



Escola Politècnica Superior  
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# PROYECTO FINAL DE GRADO

**TÍTULO:** Silla para asistencia en la higiene de personas con discapacidad

**AUTOR:** Adrián González Polo y Eduardo Martínez Barranco

**TITULACIÓN:** Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto  
Grado en Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR:** Juan José Vázquez Solsona

**DEPARTAMENTO:** 737, Resistència de Materials i Estructures a l'Enyineria

**FECHA:** 31 de mayo de 2014

## PROYECTO FIN DE CARRERA

### RESUMEN (máximo 50 líneas)

Este proyecto tiene como fin la realización de una silla de asistencia en la higiene para personas dependientes debido una discapacidad física y/o mental, necesitando para realizar dicha tarea el soporte de un cuidador. Los equipos para la ducha actuales son fríos y poseen un diseño puramente funcional que hace que los pacientes no puedan llegar a disfrutar de un baño relajante. Además, hay que tener en cuenta la falta de ergonomía que éstas presentan para el cuidador, puesto que deben adquirir posiciones incómodas generando con ello la aparición de cargas estáticas en la espalda y dolencias de esta índole.

Por ello se decide estudiar con más detalle la problemática con las sillas actuales, al usuario al que va destinado, el escenario (ducha para minusválidos) obteniendo con ello los puntos de mejora que se pueden realizar. Entre ellos se destaca la corrosión y las dificultades para el cuidador de acceder a la espalda y a zona perianal del paciente.

Después de realizar una serie de bocetos se decide trabajar sobre un diseño que sea elevable y basculante, para evitar las cargas estáticas del cuidador y facilitar el aseo a las zonas de más dificultad de acceso, sea envolvente y ergonómico para el paciente y a la vez posea un mayor atractivo visual con respecto a la competencia. Otras características de la silla es la incorporación de sólo tres ruedas, debido al desnivel de presentan los suelos de ducha, aportando con ello más estabilidad. También se incorporan un diseño de tiras en el respaldo que permiten adaptarse a la espalda del paciente y facilitar el aseo de ésta substituyendo la incómoda tarea de sostener al paciente con una mano mientras con la otra se asea la espalda.

### Palabras clave (máximo 10):

Discapacidad	Higiene	Silla	Ducha
Aseo	Dependientes	Cuidador	Elevable
Basculante	Ergonomía		



## FINAL GRADE PROJECT

### ABSTRACT (50 lines maximum)

The aim of this project is the execution of an assistance chair directed to disabled people on their personal hygiene. These people suffer a physical or mental disability that requires the help of a carer. Today's shower equipments are cool, and have a purely functional design, so patients do not enjoy a really relaxing bath. In addition, it has to be into account the lack of ergonomics that these chairs suppose to the carers, who should take an uncomfortable position that could cause damages related to back illnesses.

The authors of this project have decided to study the problems of the current chairs, which are based on the user of the chair and the scenary (a shower for disabled people), and they obtained the suggestions for improvements that could be done. Some of them are corrosion and the impossibility for the carer to access to the perianal area and the back of the patient.

After the carry out of some project sketches the authors decided to work on a bascule and lifting design, to avoid charges for the carer and to provide and easy acces to the hygiene. The design should be ergonomic and covering for the patient and at the same time it should have a more attractive image than the rival's design. The chair also has three wheels, taking into account the slope of the shower floor, these three wheels will provide more stability. There is also a band system in the back that allows to adapt the back's patient to the chair and also facilitate the hygiene. This band system avoids the difficult task of hold the patient with just one hand meanwhile the other hand is use to clean the back

### Keywords (10 maximum):

Disability	Hygiene	Chair	Shower
Cleanness	Dependent	Carer	Lift
Rocker	Ergonomics		

## ÍNDICE

<b>1. OBJETIVOS</b>	11
<b>2. MEMORIA GENERAL</b>	13
2.1 Prólogo	13
2.1. Introducción al proyecto	14
<b>3. MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	16
3.2. Estado del arte	16
3.2.1 Escenario	16
3.2.1. Usuarios	18
3.2.2. Estudio de precedentes y referentes	22
3.2.3. Conclusiones del estado de la cuestión	29
3.2.4. Análisis de las sillas de ducha basculantes	30
3.2.5. Proceso de aseo con silla de ducha	37
3.2.6. Conclusiones del proceso de aseo con silla de ducha	42
3.3. Secuencia de uso deseada	45
3.4. Bocetos previos al diseño definitivo	46
3.4.2. Boceto 2	46
3.4.3. Boceto 3	47
3.4.4. Boceto 4	47
3.4.5. Boceto 5	48
3.4.6. Boceto 6	48
3.5. Diseño final del producto	49
<b>4. MEMORIA TÉCNICA</b>	52
4.1. Análisis antropométrico y ergonómico del producto	52
4.2. Factores de diseño en la silla de ruedas	58
4.2.1. Asiento	58
4.2.2. Acolchado	59
4.2.3. Respaldo	60
4.2.5. Reposabrazos	61
4.3. Estudio de los mecanismos	62
4.3.1. Estudio del mecanismo de elevación	62
4.3.2. Estudio del mecanismo de basculación	70
4.4. Justificación formal para cada una de los componentes	80
4.4.1. Conector tubo respaldo	80
4.4.2. Tubo asiento	81
4.4.3. Acoplador cuadrilátero paralelogramo	82
4.4.4. Biela delantera cuadrilátero paralelogramo	83
4.4.5. Pistón de elevación	84
4.4.6. Ruedas traseras	85

4.4.7.	Base .....	86
4.4.8.	Rueda delantera.....	89
4.4.9.	Connector tubo asiento reposapiés .....	90
4.4.10.	Abrazadera.....	91
4.4.11.	Casquillo auto-lubricante.....	92
4.4.12.	Anillo de seguridad.....	92
4.4.13.	Tubo reposapiernas .....	93
4.4.14.	Grapas para tubos .....	93
4.4.15.	Acolchado reposapiernas.....	94
4.4.16.	Acolchado del asiento .....	95
4.4.17.	Reposapiés .....	96
4.4.18.	Reposabrazos .....	96
4.4.19.	Posicionador reposabrazos.....	97
4.4.20.	Tapones tubo asiento.....	98
4.4.21.	Reposacabezas .....	98
4.4.22.	Respaldo .....	100
4.4.23.	Puños .....	101
4.4.24.	Tubo respaldo .....	101
4.4.25.	Manetas .....	102
4.4.26.	Cable para los pistones de basculación y elevación.....	103
4.4.27.	Patilla .....	104
4.4.28.	Conjunto bolsillo.....	104
4.4.29.	Pinza del freno de disco.....	105
4.4.30.	Cinturón de seguridad.....	105
4.5.	Secuencia de uso la silla diseñada.....	106
4.6.	Justificación de los colores empleados.....	110
4.6.1.	Decisión final de los colores.....	112
4.6.2.	Partes coloreadas .....	113
4.7.	Estudio de la posición de los pistones.....	114
4.7.1.	Pistón de elevación .....	114
4.8.	Estabilidad de la silla.....	119
4.8.1.	Zona más baja .....	119
4.8.2.	Zona más alta .....	120
4.8.3.	Posiciones límite .....	121
<b>5.</b>	<b>PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>123</b>
5.1.	Conjunto condiciones y características .....	123
5.1.1.	Dimensiones externas del producto.....	125
5.2.	Selección de materiales.....	126
5.2.1.	Conjunto reposacabezas .....	129

