ¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla cuyas ruedas NO tienen radios de aluminio?

Para esta característica, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla cuyas ruedas tienen radios de aluminio?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla cuyas ruedas NO tienen radios de aluminio?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada

Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremo importante				
Requerimiento radios de aluminio de la rueda	1	2	3	4	5	6	7	8	9



**7. REQUERIMIENTO: Tipo de radios de las ruedas de la silla**

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla cuyas ruedas tienen radios de plástico?  
 ¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla cuyas ruedas NO tienen radios de plástico?

Para esta característica, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla cuyas ruedas tienen radios de plástico?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla cuyas ruedas NO tienen radios de plástico?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada

Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremo importante				
Requerimiento radios plásticos de las ruedas	1	2	3	4	5	6	7	8	9



**8. REQUERIMIENTO: Tipo de cubierta de las ruedas**

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla con ruedas cuyas cubiertas son macizas?  
 ¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla con ruedas cuyas cubiertas NO son macizas?


Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla con ruedas cuyas cubiertas son macizas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla con ruedas cuyas cubiertas NO son macizas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada

Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremo importante				
Requerimiento: ruedas macizas	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Las macizas resultan más duras de conducir al no amortiguar para su requerimiento mencionado.



**9. REQUERIMIENTO: Tipo de cubierta de las ruedas**

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla con ruedas cuyas cubiertas son neumáticas?  
 ¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla con ruedas cuyas cubiertas NO son neumáticas?

Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla con ruedas cuyas cubiertas son neumáticas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla con ruedas cuyas cubiertas NO son neumáticas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada

Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremo importante				
Requerimiento: ruedas neumáticas	1	2	3	4	5	6	7	8	9



**10. REQUERIMIENTO: Número de ruedas**

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla con 4 ruedas (2 pequeñas adelante y 2 grandes atrás)?  
 ¿Cómo se sentiría usted si NO utiliza una silla con 4 ruedas (2 pequeñas adelante y 2 grandes atrás)?

Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla con 4 ruedas (2 pequeñas adelante y 2 grandes atrás)?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si NO utiliza una silla con 4 ruedas (2 pequeñas adelante y 2 grandes atrás)?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada

Por favor, haga una evaluación de este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremo importante				
Requerimiento: 4 ruedas	1	2	3	4	5	6	7	8	9



**11. REQUERIMIENTO: Número de ruedas**

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla con 6 ruedas medianas?  
 ¿Cómo se sentiría usted si NO utiliza una silla con 6 ruedas medianas?

Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla con 6 ruedas medianas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si NO utiliza una silla con 6 ruedas medianas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada

Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremo importante				
Requerimiento: 6 ruedas	1	2	3	4	5	6	7	8	9



**12. REQUERIMIENTO: Freno de parada**

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de ruedas con freno de parada en 1 rueda?  
 ¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla de ruedas que NO tiene freno de parada en 1 rueda?

Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de ruedas con freno de parada en 1 rueda?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla de ruedas que NO tiene freno de parada en 1 rueda?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada



Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremo importante				
Requerimiento freno de parada 1 rueda	1	2	3	4	5	6	7	8	9




**13. REQUERIMIENTO: Freno de parada**

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de ruedas con freno de parada en las 2 ruedas?  
 ¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla de ruedas que NO tiene freno de parada en las 2 ruedas?

Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de ruedas con freno de parada en las 2 ruedas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla de ruedas que NO tiene freno de parada en las 2 ruedas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada



Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremo importante				
Requerimiento freno de parada en 2 ruedas	1	2	3	4	5	6	7	8	9

**14. REQUERIMIENTO: Regulación del ángulo de respaldo**

¿Cómo se sentiría usted SI la silla de ruedas que utiliza dispone de un dispositivo para poder ajustar la inclinación del respaldo?  
 ¿Cómo se sentiría usted si la silla de ruedas que utiliza NO dispone de un dispositivo para poder ajustar la inclinación del respaldo?

Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI la silla de ruedas que utiliza dispone de un dispositivo para poder ajustar la inclinación del respaldo?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si la silla de ruedas que utiliza NO dispone de un dispositivo para poder ajustar la inclinación del respaldo?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada



Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:


	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremo importante				
Requerimiento inclinación de respaldo	1	2	3	4	5	6	7	8	9

**15. REQUERIMIENTO: Tipo de seguridad entre el abdomen y la pelvis**

¿Cómo se sentiría usted SI un cinturón ajustador de seguridad entre el abdomen y la pelvis?  
 ¿Cómo se sentiría usted si NO utiliza un cinturón de seguridad entre el abdomen y la pelvis?


Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de ruedas con cinturón ajustador de seguridad que se coloca entre el abdomen y la pelvis, y que se asegura con velcro?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla de ruedas con un cinturón ajustador de seguridad, para colocarlo entre el abdomen y la pelvis que NO utiliza velcro para asegurar?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada



Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremo importante				
Requerimiento cinturón seguridad abdomen/pelvis	1	2	3	4	5	6	7	8	9




**16. REQUERIMIENTO: Seguridad y soporte para las piernas (cañillas)**

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de bipedestación que tenga soportes para las piernas en las cañillas?  
 ¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla de bipedestación que NO tenga soportes para las piernas en las cañillas?


Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de ruedas de bipedestación que tenga soportes para sostener las piernas débiles o paralizadas en las cañillas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla de ruedas de bipedestación que NO tenga soportes para sostener las piernas débiles o paralizadas en las cañillas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada



Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremo importante				
Requerimiento soportes de las cañillas	1	2	3	4	5	6	7	8	9



**17. REQUERIMIENTO: Seguridad y soporte para las piernas (rodillas)**

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de bipedestación que tenga soportes para las piernas en las rodillas?  
 ¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla de bipedestación que NO tenga soportes para las piernas en las rodillas?

Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de ruedas de bipedestación que tenga soportes para sostener las piernas débiles o paralizadas a través de sujetar las rodillas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla de ruedas de bipedestación que NO tenga soportes para sostener las piernas débiles o paralizadas a través de sujetar las rodillas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada



Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremo importante				
Requerimiento soportes de las rodillas	1	2	3	4	5	6	7	8	9



### 18. REQUERIMIENTO: Seguridad y soporte para los pies (empuje)

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de hipotecación que tenga soporte para los pies en el empuje?  
 ¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla de hipotecación que NO tenga soporte para los pies en el empuje?

Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de ruedas de hipotecación que tenga soporte para fijar los pies a la superficie de pisado por medio del empuje?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla de ruedas de hipotecación que NO tenga soporte para fijar los pies a la superficie de pisado por medio del empuje?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada



Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremamente importante				
Requerimiento seguridad del empuje	1	2	3	4	5	6	7	8	9

### 19. REQUERIMIENTO: Seguridad y fijación de los talones

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de hipotecación que tenga apoyo para los talones?  
 ¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla de hipotecación que NO tenga apoyo para los talones?

Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI utiliza una silla de ruedas de hipotecación que tenga un apoyo seguro y estable de los talones en la superficie de pisado?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si utiliza una silla de ruedas de hipotecación que NO tenga un apoyo seguro y estable de los talones en la superficie de pisado?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada



Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremamente importante				
Requerimiento seguridad de talones	1	2	3	4	5	6	7	8	9

### 20. REQUERIMIENTO: Estatura y peso del usuario

¿Cómo se sentiría usted SI la silla se puede adaptar a su estatura y peso?  
 ¿Cómo se sentiría usted si la silla si NO puede adaptar a su estatura y peso?

Para esta pregunta, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI la silla se puede adaptar a su estatura y peso?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si la silla si NO puede adaptar a su estatura y peso?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada



Por favor, haga una evaluación de la importancia que tiene para usted este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremamente importante				
Adaptación a estatura y peso	1	2	3	4	5	6	7	8	9

### 21. REQUERIMIENTO: Selección del color de la tapicería de la silla

¿Cómo se sentiría usted SI pudiera escoger el color de la tapicería de la silla de ruedas?  
 ¿Cómo se sentiría usted si NO pudiera escoger el color de la tapicería de la silla de ruedas?

Para esta característica, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI pudiera escoger el color de la tapicería de la silla de ruedas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si NO pudiera escoger el color de la tapicería de la silla de ruedas?	1. Me agrada
	2. Es lo esperado
	3. Me da lo mismo
	4. Puedo aceptarlo
	5. Me desagrada



Por favor, haga una evaluación de este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremamente importante				
Poder seleccionar el color de la tapicería	1	2	3	4	5	6	7	8	9

### 22. REQUERIMIENTO: Disponibilidad local de variedad de sillas de ruedas

¿Cómo se sentiría usted SI existiera en Ambato mayor variedad de sillas de ruedas?  
 ¿Cómo se sentiría usted si NO existiera en Ambato variedad de sillas de ruedas?

Para esta característica, seleccione una de las respuestas entre las siguientes:

¿Cómo se sentiría usted SI existiera en Ambato mayor variedad de sillas de ruedas?	6. Me agrada
	7. Es lo esperado
	8. Me da lo mismo
	9. Puedo aceptarlo
	10. Me desagrada
¿Cómo se sentiría usted si NO existiera en Ambato variedad de sillas de ruedas?	6. Me agrada
	7. Es lo esperado
	8. Me da lo mismo
	9. Puedo aceptarlo
	10. Me desagrada



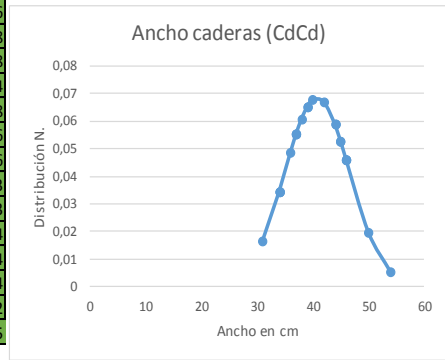
Por favor, haga una evaluación de este requerimiento:

	Para nada importante	Algo importante	Importante	Muy importante	Extremamente importante				
Disponibilidad local de mayor variedad de sillas	1	2	3	4	5	6	7	8	9

6°.- Percentiles trece gráficas

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	ANCHO CADERAS (CdCd)	Distribución N
1	Moposita Tibán Víctor Elías	31	0,016561855
2	Asas Punina Rafael Asdrubal	34	0,034529283
3	Santamaría Macías Fránklin Germán	34	0,034529283
4	Villacrés Guasco Byron Hernán	34	0,034529283
5	Santana Calderón Mercedes	36	0,048637883
6	Alvarez Proaño Ricardo Omar	37	0,055231727
7	Cando Tubón Segundo Byron	37	0,055231727
8	Heredia Chico Alfonso Geovanny	37	0,055231727
9	Ojeda Manobanda Iván Oswaldo	38	0,060899846
10	Pinto Chico María de Lourdes	39	0,065201468
11	Villacís Lara Verónica	39	0,065201468
12	Acosta Acosta Nelía Marina	40	0,067781654
13	Vinueza Fredy	42	0,067059848
14	Freire Mayorga Enma del Rocío	44	0,058974926
15	Jurado Villacrés Oscar Arturo	44	0,058974926
16	Jerez Pérez Miguel Ángel	45	0,052916393
17	Yi Hui Ouyang Xu (Mónica)	45	0,052916393
18	Escobar Arcos Matilde Isabel	46	0,046102734
19	Guamanquispe Llambo César Alfredo	46	0,046102734
20	Moreta Poaquiza Noe Patricio	46	0,046102734
21	Mazón Medina José Saúl	50	0,019788302
22	Sánchez Freire Julia Emitelia	54	0,005302835