5.2.3.	Conjunto cuadrilátero articulado sistema de elevación .....	132
5.2.4.	Conjunto base .....	132
5.2.5.	Conjunto reposapiés .....	134
5.2.6.	Conjunto reposapiernas y asiento .....	136
5.2.7.	Conjunto reposabrazos .....	137
5.2.8.	Conjunto tiras respaldo .....	138
5.2.9.	Conjunto simbolización .....	139
5.2.10.	Conjunto respaldo .....	140
5.3.	Tratamientos térmicos y superficiales .....	141
5.3.1.	Galvanizado .....	141
5.3.2.	Anodizado .....	142
<b>6.</b>	<b>CÁLCULOS</b> .....	<b>144</b>
6.1.	Cálculos analíticos .....	144
6.1.1.	Cálculo de fuerzas del mecanismo de elevación .....	144
6.1.2.	Cálculo de fuerzas del mecanismo de basculación .....	152
6.1.3.	Cálculo de los grados de libertad del mecanismo de elevación .....	155
6.1.4.	Cálculo de los grados de libertad del mecanismo de basculación .....	156
6.1.5.	Cálculo justificativo de la sección del tubo del asiento .....	157
6.1.6.	Cálculo de la resistencia de los tornillos de la acopladora .....	163
6.1.7.	Cálculo de las reacciones del mecanismo de elevación .....	166
6.1.8.	Cálculo del esfuerzo a soportar por los topes .....	173
6.1.9.	Cálculo del esfuerzo a soportar por el reposapiés y elección de la tornillería ...	175
6.1.10.	Cálculo resistivo de la sección de la base .....	179
6.1.11.	Cálculo del momento flector máximo en la base .....	182
6.1.12.	Cálculo resistivo de las manivelas .....	183
6.1.13.	Redimensionado .....	186
6.1.14.	Cálculo de la resistencia de las tiras .....	187
6.2	Cálculo por elementos finitos de la plancha del asiento .....	190
<b>7.</b>	<b>PLANOS</b> .....	<b>195</b>
<b>8.</b>	<b>PRESUPUESTO</b> .....	<b>197</b>
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>205</b>
<b>10.</b>	<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>206</b>
<b>11.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>209</b>
11.1.	Bibliografía .....	209
11.2	Otras referencias bibliográficas .....	210
<b>12.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>214</b>
12.1	Folletos/Datasheets de las piezas estandarizadas .....	214
12.2.	Montaje de la silla .....	214
12.3	Normativa .....	214

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>3. MEMORIA DESCRIPTIVA</b> .....	16
<b>Figura 3.1.</b> Lavabo destinado a personas discapacitadas de la Fundación Ave María de Sitges .....	16
<b>Figura 3.2.</b> Evolución gráfica de la úlcera por presión en sacro, Imagen obtenida de la revista clínica de medicina de familia.....	20
<b>Figura 3.3.</b> Silla plegable de pared Haiti .....	23
<b>Figura 3.4.</b> Asiento ducha abatible 6340.....	23
<b>Figura 3.5.</b> Silla ducha y WC clean .....	24
<b>Figura 3.6.</b> Silla ducha Levina .....	24
<b>Figura 3.7.</b> Silla ducha Atlantic.....	25
<b>Figura 3.8.</b> Silla basculante Boris.....	25
<b>Figura 3.9.</b> Camilla de baño Ocea.....	26
<b>Figura 3.10.</b> Camilla de baño Bolero.....	26
<b>Figura 3.11.</b> Silla MR Lounge Chair .....	27
<b>Figura 3.12.</b> Textile Moulded Chair .....	27
<b>Figura 3.13.</b> Silla Aeron .....	27
<b>Figura 3.14.</b> Silla Mod. 182 .....	28
<b>Figura 3.15.</b> Silla Mod. XH-AT14.....	28
<b>Figura 3.16.</b> Silla Solmats Transfer A10.....	28
<b>Figura 3.17.</b> Camilla silla Dinamic .....	29
<b>Figura 3.18.</b> Dimensiones generales de los elementos que conforman la silla de ducha, concretamente de la silla basculante Atlantic [9] .....	30
<b>Figura 3.19</b> Aquatec Ocean VIP.....	31
<b>Figura 3.20</b> Silla basculante Swift Mobile Tic.....	31
<b>Figura 3.21.</b> Silla basculante Boris.....	31
<b>Figura 3.22.</b> Diferentes ruedas empleadas en distintas sillas de ducha .....	32
<b>Figura 3.23.</b> Diferentes reposapiés empleados en distintas sillas de ducha.....	32
<b>Figura 3.24.</b> Diferentes asientos empleados en distintas sillas de ducha.....	33
<b>Figura 3.25.</b> Diferentes reposabrazos empleados en distintas sillas de ducha .....	34
<b>Figura 3.26.</b> Diferentes respaldos empleados en distintas sillas de ducha.....	35
<b>Figura 3.27.</b> Diferentes reposacabezas empleados en distintas sillas de ducha.....	36
<b>Figura 3.28.</b> Diferentes asas de empuje empleados en distintas sillas de ducha.....	36
<b>Figura 3.29.</b> Pistones y la maneta de las sillas de la fundación Ave María de Sitges .....	37
<b>Figura 3.30.</b> Corrosión en las sillas basculantes en frenos y articulaciones .....	42
<b>Figura 3.31.</b> Silla diseñada elevándose y basculando .....	49
<b>Figura 3.32.</b> Silla diseñada situada en su escenario .....	50

<b>4. MEMORIA TÉCNICA</b> .....	52
<b>Figura 4.1</b> Altura de la empuñadura en las sillas de ruedas convencional .....	54
<b>Figura 4.2.</b> Influencia de la altura del asiento, en el primer caso se puede apreciar las consecuencias de ser demasiado bajo, mientras que a la derecha si es demasiado alto.....	58
<b>Figura 4.3.</b> Influencia de la profundidad del asiento, en el primer caso se puede apreciar las consecuencias de ser demasiado elevado, mientras que a la derecha si es demasiado corto. ....	59
<b>Figura 4.4.</b> Influencia de la anchura del asiento al ser demasiado elevada.....	59
<b>Figura 4.5.</b> Influencia del ángulo y altura del asiento. ....	60
<b>Figura 4.6.</b> Influencia de la altura del reposapiés, a la izquierda la altura ideal; en el medio la altura demasiado baja; a la derecha el reposapiés demasiado elevado. ....	60
<b>Figura 4.7.</b> Relación de ángulos preferentes entre 1 y 2, para poder seleccionar la postura de trabajo descanso y dormir. ....	61
<b>Figura 4.8.</b> Altura inodoro minusválidos (mm).....	62
<b>Figura 4.9.</b> Mecanismo cuadrilátero articulado paralelogramo .....	63
<b>Figura 4.10.</b> Altura inicial del mecanismo especificando las partes (bancada, acoplador y manivelas).....	63
<b>Figura 4.11.</b> Altura final del mecanismo teniendo en cuenta las dimensiones de bancada, manivela y acoplador .....	64
<b>Figura 4.12.</b> Longitud de la manivela y altura del acoplador para calcular el ángulo $\alpha$ inicial .....	64
<b>Figura 4.13.</b> Trayectorias de la manivela, pistón y acoplador. Ángulos de las manivelas y del pistón, altura del asiento y longitud del pistón. ....	65
<b>Figura 4.14.</b> Mecanismo cuadrilátero articulado de doble balancín .....	71
<b>Figura 4.15.</b> Mecanismo cuadrilátero articulado de doble balancín posicionado en la silla ..	71
<b>Figura 4.17</b> Posición final del mecanismo de basculación deseada .....	72
<b>Figura 4.16</b> Posición inicial del mecanismo de basculación deseada.....	72
<b>Figura 4.18.</b> Ángulos máximos de los balancines .....	72
<b>Figura 4.19.</b> Esquema del mecanismo con las longitudes definitivas de las barras .....	75
<b>Figura 4.20.</b> Trayectorias del reposapiés, pistón y respaldo y longitud del pistón. ....	76
<b>Figura 4.21.</b> Movimiento de Conector tubo respaldo .....	80
<b>Figura 4.22.</b> Comparación entre momento de inercia de un tubo redondo y rectangular .....	81
<b>Figura 4.23.</b> Zonas del tubo asiento .....	82
<b>Figura 4.24.</b> Forma acoplador cuadrilátero paralelogramo, donde se puede apreciar la forma de y los orificios para las bielas y las abrazaderas .....	83
<b>Figura 4.25.</b> Momento de inercia respecto el eje X de un tubo rectangular .....	83
<b>Figura 4.26.</b> Biela 2 cuadrilátero paralelogramo, donde se puede apreciar las uniones para la bancada, pistón y acoplador respectivamente .....	84
<b>Figura 4.27.</b> Pistón Stabilus rígido bloqueable a tracción para la elevación .....	85
<b>Figura 4.28.</b> Comparación entre la rueda seleccionada (izquierda) y la rueda industrial (derecha).....	85