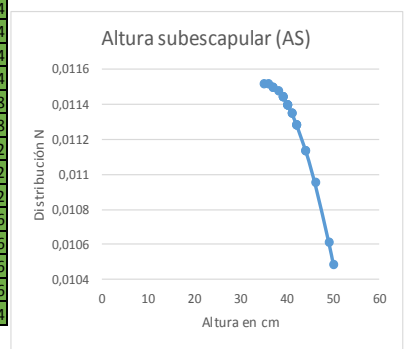
media	40,818
desviación estándar	5,828
Xmax	54
Xmin	31
P5	31,202
P95	50,434
PERSONAS FUERA DEL RANGO	



Los valores de ancho cadera que corresponden al 90% de la población está entre 32 cm y 51 cm

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	Altura subescapular (AS)	Distribución N
1	Villacís Lara Verónica Elizabeth	35	0,011521552
2	Yi Hui Ouyang Xu (Mónica)	36	0,011516748
3	Acosta Acosta Nelía Marina	37	0,011502348
4	Escobar Arcos Matilde Isabel	37	0,011502348
5	Alvarez Proaño Ricardo Omar	38	0,011478389
6	Freire Mayorga Enma del Rocío	39	0,01144493
7	Mazón Medina José Saúl	39	0,01144493
8	Moposita Tibán Víctor Elías	39	0,01144493
9	Heredia Chico Alfonso Geovanny	40	0,011402054
10	Jurado Villacrés Oscar Arturo	40	0,011402054
11	Pinto Chico María de Lourdes	40	0,011402054
12	Vinueza Fredy	40	0,011402054
13	Cando Tubón Segundo Byron	41	0,011349868
14	Santana Calderón Lida Mercedes	41	0,011349868
15	Guamanquispe Llambo César Alfredo	42	0,011288502
16	Asas Punina Rafael Asdrubal	42	0,011288502
17	Sánchez Freire Julia Emitelia	42	0,011288502
18	Ojeda Manobanda Iván Oswaldo	44	0,011138856
19	Villacrés Guasco Byron Hernán	44	0,011138856
20	Moreta Poaquiza Noe Patricio	46	0,010954586
21	Jerez Pérez Miguel Ángel	49	0,010617256
22	Santamaría Macías Fránklin Germán	50	0,010489624

media	40,95
desviación estándar	3,836
Xmax	50
Xmin	35
P5	34,63
P95	47,28
PERSONAS FUERA DEL RANGO	



Los valores de altura subescapular que corresponden al 90% de la población está entre 35cm y 48cm

7° 4847-22144-1-PB artículo ya publicado en SALUD UIS

## Metodología para incentivar la inserción laboral de personas en sillas de ruedas: una propuesta para Ecuador

Thalia San Antonio<sup>1</sup>, Jéssica López Arboleda<sup>1</sup>, Carlos Sánchez Rosero<sup>1</sup>, Fernando Urrutia<sup>1</sup>

**Forma de citar:** San Antonio T, López Arboleda J, Sánchez Rosero C, Urrutia F. Metodología para incentivar la inserción laboral de personas en sillas de ruedas. Rev Univ Ind Santander Salud. 2015; 47(2):215-217.

### RESUMEN

Motivado por la baja inserción laboral de personas que utilizan sillas de ruedas y el favorable marco legal en Ecuador se presenta una metodología para comparar los costos relacionados con la inserción laboral de personas en sillas de ruedas con dos componentes: (1) modificación del ambiente de trabajo según parámetros ergonómicos y (2) variación de las prestaciones de las sillas de ruedas en función de la eliminación o minimización de los cambios que la empresa debe realizar para ofrecer un ambiente apropiado al empleado con discapacidad. Para el estudio se plantea incluir individuos que utilizan sillas de ruedas, tienen la capacidad de realizar actividades profesionales con sus miembros superiores. La hipótesis planteada es que resultará más eficiente mejorar las capacidades de las sillas, ya que esta opción disminuirá la inversión que debe realizar la empresa en función de ofrecer el empleo a la persona discapacitada, aumentando las posibilidades reales de su inserción laboral.

**Palabras clave:** Sillas de Ruedas, Discapacidad, Inserción Laboral, Ergonomía.

### INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la ergonomía aplicada a personas con discapacidad en distintos niveles no tiene un enfoque diferente al de otras aplicaciones de esta disciplina, ya que la finalidad de la misma es adaptar el entorno a las características de las personas. Estos cambios se realizan en función de las capacidades, necesidades, habilidades y, fundamentalmente, de las limitaciones de la persona con el propósito de equilibrar demandas y capacidades. Sin embargo, en el caso de personas con discapacidades funcionales la adaptación es especialmente necesaria, ya que al ser más dependientes del entorno su confort, seguridad y salud requieren de una mayor aplicación de los parámetros ergonómicos<sup>7</sup>.

### Marco legal ecuatoriano

El Plan Nacional del Buen Vivir (SENPLADES 2013)<sup>9</sup>, entre sus políticas y lineamientos estratégicos contempla garantizar la atención especializada durante el ciclo de vida a personas y grupos de atención prioritaria, con corresponsabilidad entre el Estado, la sociedad y la familia; a este respecto plantea:

- Consolidar los mecanismos de protección e inclusión social, considerando la inclusión económica de las personas con discapacidad.
- Estructurar un sistema nacional de cuidados que proteja a los grupos de atención prioritaria en todo el ciclo de vida, entre otros para facilitar una vida digna a las personas con discapacidad.

1. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

**Correspondencia:** Thalia San Antonio. **Dirección:** Jácome Clavijo 23 y Av. Atahualpa, Ambato. Ecuador. **Correo electrónico:** t.sanantonio@uta.edu.ec. **Teléfono:** +593 993333587

El código del trabajo determina que el empleador público o privado, que cuente con un número mínimo de veinticinco trabajadores, está obligado a contratar, al menos, a una persona con discapacidad en labores permanentes que se consideren apropiadas en relación con sus conocimientos, condición física y aptitudes individuales, observándose los principios de equidad de género y diversidad de discapacidad. A partir del año 2009, el porcentaje obligatorio de contratación de personas con discapacidad, es del 4% del total de trabajadores de cada empresa o patrono persona natural<sup>6</sup>.

### Planteamiento del problema

Según el Consejo Nacional de Discapacitados el 13,2% del total de la población del Ecuador son personas con algún tipo de discapacidad y el 4,89% son personas con discapacidad por deficiencias físicas. Más específicamente, en la Provincia de Tungurahua están registradas 4.244 personas con discapacidad física<sup>7</sup>. Con respecto a la inserción laboral, en Ecuador se tiene que menos de la mitad de las personas con discapacidad (44%) reportan que sí han trabajado alguna vez, pero apenas la cuarta parte (25%) de estas personas reportan estar trabajando (CONADIS 2013)<sup>1</sup>.

Cuando existe una discapacidad física, la persona afectada presenta una desventaja que le imposibilita o limita su desempeño motor, lo que implica que las partes afectadas son los brazos y/o las piernas; en consecuencia, el individuo generalmente requiere de la ayuda de otras personas para realizar las actividades de la vida diaria y en muchos casos quedan excluidos del ámbito laboral<sup>5,3,8</sup>.

Entre las deficiencias físicas más comunes se encuentran las relacionadas con la movilidad de las extremidades inferiores. Estas pueden tener diversas causas como lesiones medulares o traumatismos craneoencefálicos producto de accidentes automovilísticos, caídas o heridas con armas de fuego, como también pueden ser causadas por enfermedades musculoesqueléticas, neurodegenerativas, cerebro-vasculares, osteoarticulares, entre otras<sup>2</sup>.

Sin embargo, aunque han transcurrido 4 años desde la creación del marco legal que obliga a la inserción laboral de personas con discapacidad, los usuarios de sillas de ruedas que pueden encontrar trabajo son escasos, y es la opinión de los investigadores que esto se debe principalmente a los costos en los que tiene que incurrir la empresa para efectuar las modificaciones

necesarias al ambiente laboral que requieren este tipo de personas.

En este ensayo se plantea una metodología que permita estimar los costos relacionados con la inserción laboral, haciendo una comparación entre el valor económico de modificar el ambiente de trabajo según parámetros ergonómicos y el costo de ampliar las prestaciones de las sillas de ruedas en función de eliminar o minimizar los cambios que la empresa debe realizar para ofrecer un ambiente apropiado al empleado con discapacidad. Se espera que las ideas aquí expresadas puedan ser útiles en otros contextos latinoamericanos.

## METODOLOGÍA PROPUESTA

El estudio puede hacerse con personas con discapacidad que requieran silla de ruedas para desplazarse, posean la capacidad de realizar actividades profesionales con sus miembros superiores y estén en edad laboral. Respecto a las empresas, se podrá seleccionar una muestra representativa de la pequeña (10 a 49 empleados) y mediana (50 a 99 empleados) industria. Con la finalidad de evaluar los costos relacionados con las modificaciones que deben hacer las empresas para poder dar un puesto de trabajo a una persona en silla de ruedas se plantea lo siguiente:

- Determinar qué porcentaje de las empresas seleccionadas cumplen con la cantidad de empleados con discapacidad.
- Determinar qué porcentaje de los empleados con discapacidad utilizan sillas de ruedas.
- Evaluar desde el punto de vista ergonómico las condiciones físicas, estándares de confort y mobiliario que han adaptado las empresas para los empleados con discapacidad utilizando los métodos ErgoDis-IBV<sup>10</sup> y ErgoHobe<sup>4</sup>. En el caso de las empresas que no tienen empleados con discapacidad se evalúan los cambios que se requieren.
- Estimar los costos que acarrea a la empresa las adaptaciones para crear un ambiente ergonómico para un empleado que utilice silla de ruedas.

Por otro lado, se podrá realizar un estudio de costos relacionados con las capacidades que puedan ser incorporadas a las sillas de ruedas o la existencia en el mercado de equipos con las prestaciones que permitan eliminar o minimizar los cambios que la empresa debe realizar para ofrecer un ambiente apropiado al empleado con discapacidad.

En esta parte del estudio se realizan entrevistas a personas que utilizan sillas de ruedas, sus familiares y equipo médico, a fin de considerar los siguientes aspectos:

- Características más comunes del entorno que deben ser superadas: distancias a recorrer, estado del piso, presencia de desniveles, accesibilidad, transporte de objetos, entre otros.
- Percepción de la persona discapacitada del ambiente laboral, de sus capacidades físicas y de las de su silla de ruedas.
- Características antropométricas y fisiológicas relacionadas con su patología, así como las indicaciones médicas relacionadas con su estado de salud.
- Equilibrio entre el costo que tendría la modificación de su silla de ruedas o la adquisición de una nueva y la mejora de sus posibilidades de reinserción laboral.

Se espera que el costo promedio de readecuar las condiciones físicas en las áreas de trabajo de las pequeñas y medianas empresas de la provincia, en promedio sea significativamente más alto que las adaptaciones funcionales a las sillas de ruedas. Se presume que la cantidad de personas en sillas de ruedas que se encuentran laborando en empresas en la provincia es mínima.

## CONCLUSIONES

Realizar este tipo de estudio tiene gran importancia si se quiere disminuir de forma efectiva la discriminación laboral de las personas en sillas de ruedas, ya que plantea dejar de esperar a que el medio sea modificado para la persona con discapacidad y en su lugar modificar las sillas de ruedas para que le permita sobrepasar determinados obstáculos.

Si bien en nuestros países latinoamericanos los gobiernos legislan en favor de las personas con discapacidad y presentan estadísticas que confirman su existencia en porcentajes significativos de la población, las políticas no son implementadas con efectividad, imposibilitando el acceso independiente de las personas en sillas de ruedas a las actividades sociales cotidianas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, por su especial apoyo en el desarrollo de la presente propuesta, gracias al financiamiento del proyecto PROMETEO: “Diseño de una silla de ruedas eléctrica de bipedestación”.

## REFERENCIAS

1. Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades Ecuador 2013. Registro Nacional de Discapacidades.
2. Garazi U. Programa de promoción, información, asesoramiento y entrenamiento de las ayudas técnicas para personas con discapacidad física, sus familiares y profesionales. [Tesis Maestría]. Pamplona: Universidad Pública de Navarra. Escuela Universitaria de Estudios Sanitarios; 2013.
3. Hurtado Floid M, Aguilar Zambrano J, Mora Antó A, Sandoval Jiménez C, Peña Solórzano C, León Díaz A. Identificación de las barreras del entorno que afectan la inclusión social de las personas con discapacidad motriz de miembros inferiores. *Salud Uninorte*. 2012; 28(2): 227-237.
4. Lobos L. Ergohobe de Lantegi Batuak: Mejora continúa en ergonomía para personas con discapacidad; 2010.
5. Martins LB, Cabral AK. Ergonomics and the inclusion of disabled people in the Brazilian job market. *Work*. 2012; 41(1), 5493-5499.
6. Ministerio de Relaciones Laborales (MRL). Código de trabajo 2009. Ecuador
7. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (MITASS) 2004. Madrid.
8. Quinónez A, Ignacio V. Modelo de readaptación profesional para trabajadores con incapacidad. [Tesis Maestría]. Quito: Universidad San Francisco de Quito. Facultad de Ciencias; 2012.
9. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo de la República de Ecuador (SENPLADES), 2013. “Plan Nacional de Desarrollo/Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017”.
10. Tortosa L, Ferreras A, García C, Chirivella C, PAGE, A. 1999. Método de adaptación ergonómica de puestos de trabajo para personas con discapacidad. *ErgoDis/IBV*. Manual de uso. Instituto de Biomecánica de Valencia.

8° CHILECON2015\_paper\_252\_v1

# User centered design of a wheelchair based in an anthropometric study

## (Diseño centrado en el usuario de una silla de ruedas con base en un estudio antropométrico)

Fernando Urrutia, Thalía San Antonio, María A. Latta, Paola Ortiz, Jéssica López y Pilar Urrutia

**Abstract—** In order to propose a wheelchairs user centered design an anthropometric study is performed in the province of Tungurahua, Ecuador. The study group consists of 22 people who: are wheelchairs users, are capable to perform professional activities with their upper limbs, have acquired the disability after reaching their physical maturity and are in working-age. A Kano's refined model questionnaire was applied to categorize criteria related to wheelchairs design parameters into different types of qualities to determine the user's preferences. In order to determinate the wheelchair dimensions, a chart with 13 chosen body measurements were developed. The results indicate, that the design requirements that should be included are: (1) capacity of adjustment in width and height to adapt to the user body, (2) a mechanism to vary the inclination of the back support, (3) a brake system in at least two wheels, (4) an electric system to extend the chair from sitting to standing position and backward (stand up mechanism), (5) a restraint system in feet, legs and waist. Calculated dimensions and adjustment, for the metal frame of a wheelchair that fits the physical characteristics of the local population, are presented and corroborate the need of the anthropometric studies in populations with specific ethnic compositions.

**Index Terms—** anthropometry, disability, user centered design, wheelchair.

### I. INTRODUCCIÓN

Las personas con discapacidad son el mayor grupo minoritario del mundo, comprendido aproximadamente por el 10% de la población mundial. Según la Organización Internacional del Trabajo en algunos países hay una tasa de desempleo, de las personas con discapacidad, de hasta el ochenta por ciento, por lo que se le considera un problema global [1]. En Ecuador, según el Consejo Nacional de

Este trabajo ha sido financiado en parte por la Dirección de Investigación y Desarrollo, DIDE, de la Universidad Técnica de Ambato, mediante el financiamiento del proyecto: "Implementación de criterios de ergonomía en el diseño y comercialización de equipos de asistencia a personas con movilidad limitada, caso silla de ruedas de bipedestación".

La autora T. San Antonio trabaja en la Facultad Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador (e-mail: t.sanantonio@uta.edu.ec).

Los autores F. Urrutia, J. López y P. Urrutia trabajan en la Facultad Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador (e-mail: fernandourrutia@uta.edu.ec, jp.lopez@uta.edu.ec y elsapurrutia@uta.edu.ec).

Las autoras M. Latta y P. Ortiz trabajan en la Facultad Ciencias de la Salud de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador (e-mail: mariaalatta@uta.edu.ec y pg.ortiz@uta.edu.ec).

Discapacidades el 13,2% del total de la población son personas con algún tipo de discapacidad y el 4,89% son personas con discapacidad por deficiencias físicas, siendo la más común de éstas las relacionadas con la movilidad de las extremidades inferiores. Más específicamente, en la Provincia de Tungurahua, donde se desarrolla este estudio, están registradas 4.244 personas con discapacidad física [2].

Una realidad de las personas con discapacidad en el país es el hecho de que, a pesar de que existe un favorable marco legal que entre otros obliga a la inserción laboral de personas con discapacidad en las empresas públicas y privadas, los usuarios de sillas de ruedas que pueden encontrar trabajo son escasos, adicionalmente es poco común verlos en los espacios públicos a excepción durante la práctica de la venta ambulante en semáforos y parques. Esto causa que exista una relación directa entre la discapacidad y la pobreza [3].

#### A. El método de Kano

Hacia finales de la década de 1970 Noriaki Kano, refinó el concepto de calidad utilizando dos dimensiones para evaluarla: (1) el grado de rendimiento de un producto y (2) el grado de satisfacción del usuario. Ampliando así su concepto tradicional que juzgaba la calidad de los productos sobre una sola escala de "bueno" a "malo". Trabajando sobre un plano cartesiano de funcionalidad-satisfacción, Kano definió tres tipos de calidad: calidad obligatoria, calidad unidimensional (o de rendimiento) y calidad atractiva. Partiendo del supuesto de que es posible tornar visibles las características subjetivas de la calidad de un producto [4] [5].

Para determinar los parámetros relacionados con las características de diseño se utilizará el Método Kano que consta de cuatro pasos: (a) identificación de los requerimientos del producto, (b) construcción del cuestionario (c) administración de la entrevista al usuario, y (d) evaluación e interpretación de los datos [5]. Esta herramienta de gestión de la calidad, que si bien requiere de una cuidadosa interpretación de sus resultados [6], es actualmente ampliamente utilizada para facilitar las decisiones vinculadas con el desarrollo de productos utilizando dos dimensiones para evaluar la calidad: (1) el grado de rendimiento del producto y (2) el grado de satisfacción del usuario [7] [8].

El Método de Kano clasifica a los requerimientos de los clientes en tres atributos: atractivos (A) unidimensionales (U) y obligatorios (O). Un requerimiento es atractivo si los clientes lo valoran cuando está presente, aunque no noten su



ausencia. Es obligatorio si su ausencia provoca insatisfacción, aunque su presencia se dé por hecha. Es unidimensional, si aumenta la satisfacción del cliente de modo proporcional con el aumento de su funcionalidad [4]. En la clasificación presentada en la Tabla I se incorporan además de los atributos ya mencionados los utilizados para las respuesta dudosas (D), las inversas (Inv), es decir que los requerimientos funcionales y disfuncionales son percibidos por el encuestado al revés de cómo se plantearon, y las que indican indiferencia (I).

Según los atributos que se incluyan en el diseño de un producto este se clasifica en básico, esperado o ampliado,

TABLA I  
EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE KANO PARA ASIGNAR ATRIBUTOS A LOS REQUERIMIENTOS [4].

Requerimiento Disfuncional					
	1	2	3	4	5
1	D	A	A	A	U
2	Inv	I	I	I	O
3	Inv	I	I	I	O
4	Inv	I	I	I	O
5	Inv	Inv	Inv	Inv	D

como se muestra en la Tabla II.

TABLA II  
TIPO DE PRODUCTO SEGÚN LOS ATRIBUTOS QUE SE INCLUYAN AL PRODUCTO [4].

Tipo de Producto	Atributos Presentes
Básico	O
Esperado	O+U
Ampliado	O+U+A

### B. Estudio antropométrico

Las variables antropométricas son principalmente medidas lineales, como la altura o la distancia con relación a un punto de referencia anatómico, con el sujeto sentado o de pie en una postura tipificada; anchuras, longitudes, medidas curvas, de distancia sobre la superficie del cuerpo entre puntos de referencia, y perímetros. Si bien las dimensiones del cuerpo humano son numerosas, para diseñar un puesto de trabajo o un equipo específico, sólo se deben tener en cuenta algunas de ellas que se consideran relevantes según el trabajo que se está realizando [9] [10].

#### 1) Condiciones para realizar las mediciones

Si se consideran el caso específico de diseños de sillas de ruedas, y que las mediciones antropométricas se realizan a un grupo pequeño de personas, lo recomendable es efectuarlas con la ropa y el calzado propios de la actividad, labor o trabajo diario que efectúan sus usuarios [9].

La posición de atención antropométrica modificada, para el caso de personas no ambulantes, contempla medidas como: (1) posición con el sujeto sentado, (2) los glúteos y la espalda apoyados en el respaldo de una silla antropométrica y (3) la cabeza en posición del plano de Frankfort [11].

#### 2) Instrumentos para realizar las mediciones

Los instrumentos antropométricos básicos son bastante

simples y fáciles de utilizar. Se debe ser cuidadoso y evitar errores comunes derivados de la mala interpretación de los puntos de referencia anatómicos o de una postura incorrecta del sujeto. El instrumento más corriente es el antropómetro que consiste en una varilla rígida de 2 metros de largo con 2 escalas de medición que permiten determinar las dimensiones corporales verticales, desde el suelo o el asiento, y las dimensiones transversales, como las anchuras.

#### 3) Manejo estadístico de las mediciones (percentiles)

Existe gran variabilidad en las dimensiones del cuerpo humano, debida a factores como la edad, el género, la etnia entre otros. Por este motivo se hace necesario medir a la población que utilizará un determinado dispositivo, de tal manera que éste se diseñe con base en las medidas o rangos adecuados para las personas que conforman dicha población. Para esto, se deben expresar las medidas de una población específica de trabajadores en tablas que muestren para cada una, la desviación estándar y los percentiles [12].

Los percentiles son los 99 valores que dividen la serie de datos en 100 partes iguales. Es una medida de tendencia central usada en estadística que indica, una vez ordenados los datos de menor a mayor, el valor de la variable por debajo del cual se encuentra un porcentaje dado de observaciones para un grupo de datos. Los datos antropométricos tienen una distribución normal por lo que un diseño incluyente abarca a la población desde el percentil 5 al 95, lo cual equivale aproximadamente a dos desviaciones estándares [12].

#### A. Procesamiento de datos

El estudio que se plantea requiere del procesamiento de un gran volumen de datos, los cuales en muchos casos son difíciles de adquirir directamente en formato digital ya que la mayor parte se obtienen de visitas domiciliarias en zonas rurales. Con el fin de agilizar el procesamiento de los datos y de facilitar la incorporación de nuevas personas a la muestra se ha diseñado un programa que posee una interfaz para el ingreso de la información correspondiente a cada persona de la muestra, mediante la cual se pueden utilizar herramientas de cálculo de Matlab.

#### B. Objetivo

Con base en lo descrito, se plantea como objetivo determinar los parámetros y dimensiones básicas para el diseño de una silla de ruedas que tome en cuenta las necesidades del usuario y que este ajustado a las características físicas de la población local. Las adaptaciones que se plantean tienen la finalidad de generar un dispositivo cómodo y económico que sea de fabricación nacional a fin de facilitar su personalización y mantenimiento.