<b>Figura 4.29.</b> Base con las dos zonas diferenciadas, zona de protección y zona de elevación.	86
<b>Figura 4.30.</b> Ejemplo de impacto contra obstáculos	87
<b>Figura 4.31.</b> Justificación de la forma de U	88
<b>Figura 4.32.</b> Unión de rueda delantera con vástago (izquierda) o con platina atornillable (derecha)	89
<b>Figura 4.33.</b> Longitud del eje menor de la base (izquierda) y la rueda seleccionada (derecha)	90
<b>Figura 4.34.</b> Unión conector tubo reposapiés	90
<b>Figura 3.35.</b> Centro de rotación demasiado bajo	90
<b>Figura 4.37.</b> Unión conector tubo reposapiés golpeando a la base	91
<b>Figura 4.36.</b> Unión conector tubo reposapiés actual	91
<b>Figura 4.38.</b> Abrazadera seleccionada (izquierda) y otro ejemplo de abrazadera con poca superficie de sujeción (izquierda)	91
<b>Figura 4.39.</b> Casquillo auto-lubricante seleccionado	92
<b>Figura 4.40.</b> Anillo de retención seleccionado	92
<b>Figura 4.41.</b> Tubo reposapiernas	93
<b>Figura 4.42.</b> Grapa de fijación para tubos de Ø25mm	94
<b>Figura 4.43.</b> A la izquierda se aprecia la forma convexa	94
<b>Figura 4.44.</b> A la izquierda el vaciado en forma de U; a la derecha el reposapiernas todo recto con la zona de peligro para el paciente	95
<b>Figura 4.45.</b> Acolchado del asiento con las zonas principales	95
<b>Figura 4.46.</b> Justificación de la forma del reposapiés.	96
<b>Figura 4.47.</b> Imágenes de la forma del reposabrazos. A la izquierda se aprecia la rotación respecto del tubo del asiento; A la derecha se destacan en amarillo la forma curvada para acercarse al máximo al paciente.	97
<b>Figura 4.48.</b> Imagen de los posicionadores de los reposabrazos y sus tornillos	97
<b>Figura 4.49.</b> Imagen del tubo	98
<b>Figura 4.50.</b> Imagen del reposacabezas y su función envolvente	98
<b>Figura 4.51.</b> Imagen del reposacabezas en las posiciones extremas dentro del área del respaldo	99
<b>Figura 32.</b> Imagen del respaldo con las zonas más destacadas han decidido su forma	100
<b>Figura 4.53.</b> Imagen de los puños de goma Grips	101
<b>Figura 4.54.</b> Imagen del tubo respaldo	102
<b>Figura 4.55.</b> Imagen de la distancia que impide golpearse con el tubo asiento durante la basculación	102
<b>Figura 4.56.</b> Imagen de las manetas seleccionadas a la izquierda; a la derecha imagen de la corrosión provocada por el cable de freno	103
<b>Figura 4.57.</b> Imagen del cable seleccionado	103
<b>Figura 4.58.</b> Imagen de la patilla escogida	104
<b>Figura 4.59.</b> Imagen del bolsillo con los jabones en su interior	104
<b>Figura 4.60.</b> Imagen de la pinza estándar seleccionada	105

<b>Figura 4.61.</b> Imagen del cinturón seleccionado.....	105
<b>Figura 4.62.</b> Justificación del porqué del coloreado en las distintas zonas (1-5).....	113
<b>Figura 4.63</b> Área en la que se deberá encontrar el pistón .....	114
<b>Figura 4.64.</b> Esquematzación del mecanismo para encontrar una constante para cualquier triángulo con punto A en línea G, punto B en la línea D y punto C en la línea F .....	115
<b>Figura 4.65.</b> Posición final del pistón.....	116
<b>Figura 4.66.</b> Longitud a considerar de los anclajes .....	117
<b>Figura 4.67.</b> Dimensiones de los pistones ASR .....	118
<b>Figura 4.69</b> Representación de la zona de seguridad donde se debe encontrar el centro de gravedad (izquierda); punto en el que se encuentra el centro de gravedad (derecha) .....	119
<b>Figura 4.70.</b> Representación de la zona de seguridad donde se debe encontrar el centro de gravedad (izquierda); punto en el que se encuentra el centro de gravedad (derecha) .....	120
<b>Figura 4.71.</b> Representación de la zona de seguridad y posición del centro de gravedad con la aplicación de los dos soportes laterales.....	120
<b>Figura 4.72.</b> Representación de la zona en el que se encuentra el centro de gravedad ....	121
<b>Figura 4.74.</b> Situación en la que el paciente se inclina hacia atrás.....	121
<b>Figura 4.73.</b> Situación en la que el paciente se inclina hacia adelante.....	121
<b>5. PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>123</b>
<b>Figura 5.1.</b> A la izquierda las dimensiones máximas de la silla, anchura y altura; .....	125
la anchura está determinada por la anchura de las puertas (900 mm) , y la anchura de un inodoro (385 mm). La altura se ha pensado en función de la comodidad del cuidador; A la derecha longitud máxima de la silla.....	125
<b>Figura 5.2.</b> Representación de los conjuntos que se han de fabricar en vista isométrica frontal .....	126
<b>Figura 5.3</b> Representación de los conjuntos que se han de fabricar en vista isométrica frontal .....	127
<b>Figura 5.4.</b> A la izquierda sección del reposacabezas, donde se puede apreciar la espuma de poliuretano; vista posterior del reposacabezas donde se aprecia el velcro.....	129
<b>Figura 5.5.</b> Imagen del conjunto que conforma el cuadrilátero articulado del sistema de basculación. ....	130
<b>Figura 5.6</b> Conjunto que conforma cuadrilátero articulado de elevación .....	132
<b>Figura 5.7</b> Catálogo de tubos elípticos de la empresa Protubsa, indica material y dimensiones .....	132
<b>Figura 5.8</b> Conjunto que conforma la base, con el tubo elíptico y las piezas laterales.....	133
<b>Figura 5.9</b> Conjunto que conforma el reposapiés, con la plancha de nylon y el revestimiento de caucho sintético. ....	136
<b>Figura 5.10</b> Conjunto que conforma el reposapiés y el asiento, con la plancha de aluminio, revestimiento de fibra de poliuretano y acolchado de espuma de poliuretano .....	137
<b>Figura 5.11</b> Conjunto reposabrazos, con el tubo de aluminio, revestimiento de fibra de poliuretano y acolchado de espuma de poliuretano.....	137
<b>Figura 5.12</b> Tiras del respaldo.....	138
<b>Figura 5.13</b> Señalización del funcionamiento de la silla.....	139