## II. METODOLOGÍA

En esta sección se describen los criterios utilizados para la selección de los sujetos de estudio, y los instrumentos y procedimientos empleados para la recolección de los datos de las personas que conforman la muestra.

### A. Sujetos de estudio

Los criterios para la selección de los usuarios de sillas de ruedas que participarán en el estudio son: tener la necesidad de silla de ruedas para desplazarse, poseer la capacidad de realizar actividades profesionales con sus miembros superiores, haber adquirido la discapacidad después de haber culminado la etapa de desarrollo físico y estar en edad laboral (18 a 65 años). Se trabajó con 22 personas, lo cual permite identificar el 90% de las necesidades ya que se está trabajando con un segmento relativamente homogéneo [13].

### B. Aplicación del método de Kano

Se diseñó un cuestionario para aplicar el Método de Kano se incluye 20 requerimientos respecto a características de la silla de ruedas, que se dividen en 5 rubros: (1) capacidades, (2) materiales de construcción, (3) tipos de ruedas y frenos, (4) soportes de seguridad y (5) adaptabilidad.

Los requerimientos evaluados son: (1) capacidad de bipedestación, (2) sistema eléctrico de bipedestación, (3) sistema manual de bipedestación, (4) estructura de la silla de hierro, (5) estructura de la silla de aluminio, (6) ruedas con radios de aluminio, (7) ruedas con radios de plástico, (8) ruedas macizas, (9) ruedas neumáticas, (10) silla con 4 ruedas, (11) silla con 6 ruedas, (12) sistema de freno en 1 rueda, (13) sistema de freno en al menos 2 ruedas, (14) capacidad de regulación del respaldo, (15) soporte de seguridad en abdomen y pelvis, (16) soporte de seguridad en las canillas, (17) soporte de seguridad en las rodillas, (18) soporte de seguridad en el empeine, (19) soporte de seguridad en los talones y (20) adaptabilidad a estatura y contextura.

Para cada uno de los requerimientos se incluyeron 3 preguntas, una funcional, una disfuncional y una que valora la

importancia que el usuario otorga a cada requerimiento sobre los que fue consultado a fin de complementar el análisis de los resultados obtenidos con el método de Kano [14].

### C. Estudio antropométrico

#### 1) Selección de las medidas

De acuerdo a las recomendaciones de los expertos, se utilizó un análisis visual del listado completo de las medidas antropométricas de mayor uso, además de tomar en cuenta algunos aspectos que tienen que ver específicamente con los usuarios de sillas de ruedas y que se listan a continuación: (1) tipos de movimientos, (2) tipos de labor que realiza, (3) posturas, (4) frecuencia de labores y posturas, (5) exigencias psicológicas, (6) riesgos y peligros, (7) recepción de bienestar, (8) satisfacción de características y formas, (8) limitaciones de alcance desde la posición sentado, (9) riesgos y necesidades en dependencia del entorno entre otras características específicas derivadas del uso de la silla de ruedas [11] [9] [15].

Con base en los criterios descritos en el párrafo anterior se seleccionaron las dimensiones antropométricas que se presentan en la Fig. 1, las cuales se consideran relevantes para el diseño de un producto que este adaptado a las características físicas locales y que, por ende, colabore a mejorar la calidad de vida de sus usuarios.

A continuación se describen las medidas ilustradas en la Fig. 1 y que están identificadas según el listado propuesto por [9]: (1) altura poplítea (AP), (2) distancia sacro-poplítea (SP), (3) altura codo-asiento (CA), (4) altura hombros-asiento (HA), (5) ancho de caderas (CdCd), (6) altura subescapular (AS), (7) altura iliocrestal (AI), (8) profundidad de pecho (PP), (9) ancho de hombros (HH), (10) estatura (E), (11) largo del pie (LP). Adicionalmente se incluyen, (12) el peso y dos medidas

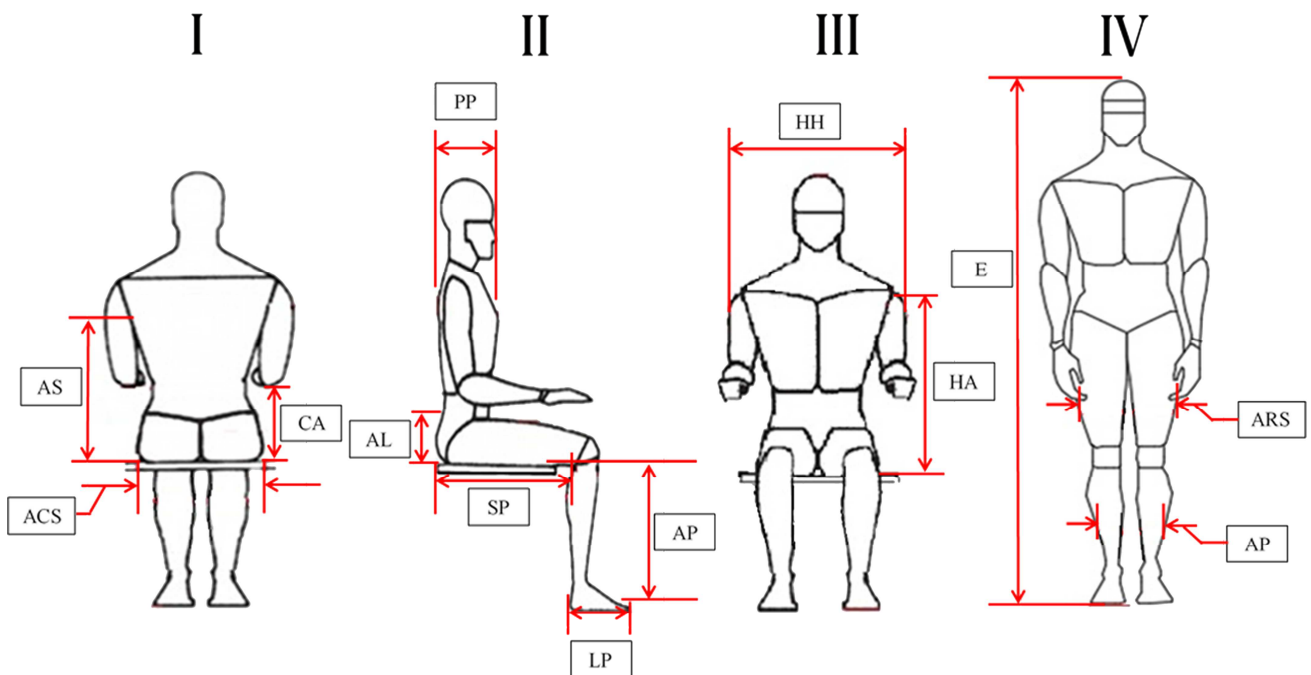


Fig. 1. Ficha para la adquisición de las medidas antropométricas relevantes y su nomenclatura.

para la colocación de soportes en los muslos y las pantorrillas: (13) ancho de rodillas a 15 cm desde la rodilla hacia la cadera (RRs) y (14) ancho de pantorrillas a 20 cm del piso (Apant).

Todas las medidas se toman en posición sentada a excepción de la estatura y los soportes de muslos y pantorrillas que se realiza en posición acostado.

### 2) Instrumentos de medición utilizados

El método de medición de las características antropométricas utilizado fue la toma de medidas a mano, que aun siendo un método que exige gran cantidad de tiempo para su ejecución y conlleva incomodidades al usuario y a quienes lo realizan, es el más exacto [9] [15]. Los instrumentos de medición utilizados fueron: (1) antropómetro, (2) estadiómetro, (3) cinta métrica convencional, (4) escuadras de 30° y 45°, (5) plano vertical, (6) balanza clínica, (7) silla con característica antropométrica y (8) ficha para consignar las medidas antropométricas.

### 3) Personal para realizar las medidas antropométricas

El personal, que realiza las mediciones antropométricas contenidas en la Fig. 1, incluye profesionales de terapia física e ingeniería con conocimientos de: fisiología, ergonomía, seguridad ocupacional y diseño. Las tareas realizadas, divididas según el rol de cada miembro del equipo de medición, son: (1) medidor, realiza la medición pronunciando el valor medido en voz alta, requiere conocimiento de puntos de referencias fisiológicos y metrología, (2) ayudante 1, moviliza al usuario para que adquiera la posición necesaria para la medición, constata la exactitud de la medición y que el valor pronunciado corresponda con la lectura, (3) anotador, apunta los datos en la ficha, repite el valor medido en voz alta, requiere conocimiento de fisiología y de la ficha de medidas antropométricas, (4) ayudante 2, verifica la evaluación, realiza evidencias fotográficas, y dialoga con el usuario, requiere

conocimiento de antropometría y desarrollo del proyecto de investigación.

### D. Programas para el procesamiento de datos

El programa posee una interfaz (Fig. 2) que permite el ingreso de los datos personales de cada participante que participa en el estudio, así como una breve historia clínica. Adicionalmente se puede cargar la imagen escaneada de la hoja de respuestas obtenida de la aplicación del cuestionario de Kano la cual digitaliza y mediante una figura con entradas para cada parámetro medido igual el de la ficha (Fig. 1) se pueden cargar los valores de las mediciones antropométricas.

Una vez que tanto los datos de la encuesta, como de las medidas antropométricas han sido cargados el programa realiza los cálculos tanto de valoración de parámetros como los estadísticos. Las tablas y gráficos en los que se presentan los resultados son generados por el programa, el cual además permite el filtrado por rango de edad, sexo, origen de la discapacidad y nivel de ingresos.

## III. RESULTADOS

### A. Parámetros obtenidos con el método de Kano

Los resultados de las encuestas realizadas se resumen en la Tabla III, donde se presentan ordenados según la importancia que los usuarios consultados le asignaron a los requerimientos.

Con base en la información de la Tabla III se puede decir que:

- Ningún requerimiento fue valorado como obligatorio, esto confirma que el producto sobre el que se realizó la consulta no es un producto básico.
- Los tres requerimientos valorados con mayor importancia (1, 14, 20) fueron: la capacidad de bipedestación, la posibilidad de reclinar el respaldar de

Fig. 2. Pantalla del programa que permite la introducción de los datos asociados a cada persona de la muestra.

TABLA III  
 RESULTADOS SEGÚN EL MÉTODO DE KANO PARA LOS 11  
 REQUERIMIENTOS (REQ) CUYO VALOR PROMEDIO DE IMPORTANCIA  
 (IMP) FUE MAYOR A 7/10. LAS LETRAS PARA LOS ATRIBUTOS (ATR) SON  
 LAS DESCRITAS EN LA TABLA 1. EL VALOR % = [(# DE ATR)\*100]/23.

Req	A	O	U	Inv	D	I	Total	Atr	%	Imp
1	12	2	7	0	0	2	23	A	52	8,0
14	7	1	13	0	0	2	23	U	57	7,9
20	11	2	9	0	0	1	23	A	48	7,9
13	7	2	14	0	0	0	23	U	61	7,7
15	5	0	17	1	0	0	23	U	74	7,7
17	2	1	10	2	1	7	23	U	43	7,6
2	6	1	13	2	0	1	23	U	57	7,5
18	7	4	8	1	0	3	23	U	35	7,5
16	6	1	10	2	1	3	23	U	43	7,3
10	6	0	5	2	0	10	23	I	43	7,2
19	9	2	10	1	0	1	23	U	43	7,1

la silla y la adaptabilidad a la estatura y el peso.