<b>Figura 5.14</b> Conjunto que conforma el respaldo, con la plancha de aluminio, revestimiento de fibra de poliuretano y acolchado de espuma de poliuretano. Además también se muestra el velcro y las barras cilíndricas de aluminio .....	140
<b>Figura 5.15</b> Gráfico del aumento de vida de la pieza por galvanizado .....	141
<b>Figura 5.16</b> Esquema del proceso de adonizado del aluminio.....	142
<b>6. CÁLCULOS</b> .....	144
<b>Figura 6.1.</b> Centros de gravedad de distintas partes del cuerpo humano.....	145
<b>Figura 6.2.</b> Centros de gravedad de distintas partes del cuerpo humano con las fuerzas aplicadas para una persona de 50 kg de peso .....	146
<b>Figura 6.3.</b> Centros de gravedad de distintas partes del cuerpo humano con las fuerzas aplicadas para una persona de 50 kg y las distancias en metros respecto del punto O ....	147
<b>Figura 6.4.</b> Centros de gravedad de distintas partes del cuerpo humano con las fuerzas aplicadas para una persona de 50 kg y las distancias en metros respecto del punto O ....	148
<b>Figura 6.5.</b> Centros de gravedad de distintas partes del cuerpo humano con las fuerzas aplicadas para una persona de 120 kg y las distancias en metros respecto del punto O ...	150
<b>Figura 6.6.</b> Representación de ambos pistones en el mecanismo de elevación .....	151
<b>Figura 6.7.</b> Posición más crítica con la representación de los centros de gravedad A y C, junto con el punto de rotación B.....	152
<b>Figura 6.8.</b> Síntesis del mecanismo con las uniones y el número de barras. ....	155
<b>Figura 6.9.</b> Síntesis del mecanismo con las uniones y el número de barras .....	156
<b>Figura 6.10.</b> Tubo sujeto a las abrazaderas .....	157
<b>Figura 6.11.</b> Esquema de la viga empotrada .....	157
<b>Figura 6.12.</b> Situación más crítica para el tubo asiento .....	158
<b>Figura 6.13.</b> Tubo del asiento con la longitud de la fuerza aplicada .....	160
<b>Figura 6.14.</b> Distribución de los 4 tornillos DIN 7380 .....	163
<b>Figura 6.15.</b> Hipótesis de trabajo planteada de la resistencia de los tornillos de la abrazadera .....	163
<b>Figura 6.16.</b> Esquema de fuerzas que actúan sobre los tornillos DIN 7380 .....	164
<b>Figura 6.17.</b> Mecanismo a esquematizar. ....	166
<b>Figura 6.18.</b> Mecanismo esquematizado, donde se representan las distintas barras de un color y la bancada .....	166
<b>Figura 6.19.</b> Mecanismo esquematizado con la fuerza P a aplicar y las dimensiones .....	167
<b>Figura 6.20.</b> Mecanismo esquematizado con la fuerza P a aplicar definitiva.....	167
<b>Figura 6.21.</b> Diagrama del cuerpo libre de la pieza tubo asiento y acoplador .....	168
<b>Figura 6.22.</b> Diagrama del cuerpo libre de la manivela 2 .....	169
<b>Figura 6.23.</b> Diagrama del cuerpo libre de la manivela 1 .....	170
<b>Figura 6.24.</b> Posición del tope con la fuerza que ha de soportar .....	173
<b>Figura 6.25.</b> Representación de la situación más crítica, siendo los pies de color naranja los del paciente (descalzo) y el azul el del cuidador (calzado).....	175
<b>Figura 6.26.</b> Diagrama del cuerpo libre de la plancha del reposapiés .....	175
<b>Figura 6.27.</b> Distancia a la que se aplica la fuerza en el repsoapiés .....	177

<b>Figura 6.28.</b> Representación de la situación más crítica que actúa sobre la base, destacando el área que habrá que considerar.....	179
<b>Figura 6.29.</b> Representación de la fuerza que provoca un momento torsor en la base elíptica.....	180
<b>Figura 6.31.</b> Sección de la elipse y distancias respecto ejes.....	181
<b>Figura 6.30.</b> Sección del tubo elíptico escogido, datos de fabricante .....	181
<b>Figura 6.32.</b> Fuerzas y distancias respecto la base.....	182
<b>Figura 6.33.</b> Dimensiones de las manivelas.....	183
<b>Figura 6.34.</b> Posición 1 más crítica .....	183
<b>Figura 6.35.</b> Posición 2 más crítica .....	185
<b>Figura 6.36.</b> Representación de la fuerza que recibe cada una de las tiras .....	187
<b>Figura 6.37.</b> Sección de la elipse y distancias respecto ejes.....	181
<b>Figura 6.38.</b> Aplicando material a la plancha del asiento .....	181
<b>Figura 6.39.</b> Aplicando gravedad a la plancha del asiento.....	182
<b>Figura 6.40.</b> Aplicando zonas fijas a la plancha del asiento.....	183
<b>Figura 6.41.</b> Aplicando 1176 N a la plancha del asiento .....	183
<b>Figura 6.42.</b> Mallando a la plancha del asiento .....	185
<b>Figura 6.43.</b> Desplazamiento plancha del asiento de 15 mm .....	187
<b>Figura 6.44.</b> Tensiones de Von Mises plancha del asiento de 15 mm.....	185
<b>Figura 6.45.</b> Desplazamiento plancha del asiento de 5 mm .....	187
<b>Figura 6.46.</b> Tensiones de Von Mises plancha del asiento de 5 mm.....	185



## 1. OBJETIVOS

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño de un equipo destinado a facilitar la ducha y aseo de personas con discapacidad.

Este tipo de personas no pueden realizar el aseo diario de forma autónoma debido a algún tipo de minusvalía, necesitando con ello la ayuda de otra persona, generalmente un cuidador. Así pues, el proyecto se destina a centros sanitarios o centros de cuidados sociales.

Con el fin de diferenciarse de los antecedentes actuales en este campo, se pretende:

- Humanizar la higiene de las personas con discapacidad
- Simplificar y facilitar el proceso de aseo, haciendo la silla más cómoda tanto para el cuidador como para la persona con discapacidad
- Optimizar los aspectos resistentes del producto
- Aumentar el ciclo de vida del producto, ofreciendo piezas de fácil recambio
- Mejorar la estética del producto

# MEMORIA GENERAL

## 2. MEMORIA GENERAL

### 2.1 Prólogo

Este es un trabajo con la motivación principal de realizar una labor de ayuda social destinada a aquellas personas con más dificultades. Además, la necesidad de realizar un Trabajo Final de Grado con la intención de demostrar los conocimientos adquiridos durante los estudios de grado.