- Todos los requerimientos relacionados con sistemas de sujeción (15 a 19) están entre los de mayor importancia y clasificados como atributos unidimensionales.
- Que el sistema de bipedestación sea eléctrico (requerimiento 2) fue clasificado como atributo atractivo e importante.
- Los requerimientos relacionados con los materiales de construcción, y tipos y cantidad de ruedas no fueron valorados como importantes (valores menores a 7) y obtuvieron en su mayoría clasificaciones como atributos indiferentes e inversos.
- El atributo (Atr) asignado a cada requerimiento fue seleccionado en general por más de un 43% de los entrevistados lo que indica que la variabilidad de las respuestas fue baja, por lo que no generan dudas sobre su interpretación.
- Adicionalmente, en los atributos donde el porcentaje de selección estuvo alrededor del 40% las segundas opciones más seleccionadas varían entre unidimensionales y atractivos. Debido a que estos dos tipos de atributos serán incluidos en el diseño esta variabilidad no afecta la selección final de parámetros a ser incluidos en el diseño.

De forma que tomando en cuenta los resultados de la encuesta y utilizando la clasificación presentada en la Tabla II se propone diseñar una silla de ruedas con capacidad de bipedestación a fin de obtener un producto esperado. Éste adicionalmente incluirá: (1) capacidad de regulación de ancho y alto para ajustarse a la estatura y contextura del usuario, (2) un mecanismo que permita variar la inclinación del respaldar, (3) un sistema de freno en al menos dos ruedas, (4) un sistema eléctrico para extender la silla de la posición sentado a la de pie y viceversa, (5) un sistemas de sujeción en pies, piernas y cintura.

#### B. Parámetros en base a las medidas antropométricas

Una vez realizadas las mediciones, se obtuvieron las distancias en centímetros de las medidas contempladas en la

ficha (Fig. 1). En la Tabla IV se presentan los resultados para las 22 personas que cumplen con los criterios fijados para participar en el estudio, descritos en la sección II A.

#### 1) Análisis estadístico de las medidas antropométricas

Se utiliza el principio estadístico del diseño para un intervalo ajustable, debido a que cada persona de la muestra ajusta el objeto a diseñar a su medida [9]. El objetivo, es entonces determinar rangos de medidas antropométricas que permitan obtener parámetros de diseño con los cuales dimensionar apropiadamente la silla de ruedas.

Con el fin de utilizar principios ergonómicos se considera a la silla de ruedas como un puesto de trabajo ya que es, sobre ella, que el usuario debe realizar su labor diaria. Para el estudio antropométrico se puede esperar que las dimensiones del cuerpo tengan una distribución normal si el tamaño de la muestra es adecuado [16] [9].

Los pasos para obtener los valores estadísticos necesarios para cada uno de los parámetros medidos según [17] [18] son:

**Paso 1.** Se buscan los valores máximo y mínimo del listado de 22 medidas. Como son pocos datos y de tipo no agrupados, se analizan tal y como fueron recolectados, evitando los procesos de conteo y clasificación [19].

**Paso 2.** Se calcula la media aritmética (X), sumando los valores de interés y dividiendo entre éstos.

**Paso 3.** Se calcula la desviación estándar (S), que es una medida cuadrática que representa el promedio de las desviaciones de los datos de la muestra respecto de su media aritmética.

**Paso 4.** Cálculo de la distribución normal, a fin de valorar el tamaño de la muestra y de poder aproximar los valores obtenidos para cada variable.

**Paso 5.** Cálculo de los percentiles 5 y 95 ( $Pr_5$  y  $Pr_{95}$ ), éstos son números que dividen la sucesión de datos ordenados en cien partes porcentualmente iguales, con el fin de obtener el valor de una variable bajo el cual se encuentra una proporción determinada de la población. Estos percentiles se calculan utilizando (1) y (2) respectivamente, donde  $\bar{X}$  es la media aritmética,  $z$  es la constante de percentil, y  $\sigma$  es la desviación estándar.

$$Pr_5 = (\bar{X} - z) * \sigma \quad (1)$$

$$Pr_{95} = (\bar{X} + z) * \sigma \quad (2)$$

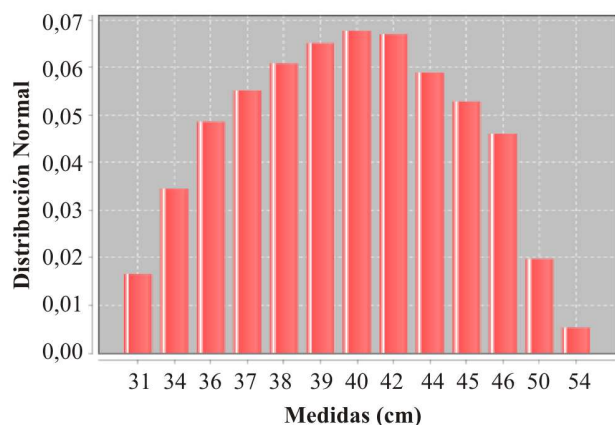
Las Fig. 3 y 4 muestran la distribución de las medidas normalizadas para dos de los valores medidos, ancho de caderas (CdCd) y altura poplítea (AP) respectivamente.

Además de la distribución se puede observar los valores de la media, desviación estándar, valor máximo, mínimo y percentiles 5 y 95.

#### 2) Selección de los parámetros de diseño del marco metálico

Luego de analizar los resultados presentados en las curvas de distribución normal así como sus parámetros estadísticos asociados y tomando en cuenta las recomendaciones de la bibliografía se determinan los valores de los parámetros de diseño que deben ser incluidos en la silla de ruedas (tabla V).

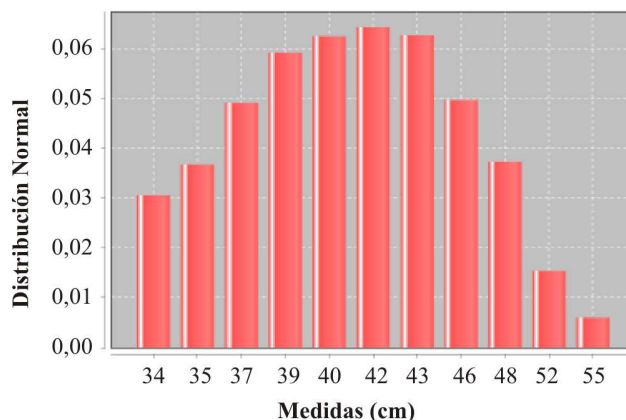
Ancho de Caderas (CdCd)



Media aritmética	40,82	Percentil 5	31,20
Desviación estandar	5,83	Percentil 95	50,43

Fig. 3. Curva de distribución normal para la medida ancho de caderas que incluye los datos estadísticos y percentiles 5 y 95.

Altura Poplítea (AP)



Media aritmética	41,55	Percentil 5	31,37
Desviación estandar	6,17	Percentil 95	51,73

Fig. 4. Curva de distribución normal para la medida altura poplítea que incluye los datos estadísticos y percentiles 5 y 95.

TABLA IV  
CARTA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS DE LOS 22 DE USUARIOS DE SILLAS DE RUEDAS QUE CONFORMAN LA MUESTRA. LAS SIGLAS Y VISTAS UTILIZADAS CORRESPONDEN A LAS DESCRITAS EN LA FIG. 1.

N°	Sexo	Edad	I. VISTA POSTERIOR			II. VISTA LATERAL					III. VISTA FRONTAL			IV. VISTA FRONTAL		PESO (Kg)
			CA	CdCd	AS	AP	SP	AI	PP	LP	HA	HH	RRs	E	APant	
1	F	59	19	40	37	37	47	17	31	24	52	47	47	153	39	77
2	M	39	16	37	38	55	51	13	23	27	47	42	33	170	28	65
3	M	52	21	34	42	37	41	19	23	27	59	43	47	165	43	61
4	M	58	24	37	41	52	56	15	24	28	57	42	34	164	27	72
5	F	50	16	46	37	35	40	14	41	19	47	46	41	148	28	51
6	F	50	18	44	39	46	50	13	37	25	57	42	33	160	29	64
7	M	48	25	46	42	37	46	19	24	27	58	46	36	162	30	51
8	M	46	28	37	40	35	40	17	31	26	63	61	47	156	40	71
9	M	65	24	45	49	42	49	21	34	26	65	47	43	172	42	73
10	M	34	21	44	40	42	51	18	20	28	56	53	54	171	42	81
11	M	60	26	50	39	43	46	24	26	29	64	50	57	176	36	87
12	M	53	20	31	39	42	49	17	21	28	60	44	39	166	29	57
13	M	30	22	46	46	40	52	17	21	28	62	53	37	166	44	74
14	M	40	20	38	44	55	55	16	28	29	49	45	32	167	30	85
15	F	50	18	39	40	40	48	12	22	24	53	47	46	158	36	50
16	F	61	30	54	42	37	52	19	34	25	68	52	46	160	35	64
17	M	43	22	34	50	39	46	19	26	31	68	34	46	178	34	70
18	F	55	18	36	41	48	53	12	28	27	47	40	29	158	23	52
19	F	39	17	39	35	39	45	15	27	25	51	46	41	153	30	43
20	M	31	20	34	44	42	51	17	27	29	63	52	43	168	35	60
21	M	36	25	42	40	37	46	20	25	26	56	49	42	153	30	67
22	F	33	18	45	36	34	44	14	28	20	47	41	41	139	29	49

TABLA V  
VALORES DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO SELECCIONADOS PARA DIMENSIONAR LA SILLA DE RUEDAS.

Medida	Símbolo	Valor Recomendado [9]	Valor Recomendado [10]	Parámetro de diseño	Valor Seleccionado (cm)
Altura codo-asiento	CA	Promedio o mínimo	50 percentil	Altura apoyabrazos asiento	22
Ancho de caderas	CdCd	Máximo	95 percentil	Ancho asiento	51
Altura subescapular	AS	Mínimo	5 percentil	Altura máxima asiento borde superior del respaldo	35
Altura poplíteo	AP	Mínimo o ajuste con apoyapiés	5 percentil	Altura asiento suelo	32
Distancia sacro-poplíteo	SP	Mínimo + holgura	5 percentil + holgura	Profundidad del asiento	41
Altura iliocrestal	AI	Máximo	95 percentil	Altura mínima asiento borde inferior del respaldo	22
Distancia codo-codo	CdCd	Máximo	95 percentil	Separación entre apoya brazos	51
Altura de hombros	HA		95 percentil	Comprobación de la altura del asiento	69
Ancho de hombros	HH		95 percentil	Comprobación del ancho de asiento	56
Profundidad de pecho	PP		5 percentil	Diseño de seguridad del pecho	19
Estatura	E		100 percentil	Comprobación de extensión de la silla	178
Ancho de rodillas	RRs		95 percentil	Diseño de seguridad de rodillas	54
Ancho de pantorrillas	APant		95 percentil	Diseño de seguridad de pantorrillas	44

Específicamente para el parámetro relacionado con la altura del apoyabrazos, el diseño será de altura variable a fin de que usando 4 posiciones abarque el rango desde el valor correspondiente al percentil 5 hasta el 95.

### C. Validación de estudio de medidas antropométricas

En la Tabla VI se presenta una comparación entre datos

antropométricos para usuarios de sillas de ruedas de estudios realizados en Estados Unidos y Bélgica y los obtenidos en este estudio [20] [21] [22]. Es importante mencionar que las diferencias porcentuales entre las medidas de los tres estudios encontrados en la bibliografía son para todos los casos menores al 2%. Ahora al comparar las medidas encontradas en la bibliografía con las obtenidas en este estudio se tiene que:

TABLA VI  
COMPARACIÓN DE 3 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS PROPIAS CON VALORES SIMILARES DE LA BIBLIOGRAFÍA.

Parámetros Antropométricos	Datos de [20]			Datos de [21]			Datos de [22]			Datos propios		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%	5%	50%	95%	5%	50%	95%
<b>HOMBRES</b>												
Ancho de Caderas	22,1	27,7	38,4	22,4	28	38,7				30,1	39,6	49,2
Altura Poplíteo							36,2	46,1	56	31,8	42,7	53,6
Distancia Sacro-poplíteo	39,37	52,3	59,7	40,5	52,7	59,8				40,8	48,5	56,2
<b>MUJERES</b>												
Ancho de Caderas				21,6	26,8	38,3				33,5	42,9	52,2
Altura Poplíteo							38,3	47,3	56,3	31,2	39,5	47,8
Distancia Sacro-poplíteo	44,7	51,8	61,2	43,4	52,9	64,6				40,2	47,4	54,5

### 1) Para las medidas de los hombres

- En el ancho de las caderas (CdCd) las diferencias son cercanas al 30%.
- Para la altura poplíteo (AP) las diferencias están entre 4 y 12%.
- Para la distancia sacro-poplíteo (SP) las diferencias son desde un 3% hasta casi un 8%.

### 2) Para las medidas de las mujeres

- En el ancho de las caderas (CdCd) las diferencias llegan a ser de 37%.
- Para la altura poplíteo (AP) las diferencias son mayores al 15%.
- Para la distancia sacro-poplíteo (SP) las diferencias varían de 7 a 15%.

Independientemente del sexo las medidas CdCd son mayores en todos los casos para la población local, en tanto las medidas AP son menores.

## IV. CONCLUSIONES

Tomar en cuenta las observaciones que el usuario hace de su entorno y desde la vivencia de su condición es una herramienta que enriquece al diseño, haciéndolo más útil y agradable sin necesidad de que esto influya significativamente en el costo.

La independencia es la gran meta de la persona con discapacidad, por lo que la capacidad de bipedestación de la silla de ruedas fue el requerimiento calificado con mayor importancia. Esta capacidad no solo produce importantes beneficios fisiológicos, sino que facilita muchas actividades de la vida cotidiana.

La utilización del Método Kano para el diseño conceptual de productos, constituye una herramienta adecuada para el diseñador, posibilitando la detección, clasificación y estratificación de las necesidades del usuario.

Las diferencias encontradas al comparar las medidas antropométricas locales con las de otros países son variadas y muy significativas. Esto corrobora la necesidad de realizar estudios en la población para la que se diseña. Siendo esto es importante no solo para la fabricación sino también para la selección de las sillas que son donadas por el gobierno del Ecuador a través de la Misión Manuela Espejo, ya que al no tomar en cuenta las dimensiones del usuario se entregan equipos que podrían causar efectos negativos en la salud debido a que el usuario se ve obligado a realizar compensaciones físicas a fin de poder adaptarse al equipo.

Durante las evaluaciones realizadas, en las que aproximadamente un 70% de los usuarios poseen sillas de ruedas donadas por el estado, se observó que las personas colocan aditamentos con la finalidad de mejorar su confort, pudiendo esto incrementar las posibilidades de daños en las extremidades inferiores que en muchos casos carecen de sensibilidad.

Los estudios antropométricos realizados demuestran la necesidad de personalizar los equipos de asistencia a las personas con discapacidad en función de que éstos sean cómodos y acorde a las necesidades específicas tanto de las personas como de su entorno. Además permitieron establecer dimensiones adecuadas para que la silla de ruedas esté adaptada a las características físicas de sus usuarios.

El programa que procesa los datos es una herramienta eficaz que permitirá seguir ampliando la muestra y de esta forma continuar ajustando los valores estadísticos de la población de estudio.

La siguiente etapa del proyecto es la construcción de un prototipo, lo que permitirá realizar pruebas funcionales y terminar de adaptar el diseño.

## REFERENCIAS

- [1] E. Greenberg. (2014, Oct, 29). "Overcoming our global disability in the workforce: mediating the dream," St. John University School of Law, NY, Legal Studies Research Paper No. 13-0009, Abril 2012. [Online]. Disponible en: <http://ssrn.com/abstract=2295094>.
- [2] CONADIS. (2014, May, 30). [Online]. Disponible en: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/>.
- [3] T. San Antonio, J. López, C. Sánchez y F. Urrutia. Metodología para incentivar la inserción laboral de personas en sillas de ruedas: una propuesta para Ecuador, *Revista Salud de la Universidad Industrial de Santander*, vol. 47 (2), pp. 215-217. 2015.
- [4] E. Yacuzzi y F. Martín. (2015, Jul). "Aplicación del método de Kano en el diseño de un producto farmacéutico". Issue 224 Serie Documentos de trabajo Universidad del CEMA y Aventis Parma, 2002. [Online]. Disponible en: [www.ucema.edu.ar/publicaciones/documentos/224.pdf](http://www.ucema.edu.ar/publicaciones/documentos/224.pdf).
- [5] N. Kano, N. Seraku, F. Takahashi y S. Tsuji, "Attractive quality and must be quality", *Journal of Japanese Society for Quality Control.*, vol. 14 (2), pp 39-48. 1984.
- [6] J. Mikulić y D. Prebežac, "A critical review of techniques for classifying quality attributes in the Kano model", vol. 21 (1), pp. 46-66. 2011.
- [7] Y. Yuan y T. Guan, "Design of individualized wheelchairs using AHP and Kano model", *Advances in Mechanical Engineering.*, vol. 2014, article ID 242034, pp. 1-6, 2014.
- [8] L. Contreras y W. Granados, "Diseño de un dispositivo para la movilidad de personas con discapacidad motriz usando el método función de calidad", *Ingeniería.*, vol. 19 (1), pp. 65-82. 2014.
- [9] P. Mondelo, E. Gregori, J. Blasco y P. Barrau. (2015, jul). Ergonomía en Diseño de puestos de trabajo. [Online]. Disponible en: <http://www.unge.gq/ftp/biblioteca%20digital/Ergonom%2%A1a%20II%20Dise%C2%A4o%20de%20puestos%20de%20trabajo/OE00300C.pdf>.
- [10] J. Panero y M. Zelnik, *Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores, Estándares Antropométricos*, Ediciones G. Gili, S.A. de México, D.F., México, 1984.
- [11] M. Moreno, A. Gustavo, V. Pérez y V. Milagros. (2015, Jul). "Diseño concurrente de sillas de ruedas para minusválidos," Tesis de pregrado de Ingeniería Mecánica, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela, 2004. [Online] Disponible en: <http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/645/1/Dise%C3%B1o%20Concurrente%20de%20Sillas%20de%20Ruedas.pdf>.
- [12] R. Ocaña, J. Hernández, M. Gómez y R. Galindo. (2015, Jul). La importancia de la antropometría aplicada a personas con discapacidad. [Online]. Disponible en: <http://sirio.uacj.mx/IADA/dise%C3%B1o/dg/Documents/Portal%20de%20Lecturas/Laboratoria%20de%20Ergonomia/IMPORTANCIA%20DE%20LA%20ANTROPOMETRIA.pdf>.
- [13] J. Alcaide, Diseño de producto, el proceso de diseño. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 2001.
- [14] Y. Ching-Chow, "The refined Kano's model and its application", *Total Quality Management.*, vol. 16, pp. 1127-1137, 2005.
- [15] R. Ávila, L. Prado y E. González, Dimensiones antropométricas población latinoamericana. México, Cuba, Colombia, Chile y Venezuela. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. 1999.

- [16] J. Martos. (2015, Jul). "Medida y valoración de parámetros biomecánicos en un sistema ergométrico para aplicaciones en discapacitados usuarios de sillas de ruedas," Tesis Doctoral, Universitat de Valencia, Valencia, España, 2003. [Online]. Disponible en: <http://www.uv.es/brizuela/docs/Martos03.pdf>.
- [17] M. Martínez y M. Marí. (2015, Jul). La distribución normal. Universidad Politécnica de Valencia. [Online]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7939/La%20distribucion%20Normal.pdf>.
- [18] D. Anderson, D. Sweeney y T. Williams. (2015, Jul). Estadística para administración y Economía. 10ma edición, Editorial Thomson. México. [Online]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/MaribelLara1/estadistica-paraadministracionyeconomiaanderson10th1>.
- [19] G. Norman y D. Streiner (2015, Jul). Bioestadística. Versión en español por Ediciones Harcourt S.A. España. [Online] Disponible en: [http://redbiblio.unne.edu.ar/pdf/0602-004471\\_d.pdf](http://redbiblio.unne.edu.ar/pdf/0602-004471_d.pdf)
- [20] K. Jacobs, *Ergonomics for therapists*, 3ra Edición, Editorial Mosby, Elsevier, 2008.
- [21] V. Paquet y D. Feathers, "An anthropometric study of manual and powered wheelchair users", *International Journal of Industrial Ergonomics.*, vol. 33, pp. 191–204, 2004.
- [22] R. Motmans. (2015, Jul). Body dimensions of the Belgian population. Wheelchair users. [Online]. Disponible en: <https://mustafaqamar.files.wordpress.com/2015/01/ergonomics.pdf>.



9° Paper 32 VFinal. GUAYAQUIL

# Ergonomic analysis for people with physical disabilities when the wheelchair is considered as their workstation.

Thalía San Antonio  
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica  
Universidad Técnica de Ambato  
Ambato, Ecuador  
t.sanantonio@uta.edu.ec

Fernando Urrutia, Anita Larrea  
Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial  
Universidad Técnica de Ambato  
Ambato, Ecuador  
fernandourrutia@uta.edu.ec; anitalarrea@uta.edu.ec

*Abstract - An ergonomic study was performed using the RULA and MAPFRE methods, the assessment is centered on the relationship between the user and his wheelchair analyzed as their inevitable workstation rather than on the performed tasks. The sample is conformed of 22 people who: are wheelchairs users, are capable of performing professional activities with their upper limbs, have acquired the disability after reaching their physical maturity, are in working-age and that lives in the city of Ambato, Ecuador. Since there are few studies that approach the assessment of the wheelchair as a workstation; this is emphasized in this research where the evaluations are made during the performance of job and/or home tasks since not all the wheelchair users evaluated have a remunerated job but all perform a variety of —s during the day. The results show the urgent need of the user to be able to change the sitting position during the working hours and the postural risk associated to reach objects from that position. Other interesting finding is the high percentage of users that made rudimentary changes in order to adjust the wheelchair to their body size or to facilitate the accomplishment of some tasks, evidencing the need of these types of studies and the development of technical solutions that prioritize the health preservation and the promotion of their capabilities.*

*Index Terms - Physical disability, RULA, MAPFRE wheelchair, ergonomics.*

## I. INTRODUCTION

People with disability (PD) are the world greatest minority group, comprising approximately 10% of the population. According to the International Labor Organization (ILO), in some countries the unemployment rate of PD is up to 80% [1]. In Ecuador, 13.2% of the total population has some type of disability, and 4.89% has a physical disability; among these, the most common are those related to the mobility of the lower limbs. Moreover, in the province of Tungurahua, where the study is conducted, 4,244 people with physical disabilities are registered at the National Council on Disabilities (CONADIS) [2].

---

This work has been funded by Direction of Investigation and Development (DIDE), of Universidad Técnica de Ambato by financing the project: "Implementation of ergonomic criteria in the design and marketing of equipment to assist people with limited mobility: case standup wheelchair".

For wheelchair users in this country, it is unlikely to find a job, despite the favorable legal framework that, among others, has fixed a quota of 4% for the employment of PD in public and private enterprises with over 50 employees. It is even unusual to see them in public spaces, with the exception of those that can be seen in some corners or traffic lights practicing the mendacity [3]. Specifically in Tungurahua, their independent mobility is compromised mainly because buses don't have accessibility for wheelchairs; in addition, the absence of curb cuts and the presence of trash bins on sidewalks leave them no choice but to depend on taxis or private cars for transportation. All the above mentioned aspects related to accessibility, in addition to a low educational level, reinforce the widely-documented correlation between disability and poverty [1] [4] [5].