El proyecto fue presentado en la *Escola Politècnica de Vilanova i la Geltrú* (EPSEVG). por los miembros de la *Associació del Disseny Industrial del Mediterrani*, en colaboración con la fundación Ave María de Sitges, demandante del producto.

## 2.1. Introducción al proyecto

Dependencia es un estado en que una persona no es capaz de realizar acciones de la vida diaria por sí misma, debido a un problema físico y/o mental, necesitando por ello de asistencia de otra persona para realizarlas. En España hay más de 1.125.000 personas dependientes [1], aunque se prevé un aumento de esta cifra en los próximos años según las previsiones demográficas. Estas personas requieren de atenciones y cuidados especiales, entre los que hay que destacar la higiene personal.

La higiene personal es el concepto básico de aseo, limpieza y cuidado del cuerpo, ayudando a prevenir con ello infecciones, generalmente cutáneas. En este tipo de pacientes es muy importante esta tarea, necesitando con ello la ayuda de un cuidador y de equipos auxiliares para facilitar el aseo. Entre estos equipos destaca las sillas de ducha, las cuales permiten sentar al paciente en ella y proporcionarle el saneado apropiado al usuario con la ayuda del personal del centro. Esta se trata de una situación violenta, debido a lo intimidad de la acción, así que se trata de crear un ambiente agradable y relajante por parte del cuidador, pero las sillas de ducha actuales son demasiado frías, es decir, son puramente funcionales y no contemplan un atractivo visual que facilite la fluidez entre ambos usuario durante el aseo.

Además hay que mencionar que debido a las altas exigencias físicas del trabajo, tales como levantar, incorporar, trasladar y asear al paciente junto con que el equipo de trabajo no es el adecuado ergonómicamente hablando, provocan que los cuidadores adquieran posturas inadecuadas y consecuentemente cargas estáticas en la zona lumbar. Esta dolencia es el 80-85% de la causa de baja de los cuidadores [2].

# MEMORIA DESCRIPTIVA



### 3. MEMORIA DESCRIPTIVA

#### 3.1. Definición breve del producto

El producto a desarrollar se trata de un asiento de aseo individual para ducha destinada a centros de soporte a personas con discapacidad severa. Dispone de respaldo y asiento antideslizante, basculante y elevable en altura, con un sistema de ruedas para facilitar la movilidad y la maniobrabilidad. Consta de un sistema de freno permanente, reposabrazos y reposacabezas. Adaptable a diferentes perfiles de usuarios, con asiento preparado para superponer sobre la taza del WC para así evitar un traslado en caso de necesidad fisiológica.

#### 3.2. Estado del arte

Previamente al diseño del nuevo producto, se ha realizado un análisis con el objetivo de recopilar toda la información necesaria, basándose en el escenario del producto, el usuario al cual va destinado, los productos actuales que realizan una función similar a la de la presente propuesta y la secuencia de uso de los productos actuales en el mercado obteniendo con ello unas conclusiones.

##### 3.2.1 Escenario

En este apartado se procede a estudiar el escenario donde se encontrará el producto, el cual será el cuarto de baño, más concretamente la ducha. Para ello, teniendo en cuenta que estará destinado a centros sanitarios o centros de cuidados sociales, se debe considerar la normativa vigente para dichos espacios en edificios de esta índole. En la figura 3.1 se puede apreciar el escenario, para tener una mejor comprensión del lugar:



**Figura 3.1.** Lavabo destinado a personas discapacitadas de la Fundación Ave María de Sitges

Así pues, se trata de un espacio que debe permitir la entrada y maniobrabilidad de personas discapacitadas en silla de ruedas y que requieren de ayuda de otra persona. Teniendo esto en mente y considerando la Normativa UNE 41523 hay una serie de aspectos que se deberá considerar y se recogen en la tabla 3.1:

**Tabla 3-1.** Datos principales del escenario del producto para el diseño [3].

DATO	DESCRIPCIÓN
Anchura de las puertas	La anchura mínima libre de paso debe ser de 90 cm, con un ángulo de apertura mínimo de 90°.
Dimensión interior	En el interior del cuarto de baño o aseo se permitirá la inscripción de un círculo de 1,5 m de diámetro libre de obstáculos y fuera de la confluencia del barrido de la puerta.
Pavimento	Será antideslizante tanto en seco como en mojado, sin ningún tipo de resalte. El color deberá contrastar con los parámetros verticales.
Inodoro	El plano del asiento se encontrará a 45-47 cm de altura, con el fin de facilitar la transferencia (paso de la silla de ruedas al inodoro y viceversa), el asiento y levantamiento. Además, si es posible, se deberá dejar un espacio libre en ambos lados del inodoro de 75 cm para poder situar la silla de ruedas.
Ducha	El plato de la ducha deberá tener unas dimensiones de 135x135 cm o 235x235 cm si se necesita la intervención de asistentes, no debe tener bordes para posibilitar el acceso con silla de ruedas de baño. El suelo debe impermeabilizarse con pendientes de desagüe de un 2% aproximadamente, pero sin dejar resaltes.
Rango de temperatura ambiente	10°C a 37°C
Rango de humedad relativa	15% a 100%

### 3.2.1. Usuarios

En este apartado se analiza el público al cual se destina el producto. En este caso se pueden apreciar dos tipos de usuario muy bien diferenciados, el paciente y el cuidador, pero ambos muy importantes a considerar. A continuación se estudian por separado las diferentes características de estos:

#### 3.2.1.1. Paciente

Se trata de personas que no pueden ducharse de forma autónoma debido a impedimentos físicos y/o mentales, necesitando para realizar dicha tarea la presencia indispensable y continúa de otra persona. Para él/ella la ducha debe ser una situación de confort, bienestar y ayuda al descanso. La incapacidad se puede deber a varios factores, entre los cuales los principales son los siguientes [1]:

- Parálisis
- Pérdida de extremidades
- Defecto o deformación de la extremidad
- Rigidez o daño de las articulaciones
- Discapacidad intelectual grave

Pero en este apartado se analizará de forma más detallada aquel usuario con discapacidad intelectual grave, puesto que requiere de unos cuidados, seguridad y trato mayor en comparación al resto de usuarios con la misma dependencia para ducharse. Esto se debe a que son personas difíciles de predecir su comportamiento durante el aseo [4].

##### 3.2.1.1.1. Usuario con discapacidad intelectual grave

Para poder entender con mayor claridad este tipo de usuario se tiene en cuenta la tabla 3-2 en la cual se pueden apreciar las distintas características que presentan y hay que considerar para el diseño.