The design of workstations requires an ergonomic analysis; in the case of PD, the concept of reasonable accommodation is used, which includes three aspects: (1) selection of a suitable workplace, (2) work instructions and training, and (3) work place design [6]. Therefore, the selection and implementation of ergonomic methods has a fundamental role in promoting the social participation of PD, being the workplace accommodation vital to improve their employability. However, the fact that there is no specific adjustment for PD remains as a problem, as it depends of the type and grade of the disability, their individual skills and abilities, and the demands of the task and the workstation, which, in order to prevent the progression of their existing health problems or the apparition of new ones, must be taken into account [5] [7].

In a previous study anthropometric measurements were made in a representative sample of wheelchair users of Ambato city in order to obtain parameters to be used to adapt the chair for the local population, a Kano's refined model questionnaire was applied to detect design parameters according to user's preferences. The results of Kano's survey indicate that the best rated design requirements were: (1) capacity of adjustment in width and height to adapt to the user, (2) a mechanism to vary the inclination of the back support, and (3) an electric system to extend the chair from sitting to standing position and backwards (stand up mechanism). The anthropometric measurements show a significant mismatch between the users and the wheelchair [8].

There are several ergonomic problems associated with a prolonged static seated position, such as a high incidence of musculoskeletal disorders and the interruption of blood flow which leads to pain and numbness of neck, shoulders, and back [9]. A recent study reports that the regular population remains in sedentary behavior; that is, they perform activities with an energy expenditure of resting level from 9 to 10 hours a day. These prolonged sedentary times are associated with an increased risk of (1) weight gain and obesity, (2) metabolic complications, and (3) mortality [10] [11]. All the above mentioned health problems can be assumed to increase for wheelchair users since they spent in sitting position an average time of  $11,6 \pm 4,1$  hours per day [12], in addition to their risks of falling and suffering from bumps, scrapes, or burns in their insensible lower limb, along with the overstrain required to move the chair or reaching objects [13].

The ergonomic evaluation of workload is done by applying known methods that measure the risks of musculoskeletal disorders, psychosocial stressors, and individual factors; all these data are used to identify potential hazards when performing a task. The techniques used for the assessment of ergonomic risks are observation, instrumental measures, surveys for self-reports, and psychophysiological methods, depending on the required data [14] [15]. The following are among the most used methods to assess postural risks in the workplace: Ovako Working Posture Assessment System (OWAS), Rapid Entire Body Assessment (REBA), Rapid Upper Limb Assessment (RULA), and Mutual Insurance Association of Owners of Rural Estates of Spain (MAPFRE). It is important to mention that two or more methods should be applied to validate and reinforce the results when it comes to risk analysis [15].

In order to assess the physical level of risk for wheelchair users when performing a variety of daily tasks, two ergonomic methods are applied, taking the mobility device, where they are confined, as their inevitable workstation. The applied methods are RULA for assessing the risks associated with postural load, which consider the adopted posture and its duration and frequency, and the applied forces [16] and MAPFRE to evaluate the general conditions of the job by means of defining significant job data, assessing the physical load, and generating the corrective actions [15]. The application of both methods is focused on the relationship between the user and his wheelchair since it is the chair which is susceptible to changes.

## II. METHODOLOGY

The implemented methodology is based on the proposal of the Institute of Biomechanics of Valencia (IBV) on the ergonomic adaptation of jobs for people with disability, which is applied in three steps: (1) gathering information from the work and the worker, (2) analyzing collected data, and (3) intervening in each case based on the results obtained [7]. Wheelchair users are evaluated using the ergonomic methods RULA and MAPFRE, which allows the analysis and comparison of the risks related to the demands of the job and the worker's abilities, taking into account the physical space and load, the stress produced by sensory and mental loads, autonomy, repetitiveness, communication and social relations, schedules and shifts, and the risks of accidents.

### A. Study group

The criteria for admitting individuals into the study group

were: being wheelchairs users; having the ability to perform professional activities with their upper limbs; having acquired the disability once they were fully developed; being in working age (18-65 years old); and living in the city of Ambato, province of Tungurahua, Ecuador. A sample of 22 people that meet the mentioned characteristics is selected, which allows to identify the needs of 90% of the population, as the sample can be considered to be relatively homogeneous [15].

### B. Steps for the ergonomic study

**Step one:** Gathering information from the work and the worker. Because the members of the sample carry out a wide variety of tasks, they were asked to describe the ones that they performed during the day and to do a self-detection of the perceived risks. This was supplemented by conducting surveys, applying observation methods according to MAPFRE, and by taking photographs on which the measurements required for RULA were made. During this stage, the quantitative and qualitative data that allow the evaluation of ergonomic risks were obtained, focusing on the evaluation of the wheelchair as a workstation and its relation to the user and the performed task.

**Step two:** Data analysis. The results obtained by the application of the ergonomic methods and the complementary surveys and observations are analyzed and summarized, emphasizing the work context in which the wheelchair is assumed as the workstation in all cases. Here, some requirements requested by the users and the levels of action recommended by the ergonomic methods applied are taken into account.

**Step three:** Intervention for each case. Corrective actions are proposed, centered in redesign of the wheelchair, so that it meets the demands of the task and the abilities of the users to perform them.

### C. RULA

RULA is an ergonomic method that does not require any special tool or equipment; it provides a quick posture analysis, along with an evaluation of the muscle function and the external loads that the body is subjected to when performing a task. This evaluation is made using a scale ranging between 1 and 7 and a corresponding color coding system (see Table I); it is performed in two body regions named: A for the arm and wrist and B for neck and trunk [17].

The scores C and D are the results of including the influence of the activity level (duration and frequency) and the magnitude of the applied loads in the evaluated task; they are

TABLE I  
RATING SCALE FOR THE RISK OF MUSCULOSKELETAL DISORDERS (MSD) AND THE LEVEL OF INTERVENTION REQUIRED FOR REDUCING THE RISKS OF INJURY DUE TO THE DEMAND OF A TASK, ACCORDING TO RULA [18].

Score	Level of MSD Risk
1 - 2	Negligible risk, no action required.
3 - 4	Low risk, change may be needed.
5 - 6	Medium risks, further investigation, change soon.
7 +	Very high risk, implement change immediately.

TABLE II  
RATING SCALE FOR INCLUDING ACTIVITY LEVEL OF BODY REGIONS  
A (SCORE C) AND B (SCORE D) [17].

Score D (Neck, trunk, leg)

		1	2	3	4	5	6	7+
Score C (Upper limb)	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8	5	5	6	7	7	7	7

Score C = Score A + muscular and load used by body region A  
Score D = Score B + muscular and load used by body region B

calculated using Table II [17].

#### D. MAPFRE

This is a mixed method that mainly focuses on the ergonomic assessment of the workstation; it includes a quantitative evaluation made by an expert and a qualitative assessment performed by the wheelchair user. Both assess the same factors: (1) physical load, that includes the workstation, the static and dynamic loads, postures and movements, and the risks of accident; (2) mental load, comprising the working time and pauses, job content, sensory load, communication and social relations, and the tasks autonomy and monotony; and (3) environmental load, taking into account chemical pollutants, noise and vibrations, thermal conditions, lighting and environment colors, radiations, among others. As this study focuses on the evaluation of a mechanical assistance device the environmental loads are of low incidence when measuring the physical risk level between the wheelchair and its user, for this reason these assessments were not carried out. MAPFRE is developed in three stages, the first one is the description of the most significant data of the workstation, the second one is the assessment of factors, and the third one is the analysis of the obtained data in order to propose corrective actions [19].

Each valued parameter is rated from 1 to 5 in the technical assessment, meaning: 1-2 favorable, 3 require further evaluation and monitoring, and 4-5 require corrections. An example for the valuation of the workstation is presented in Table III. The assessment of the conditions made by the employee, have five qualitative degrees: (++) very acceptable, (+) acceptable, (•) neutral, (-) unfavorable and (--) very unfavorable. Both assessments are summarized for each user, and the eleven evaluated parameter, in an evaluation sheet; an example is shown in table IV [19].

#### E. Staff for the ergonomic assessments

It includes professionals from physical therapy and engineering with knowledge of physiology, ergonomics,

TABLE III  
RATING SCALES FOR THE ASSESSMENT THE ERGONOMIC RISK OF THE  
PARAMETER WORKSTATION USING MAPFRE [20].

Score	Workstation characteristics
1	Meets all recommendations and/or possible adjustments for the users.
2	The main requirements that make the demands of the task compatible with the basic biomechanical needs are present.
3	Some aspects can clearly be improved and should to be corrected.
4	Several aspects can be improved and need to be corrected.
5	Several aspects are clearly deficient, and a redesign is required.

TABLE IV  
RATING SCALE FOR THE ASSESSING THE ERGONOMIC RISK OF ALL  
EVALUATED PARAMETERS USING MAPFRE [20].

	SCORE	Valuated Parameter												
		1. Workstation	2. Postural static load	3. Lifting loads	4. Postures and movements	5. Risk of injury	6. Working time and pauses	7. Job content	8. Sensory load	9. Communication and social relations	10. Communication and social relations	11. Monotony and repetitiveness		
Expert	1													
	2													
	3													
	4	•	•		•		•	•	•	•	•		•	
	5			•	•		•		•					•
Wheelchair User	++													
	+													
	*				•								•	
	-	•	•		•		•		•	•		•	•	•
	--													
Notes	The mean for the analyst is 4.3 and for the user (-). This values indicates several aspects can be improved and need to be corrected.													

occupational health, and mechanical design. The tasks performed are divided according to the role of each staff

member, being: (1) an industrial engineer carries out the interviews, the socialization of the research aims, and the analysis and statistical manipulation of the data, (2) a physical therapist, who handle the PD, carries out the posture analysis, and takes the physiological measurements, (3) and engineering student that fills out the data sheets, takes pictures, and gathers other evidence, and (4) family members and/or supervisor of the PD that can help to handle the users and provide data of the activities assigned to the PD.

### III. RESULTS AND DISCUSSION

#### A. Application of RULA

The measurements made in each evaluated body region using RULA are summarized in Table V. The results presented in the column "RULA Score" correspond to the most extreme, awkward, or unstable posture of the different assessed tasks (at least 3) for each wheelchair user.

The results of RULA show that 36% of the wheelchair users are at a very high risk (7+), which implies that change must be implemented immediately in the workstation (wheelchair); another equal percentage is in the range of medium risk (5-6), meaning that further investigation and ongoing supervision is needed, and also that changes in the

workstation should be made as soon as possible. The rest of the users (28%) are in the group of low risk (3-4), and changes may be needed to prevent their situation from worsening. All these recommendations are aimed at preventing the onset or deterioration of MSD. According to the observations made during the evaluations, none of the users is at a negligible risk level (1-2) in which no action is required; this can be explained by the fact that the environments at home and/or work have been designed assuming that people can stand up. Since the wheelchair users are obligated to be seated, this position inevitably compels them to acquire forced postures to compensate for their disability.

The results indicate that there is no correlation between age or sex of the users and the detected level of risk, which means that what determines the value of the risk is the task and the interaction with the wheelchair when they develop it, either at their work or home.

#### B. Application of MAPFRE

The measurements made for the eleven selected parameters of the MAPFRE method are summarized in Table VI. The results presented in the column "MAPFRE total Risk" correspond to an extensive evaluation of the workstation, for each wheelchair user, that took place during their usual's daily

TABLE V  
RESULTS OF THE APPLICATION OF RULA

Wheelchair Users	Sex	Age	A (arm & wrist)								B (neck & trunk)							RULA Score
			Lower Arm	Upper Arm	Wrist	Wrist Twist	Score A	Activity	Force	Score C	Neck	Trunk	Legs	Score B	Activity	Force	Score D	
1	F	59	3	2	4	1	5	0	1	6	1	1	1	1	0	0	1	4
2	M	39	3	3	4	2	5	1	1	7	4	2	1	5	1	1	7	7+
3	M	52	2	3	3	1	4	1	0	5	3	2	1	3	1	0	4	5
4	M	58	3	3	4	1	5	0	0	5	3	2	1	3	0	0	3	4
5	F	50	2	2	4	2	4	1	1	6	4	2	1	5	1	0	6	7+
6	F	50	3	2	4	1	5	1	0	6	3	2	1	3	0	1	4	6
7	M	48	3	2	4	1	5	1	0	6	3	2	1	3	0	1	4	6
8	M	46	3	2	3	1	4	1	1	6	2	2	1	2	0	1	3	5
9	M	66	3	2	2	1	4	0	1	5	2	2	1	2	0	0	2	4
10	M	34	3	2	3	1	4	1	0	5	4	2	1	5	1	0	6	7+
11	M	60	4	2	3	2	5	1	1	7	4	2	1	5	1	1	7	7+
12	M	53	3	1	3	1	4	1	0	5	2	2	1	2	0	0	2	4
13	M	30	3	2	3	1	4	1	1	6	4	1	1	5	0	0	5	6
14	M	40	4	2	3	1	4	1	1	6	4	2	1	5	0	0	5	6
15	F	50	4	2	2	1	4	1	0	5	4	2	1	5	1	0	6	7+
16	F	61	3	2	2	1	4	0	3	7	4	5	1	7	0	2	9	7+
17	M	43	4	3	2	2	5	1	1	7	4	4	1	7	0	0	7	7+
18	F	55	5	3	2	1	6	1	0	7	3	1	1	3	1	0	4	6
19	M	39	1	2	3	1	3	1	0	4	4	3	1	6	0	0	6	6
20	F	31	5	3	2	1	6	1	1	8	4	4	1	7	0	0	7	7+
21	M	36	2	2	3	1	3	1	0	4	3	2	1	3	0	0	3	3
22	F	33	2	2	2	2	3	1	1	5	3	2	1	3	0	0	3	4

tasks.

The parameters with the higher risk value regarding the physical load (1 to 5) are those of "postures and movements" which according to the observations is related to the difficulty to change positions within the wheelchair, which in most cases does not fit the anthropometry of its user, as it was determined in a previous study [8]. Regarding the parameters related to the mental load, the higher value and, therefore, the one enclosing the greatest risk is "working time and pauses" mainly due to the fact that for wheelchairs users in the city of Ambato, it is not only expensive, but also complicated to move around; accessibility in public transportation does not exist; and taxis are not easily available because they consider that it is time-consuming to load and unload the wheelchair and its user. In addition, the sitting position, in which they are confined, makes a work schedule of 8 hours a day and the time spent on housework a source of high ergonomic risk. The only parameter value below 4 is "Communication and social relations" showing that the wheelchair users do not perceive their physical disability as a limitation in their activities in this area.

#### IV. CONCLUSIONS

The evaluations performed in the wheelchair user population of Ambato city confirm the urgent need to design a wheelchair (workstation) that promotes the capabilities of its users and prioritizes the preservation of their health.

According to a previous study [8] the ergonomic methods used in this investigation (RULA and MAPFRE) show that the high risks resulting from awkward postures, repetitive movements and uprisings load, sustain the proposal of modifying the wheelchair as their inevitable workstation. The sitting posture can be change through a wheelchair that allows its user to stand up or recline the back of the chair, in order to improve some physiological functions, reduce muscle tension, changes body support areas and increase activity radius all of these directed to reduce risks, accidents, and diseases.

About 70% of PD evaluated have a wheelchair donated by the Ecuadorian State through the Manuela Espejo Mission [8]; among these it is common to see adjustments to the chair made by their users in order to: (1) diminish discomforts, (2) adapt it to the tasks they perform, or (3) to compensate dimensional maladjustment (Fig. 1), which shows their discomfort and the

TABLE VI  
RESULTS OF THE APPLICATION OF MAPFRE

Wheelchair Users	Sex	Age	1. Workstation	2. Postural static load	3. Loads lifting	4. Postures and movements	5. Risk of injury	Mean of physical load	6. Working time and pauses.	7. Content of work.	8. Sensory load.	9. Communication and social relations.	10. Autonomy and Decision Making.	11. Work monotony and repetitiveness.	Mean of Mental load	MAPFRE total Risk
1	F	59	5	4	4	5	4	4.4	5	3	4	4	3	4	3.8	4.1
2	M	39	4	5	5	5	4	4.6	3	5	4	3	3	4	3.7	4.1
3	M	52	3	4	4	5	4	4.0	5	5	5	2	3	5	4.2	4.1
4	M	58	5	4	5	5	4	4.6	5	3	4	2	4	4	3.7	4.1
5	F	50	5	4	4	5	4	4.4	5	3	4	4	3	4	3.8	4.1
6	F	50	5	4	4	5	4	4.4	3	3	3	5	4	5	3.8	4.1
7	M	48	5	4	5	5	4	4.6	5	4	5	1	3	4	3.7	4.1
8	M	46	5	4	4	5	4	4.4	5	3	3	1	2	4	3.0	3.7
9	M	66	5	4	4	5	4	4.4	5	3	5	3	1	4	3.5	4.0
10	M	34	5	4	3	5	4	4.2	3	3	4	1	3	4	3.0	3.6
11	M	60	2	4	5	5	4	4.0	2	3	3	1	2	4	2.5	3.3
12	M	53	5	4	4	5	4	4.4	5	4	4	3	4	4	4.0	4.2
13	M	30	4	4	5	5	4	4.4	5	4	4	3	4	5	4.2	4.3
14	M	40	5	4	4	5	4	4.4	5	4	4	3	4	4	4.0	4.2
15	F	50	5	5	3	5	4	4.4	5	4	4	3	4	4	4.0	4.2
16	F	61	5	5	5	5	4	4.8	5	4	5	3	5	4	4.3	4.6
17	M	43	3	4	5	5	4	4.2	5	4	4	3	5	3	4.0	4.1
18	F	55	3	4	4	5	4	4.0	5	4	5	2	5	5	4.3	4.2
19	M	39	3	4	5	4	2	3.6	5	4	4	3	5	3	4.0	3.8
20	F	31	3	4	4	5	4	4.0	5	4	3	3	4	4	3.8	3.9
21	M	36	3	4	5	4	2	3.6	4	4	4	3	5	3	3.8	3.7
22	F	33	3	3	4	3	2	3.0	4	4	4	1	3	3	3.2	3.1
<b>Mean</b>			4.1	4.1	4.3	4.8	3.7		4.5	3.7	4.0	2.6	3.6	4.0		



Fig. 1. Photos showing some adaptations made to the wheelchairs by its users.

urgency of studies to offer them a proper equipment. These craft modifications are not necessarily beneficial since the materials, dimensions, and types of supports are not the result of an ergonomic or physiological analysis, so that far from improving their condition it could be causing an increase in the risk level.

#### REFERENCES

- [1] E. Greenberg. "Overcoming our global disability in the workforce: mediating the dream." *St. John University School of Law, NY, Legal Studies Research Paper* No. 13-0009, Abril 2012. [Online]. Disponible en: <http://ssrn.com/abstract=2295094>.
- [2] Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) Programas y Servicios. Dic, 2015. [Online]. Disponible en: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/>.
- [3] T. San Antonio, J. López, C. Sánchez y F. Urrutia. "Metodología para incentivar la inserción laboral de personas en sillas de ruedas: una propuesta para Ecuador." *Revista Salud de la Universidad Industrial de Santander*, vol. 47 (2), pp. 215-217. 2015.
- [4] M. Hurtado, J. Aguilar, A. Mora, C. Sandoval, C. Peña, A. León. "Identificación de las barreras del entorno que afectan la inclusión social de las personas con discapacidad motriz de miembros inferiores." *Salud Uninorte*. Barranquilla, vol. 28 (2), pp. 227-237. 2012.
- [5] M, Bruno. "Ergonomic and workplace adaptation to people with disabilities." *Work*, vol. 50 (4), pp. 607-609. 2015.
- [6] C. Chi. "A study on job placement handicapped workers using job analysis data." *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol (24), pp. 337-351. 1999.
- [7] L.Tortosa, Ergodis/Ibv Método de Adaptación Ergonómica de puestos de trabajo para personas con discapacidad: *Manual, Instituto de Biomecánica de Valencia*, 1999, ISBN 8492397497, 9788492397495
- [8] F. Urrutia, T. San Antonio, M. Latta, P. Ortiz, J. López, and P. Urrutia, "User centered design of a wheelchair based in an anthropometric study." *Proceedings of IEEE Chilean Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, p.p 235-243, 2015. Available <http://dx.doi.org/10.1109/Chilecon>. DOI:2015.7400382
- [9] C. Chang and J. Tsai. "Ergonomic Designs Based on Musculoskeletal Models." *Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), 11th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering*, pp. 112-116. 2011. DOI 10.1109/BIBE.2011.24
- [10] C. Matthews, S. George, S. Moore, H. Bowles, A. Blair, Y. Park. "Amount of time spent in sedentary behaviors and cause-specific mortality in US adults<sup>1-3</sup>." *The American journal of clinical nutrition*, vol. 95 (2), pp. 437-445. 2012.
- [11] K. Proper, A. Singh, W. van Mechelen, M. Chinapaw. "Sedentary Behaviors and Health Outcomes Among Adults A Systematic Review of Prospective Studies." *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 40 (2), pp. 174-182. 2011.
- [12] A. Kersti, O. Samuelson, H. Tropp, E. Nylander and B. Gerdle. "The effect of rear-wheel position on seating ergonomics and mobility efficiency in wheelchair users with spinal cord injuries: A pilot study." *Journal of rehabilitation research and development*, vol. 41(1) pp. 65-74. 2004.
- [13] J. Guerras. "Evaluación de riesgos para trabajadores discapacitados.", *Revista del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*, vol. 16, 18-26. 2001.
- [14] L. Guangyan and P. Buckle. "Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture based methods." *Ergonomics*, vol. 42 (5), pp. 674-695. 1999.
- [15] B. Lopez, E. González, C. Colunga and E. Oliva. "Evaluación de sobrecarga Postural en Trabajadores: revisión de la Literatura." *Ciencia y Trabajo*, vol. 16 (50) pp. 111-115. 2014.
- [16] R. Zegarra and M. Andara, "Análisis de riesgos ergonómicos, a través de los métodos REBA y RULA." [OnLine] available <http://201.249.146.61/postgrado/uct/descargas/XJornada/Industrial/III2.ANALISIS%20DE%20RIESGOS%20ERGONOMICOS%2014-05-12.pdf>
- [17] L. McAtamney and E. Nigel, "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders." *Applied ergonomics*, vol. 24(2), pp. 91-99. 1993.
- [18] S. Asensio Cuesta, M. Bastante Ceca, and J. Diego Mas, "Evaluación ergonómica de puestos de trabajo." 1st Edition, Madrid España: Paraninfo, 2012.
- [19] *Manual de Ergonomía*, Fundación MAPFRE, España, 1995. ISBN 978847100933.
- [20] Estructplan on line, Métodos de valoración ergonómica de condiciones de trabajo – Estudio Descriptiv 2º Parte, [On line] available <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=28>.