**Tabla 3-2.** Características principales del usuario con discapacidad intelectual grave [5].

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
<b>MOTRICES</b>	<b>COGNITIVAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lentitud en el desarrollo motor que se manifiesta en dificultades para:</li> <li>-Adquisición de la conciencia progresiva de sí mismo.</li> <li>-Conocimiento de su cuerpo.</li> <li>-Control del propio cuerpo y adquisición de destrezas motrices complejas.</li> <li>-Control postural y equilibrio corporal en los desplazamientos.</li> <li>-Realización de movimientos manipulativos elementales (alcanzar, arrojar, soltar...).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distintos grados de retraso/trastorno en las funciones cognitivas básicas.</li> <li>- Dificultades para la simbolización.</li> <li>-Alteraciones en el autocontrol y planificación.</li> <li>-Problemas de anticipación de consecuencias y asociación causa-efecto.</li> <li>-Dificultades para aprender de experiencias de la vida cotidiana.</li> <li>-Dificultades para generalizar los aprendizajes.</li> </ul>
<b>DE AUTONOMÍA</b>	<b>LENGUAJE Y COMUNICACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lentitud en la adquisición de destrezas motrices y manipulativas necesarias para el desarrollo de hábitos de autonomía (aseo, higiene, vestido, alimentación).</li> <li>- Escasa conciencia de sensaciones relacionadas con la higiene y el aseo personal (conciencia de limpieza, suciedad).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retraso en la adquisición del lenguaje.</li> <li>- Dificultades en la comprensión, adquisición y uso de los elementos morfosintácticos como género, número, tiempos y flexiones verbales.</li> <li>- Retraso y lentitud en adquisición de léxico.</li> <li>- Puede llegar a usar funcionalmente un lenguaje con vocabulario y estructuras sintácticas muy elementales.</li> <li>- En algunos casos no se adquiere lenguaje oral funcional.</li> </ul>

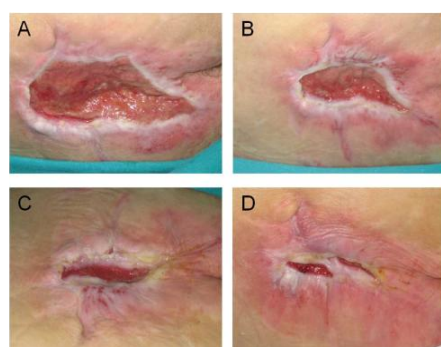
Como se puede apreciar son personas de gran dependencia que pueden reaccionar de forma distinta durante el baño [4]:

- Con agresividad (pudiendo lastimarse al golpearse contra la silla)
- No colaborar (negarse a ducharse golpeando al cuidador)
- Sentirse triste

En este tipo de usuario es muy importante tener en mente los colores que se emplearán para el desarrollo de la silla, puesto que según los propios cuidadores de la Fundación Ave María, una cromática muy llamativa, es decir, colores vivos tales como el rojo, amarillo o naranja, produciría en el paciente un efecto contrario al deseado. Esto se debe principalmente a que este tipo de colores sobreexcita a los pacientes provocándoles nerviosismo y alterándolos, dificultando con ello el proceso de lavado para el cuidador.

Otro aspecto a considerar de este tipo de usuario, es la piel, puesto que tiende a ser mucho más frágil. Por este motivo debe mantenerse siempre bien aseada, seca e hidratada. Durante el baño se realizan inspecciones meticulosas con el fin de comprobar el color y la textura de la piel, para poder detectar algún tipo de anomalía, generalmente úlceras por presión [4].

Las úlceras por presión se tratan de zonas de la piel lesionadas debido a permanecer en la misma posición durante un tiempo prolongado. Este tipo de problemas se detecta en las personas encamadas o personas con sillas de ruedas, debido a que no pueden cambiar de posición permitiendo con ello un flujo continuo de la sangre. Este tipo de lesiones se detectan en zonas donde la piel se encuentra muy cercana al hueso, tales como tobillos, talones y caderas [6]. La forma de prevenir dicha lesión es mediante el uso de un correcto acolchado y manteniendo la piel limpia, seca e hidratada, tal y como se ha comentado anteriormente. Para tener una mayor comprensión del alcance de la lesión se muestra la su evolución [7], véase figura 3.2:



**Figura 3.2.** Evolución gráfica de la úlcera por presión en sacro, Imagen obtenida de la revista clínica de medicina de familia

A: Junio de 2006

B: Julio de 2006

C: Agosto de 2006

D: Septiembre de 2006

### 3.2.1.2. Cuidador

Se trata de aquella persona que ayuda al paciente a ducharse y mantenerse limpio, encargándose a su vez de su seguridad evitando que se lastime. Este perfil de usuario se caracteriza por poseer algunas características como [4]:

- Paciencia, puesto que se trata de una tarea elaborada y dificultosa.
- Flexibilidad, para poder llegar a limpiar todas las zonas del paciente.
- Amabilidad, para poder crear un ambiente cálido y seguro durante el aseo.

Pero hay que considerar que el aseo del paciente puede ser un problema ya que pueden exigir un esfuerzo excesivo, puesto que puede provocar un desgaste físico y psicológico debido a malas posturas o posibles accidentes que pudieran ocurrir durante el lavado.

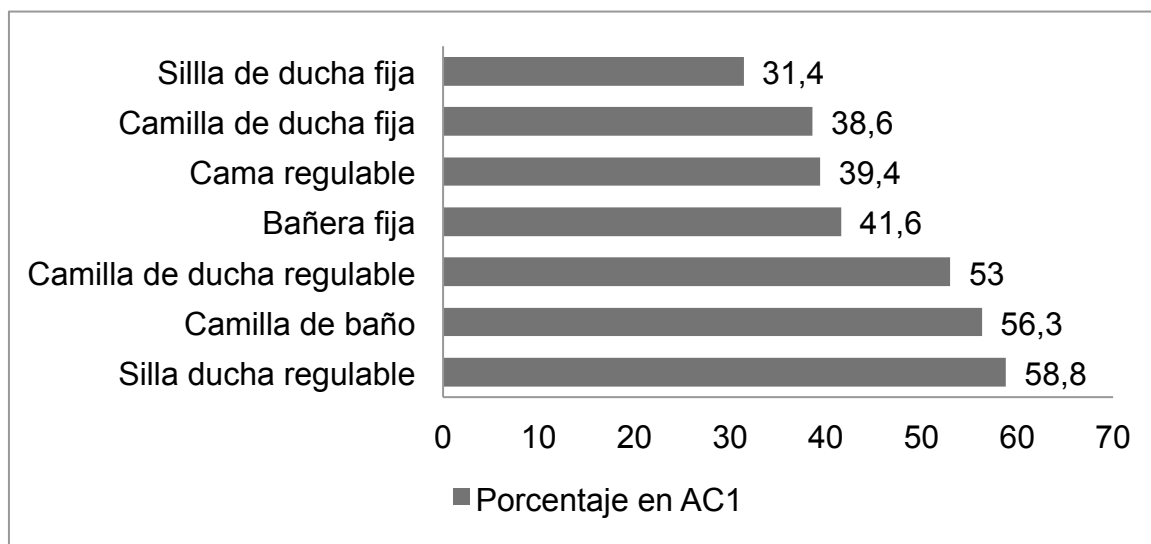
Las malas posturas están relacionadas directamente con dos causas, la primera es levantar al paciente y la segunda es el esfuerzo estático de la postura debido a que tienen que agacharse para realizar sus tareas rutinarias, siendo un 24% del tiempo que el cuidador está trabajando está doblado o torcido [8]. Por lo tanto se puede concluir que reducir las cargas estáticas del cuidador es primordial, por ello, se tienen en cuenta los datos del estudio *Knibbe et al, Reducing back injuries among nurses; results of a laboratory study. Professional Safety, Nov 1996* [8]. En este estudio se muestra que equipos para la higiene de personas dependientes es menos dañino para el cuidador, considerando su sistema músculo esquelético, analizando la espalda, brazos, piernas y peso del paciente, tabla 3-3. Se denomina OWAS a las categorías de acción.

**Tabla 3-3.** Tipos de OWAS (categorías de acción) y su descripción

CATEGORÍAS DE ACCIÓN	DESCRIPCIÓN
AC1	Postura normal, no requiere esfuerzo
AC2	La carga de la postura es ligeramente dolorosa. Acción de cambiar la postura debe ser tomada en futuro cercano.
AC3	La carga de la postura es distintivamente dolorosa. Acción de cambiar la postura debe ser tomada tan pronto como sea posible.
AC4	La carga de la postura es extremadamente dolorosa. Acción de cambiar la postura debe ser tomada tan pronto inmediatamente.

Una vez establecidas las categorías de acción se obtiene la Gráfica 3-1, la cual muestra que equipo provoca menos cargas estáticas y malas posturas para el cuidador.

**Gráfico 3-1.** Top siete de dolor en términos de porcentajes de OWAS en AC1 (postura normal). El más elevado porcentaje es el menos doloroso.



Como se puede apreciar la silla de ducha regulable es la más aconsejable en términos de salud del cuidador, puesto que es la que más porcentaje de OWAS en AC1 posee, siendo estas las que menos esfuerzos requieren tal y como se define en la Tabla 3-3. Muy cerca se encuentra también la camilla de baño.

### 3.2.2. Estudio de precedentes y referentes

#### 3.2.2.1. Precedentes

En el siguiente apartado se han buscado productos existentes en el mercado que cubren la función similar al concepto que se propone en este proyecto, habiendo un total de cuatro tipos claramente diferenciados:

- Asientos abatibles
- Sillas de ducha no basculantes
- Sillas de ducha basculantes
- Camillas de baño

### 3.2.2.1.1. Asientos de ducha abatibles

Se tratan de asientos adheridos a la pared del lavabo, permitiendo poder plegarse contra ésta cuando está fuera de uso. Los principales modelos que destacan en el mercado son los que se muestran en la Figura 3.3 y 3.4, además de incorporar los datos técnicos de cada modelo:



**Figura 3.3.** Silla plegable de pared Haiti

**Nombre del producto:** Haiti

**Empresa:** Bischoff&Bischoff

**Precio:** 150 €

**Datos técnicos:**

- Capacidad de carga: 120 kg
- Peso total: 4,9 kg
- Anchura: 495 mm
- Altura: 107 mm
- Profundidad: 475 mm
- Superficie asiento: 400 x 400 mm
- Altura asiento: 475 – 575 mm
- Colores: Celeste, Blanco



**Figura 3.4.** Asiento ducha abatible 6340

**Nombre del producto:** Asiento abatible

**Empresa:** ManillonsTorrent

**Precio:** 90 €

**Datos técnicos:**

- Capacidad de carga: 160 kg
- Peso total: 3,2 kg
- Anchura: 348 mm
- Altura: 107 mm
- Profundidad: 475 mm
- Superficie asiento: 348 x 338 mm
- Altura asiento: 450 – 555 mm
- Colores: Blanco



### 3.2.2.1.2. Sillas de ducha no basculantes

Se tratan de sillas muy sencillas que permiten un lavado total del paciente, facilitando mucho más la tarea del cuidador que en el caso anterior de los asientos abatibles, permitiendo transportar al paciente de la cama al lavabo. Los principales modelos que destacan en el mercado son los que se muestran en la Figura 3.5 y 3.6, además de incorporar los datos técnicos de cada modelo:



Figura 3.5. Silla ducha y WC clean

<b>Nombre del producto:</b>	Silla ducha y WC Clean
<b>Empresa:</b>	ETAC
<b>Precio:</b>	280 €
<b>Datos técnicos:</b>	

- Capacidad de carga: 130 kg
- Peso total: 14 kg
- Anchura: 520 mm
- Altura: 107 mm
- Profundidad: 475 mm
- Superficie asiento: 435 x 360 mm
- Altura asiento: 490 – 555 mm
- Colores: Blanco



Figura 3.6. Silla ducha Levina

<b>Nombre del producto:</b>	Silla ducha Levina
<b>Empresa:</b>	Ayudas Dinámicas
<b>Precio:</b>	400 €
<b>Datos técnicos:</b>	

- Capacidad de carga: 120 kg
- Peso total: 12,1 kg
- Anchura: 550 mm
- Altura: 107 mm
- Profundidad: 420 mm
- Superficie asiento: 435 x 360 mm
- Altura asiento: 435 mm
- Colores: Azul

### 3.2.2.1.3. Sillas de ducha basculantes

Se tratan de sillas más complejas, puesto que disponen de una basculación de unos 30° que permiten mayor comodidad en el paciente y el cuidador, facilitando mucho más la tarea de este último que en los casos anteriores. Los principales modelos que destacan en el mercado son los que se muestran en la Figura 3.7 y 3.8, además de incorporar los datos técnicos de cada modelo:



Figura 3.7. Silla ducha Atlantic

**Nombre del producto:** Silla ducha Atlantic  
**Empresa:** Ayudas Dinámicas  
**Precio:** 565 €

**Datos técnicos:**

- Capacidad de carga: 120 kg
- Peso total: 16 kg
- Anchura: 450 mm
- Altura: 440 mm
- Profundidad: 410 mm
- Basculación: de 6° a 25°
- Altura asiento: 490 – 555 mm
- Colores: Negro



Figura 3.8. Silla basculante Boris

**Nombre del producto:** Silla basculante Boris  
**Empresa:** Rehagirona  
**Precio:** 1.700 €

**Datos técnicos:**

- Capacidad de carga: 100 kg
- Peso total: 16 kg
- Anchura: 460 mm
- Altura: 470 - 590 mm
- Profundidad: 460 mm
- Basculación: de -5° a 30°
- Altura asiento: 490 – 555 mm
- Colores: Negro

### 3.2.2.1.4. Camillas de baño

Las camillas de baño simulan de una forma más real la tarea de asear a un paciente, puesto que permiten tumbar al paciente a 180° en ella, en vez de los 30° vistos anteriormente. Los principales modelos que destacan en el mercado son los que se muestran en la Figura 3.9 y 3.10, además de incorporar los datos técnicos de cada modelo:



**Figura 3.9.** Camilla de baño Ocea

<b>Nombre del producto:</b>	Silla ducha Ocea
<b>Empresa:</b>	Promotal
<b>Precio:</b>	4.027,38€
<b>Datos técnicos:</b>	
• Capacidad de carga:	200 kg
• Peso total:	108 kg
• Anchura:	760 mm
• Altura:	580 - 920 mm
• Profundidad:	215 mm
• Basculación:	5°
• Colores:	Azul



**Figura 3.10.** Camilla de baño Bolero

<b>Nombre del producto:</b>	Silla ducha Bolero
<b>Empresa:</b>	ArjoHunteleigh
<b>Precio:</b>	4.027,38 €
<b>Datos técnicos:</b>	
• Capacidad de carga:	136 kg
• Peso total:	59,06 kg
• Anchura:	504 mm
• Altura:	515 - 1165 mm
• Profundidad:	110 mm
• Basculación:	42°
• Colores:	Azul

### 3.2.2.2. Referentes

Este apartado está destinado a observar otros productos diferentes a los mostrados en el apartado 3.2.3.1, con la finalidad de adaptar alguna de sus funciones o movimientos al nuevo concepto que se pretende desarrollar:



**Figura 3.11.** Silla MR Lounge Chair

Este producto (figura 3.11) pertenece a la empresa Knoll, del cual interesa el asiento y el respaldo formado por semicírculos extruidos, puesto que en la unión entre uno y otro se produce un espacio que con las dimensiones adecuadas que permitiría acceder con la mano y poder asear al paciente sin necesidad de inclinarlo para limpiarle las zonas de más difícil acceso.



**Figura 3.12.** Textile Moulded Chair

Este producto (figura 3.12) pertenece a Studio Hausen, producto muy interesante debido a su estructura hexagonal de espuma de poliuretano. Estos orificios si fueran lo suficientemente grandes para poder pasar la esponja permitirían asear al paciente sin necesidad de inclinarlo manteniendo la seguridad y el confort requerido.



**Figura 3.13.** Silla Aeron

Este producto (figura 3.13) pertenece a Herman Miller, interesante por su gran nivel de flexibilidad. El material, patentado por la empresa, permite un ajuste al contorno del cuerpo del usuario perfecto adaptándose de una forma sencilla y segura.



**Figura 3.14.** Silla Mod. 182

Este producto (figura 3.14) pertenece a Greiaticasc, interesante por su estructura de fácil acceso a las partes genitales, puesto que se trata de una de las zonas de más difícil acceso para asear y causa de dolores de espalda en los cuidadores.



**Figura 3.15.** Silla Mod. XH-AT14

Este producto (figura 3.15) pertenece a Yiwu Xinhui Import And Export Co., interesante por su forma de frenado puesto que es todo lo contrario a lo visto hasta el momento. Se trata de un freno permanente que permite el desplazamiento al apretar el mango. Este sistema aporta más seguridad y facilidad para los cuidadores.



**Figura 3.16.** Silla Solmats Transfer A10

Este producto (figura 3.15) pertenece a la empresa Movembe, muy interesante por su sistema que permite el paso de la silla a la cama y viceversa de una forma sencilla reduciendo los esfuerzos requeridos por el cuidador para dicho traspaso.





Este producto (figura 3.17) pertenece a la empresa Dinamic, muy interesante por su sistema que permite pasar de una silla a una camilla de forma sencilla, facilitando con ello el traspaso de la cama a la silla o viceversa del paciente.

**Figura 3.17.** Camilla silla Dinamic

### 3.2.3. Conclusiones del estado de la cuestión

Existe un gran número de soportes que facilitan la ducha de personas dependientes, algunos con mejor resultado que otro

La problemática de los asientos de ducha abatibles en personas dependientes es la incomodidad que representan para ellos, además de complicar la tarea del cuidador, puesto que en este tipo de asientos las probabilidades de accidentes son mayores debido a la falta de estabilidad, pudiendo existir caídas y dificultades para limpiar de forma segura todas las zonas del cuerpo del paciente.

En cuanto a las sillas no basculantes al no disponer de basculación la situación es más violenta, ya que el paciente está en un ángulo de  $90^\circ$  respecto el asiento, dificultando la tarea del cuidador y el confort del paciente.

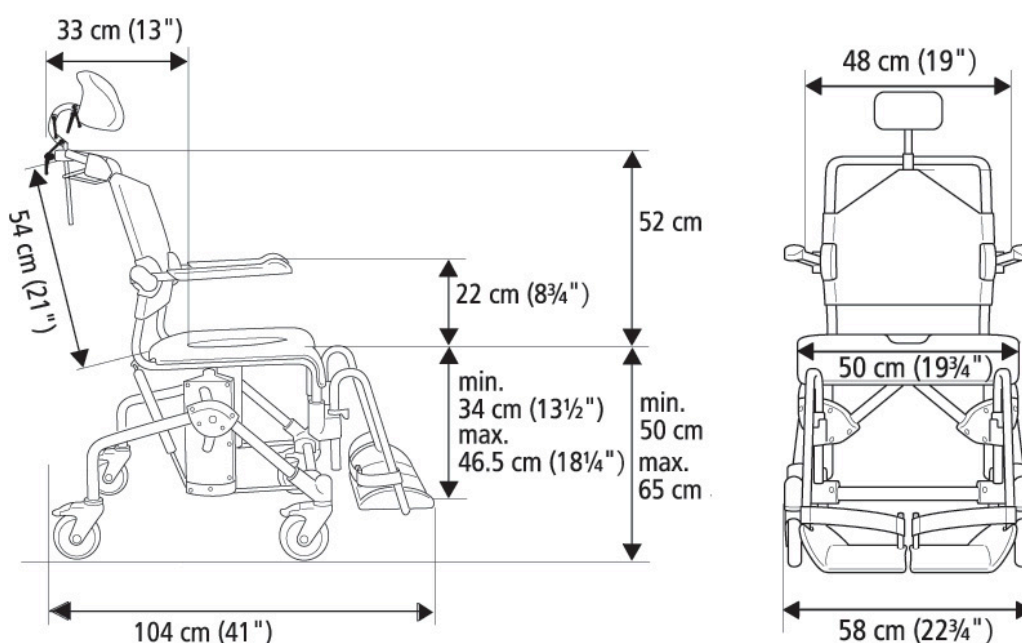
Las camillas de baño, las cuales a primera vista parecen de gran ayuda, para el cuidador genera grandes dificultades, entre ellas hay que mencionar la poca envolvente que son lateralmente para el paciente y pudiendo provocar caídas de una altura considerable. También hay que mencionar que este tipo de producto genera un pandeo horizontal con el propio peso del paciente que dificulta el acceso por parte del cuidador para poder asear las zonas posteriores del paciente.

Las sillas basculantes son las más prácticas para realizar dicha tarea, y las más cómodas para el cuidador pero también hay problemas que solucionar, los cuales gracias a la visita a la Fundación Ave María de Sitges se han podido observar en primera persona. Por ello se decide estudiar con mayor profundidad este tipo de silla.

### 3.2.4. Análisis de las sillas de ducha basculantes

En este apartado se analizarán cada uno de los elementos que compondrán las sillas de ducha basculantes puesto que es lo que se pretende diseñar (no se considera un estudio de asientos abatibles, sillas no basculantes o las camillas de baño), analizando los componentes que forman las sillas actuales, para poder apreciar posibles defectos y plantear una solución para satisfacer de una forma más óptima las necesidades de los usuarios.

Los elementos a analizar son los siguientes: chasis, ruedas, reposapiés, asiento, reposabrazos, respaldo, reposacabezas, asas de empuje y mecanismo de basculación.



**Figura 3.18** .Dimensiones generales de los elementos que conforman la silla de ducha, concretamente de la silla basculante Atlantic [9]

En la figura 3.18 se pueden apreciar las dimensiones generales de los elementos que conforman las sillas de ducha, para poder tener una idea más precisa del volumen del producto. De algunos componentes se mostrarán sus dimensiones en su apartado, puesto que en la figura 3.18 se ignoran, siendo estos la sección del chasis, diámetro de las ruedas y el dimensión del reposacabezas.

### 3.2.4.1.1. Chasis

Se corresponde con la estructura de la silla de ducha que tiene la función directa de soportar y proteger el cuerpo del usuario. Además, también tiene la función de permitir el ensamble del resto de elementos a él.

#### 3.2.4.1.1.1. Precedentes de chasis

Se han observado diferentes sillas basculantes de diferentes catálogos y todas presentan un chasis muy similar, tal y como se puede observar en las Figuras 3.19, 3.20 y 3.21:



**Figura 3.19.**

Aquatec Ocean VIP



**Figura 3.20.**

Silla basculante Swift Mobile Tic



**Figura 3.21.**

Silla basculante Boris

Obviamente cada silla tiene su propio diseño de chasis, pero la gran mayoría coinciden en tener una sección tubular de 22-25 mm de diámetro las cuales han sido previamente doblados y soldados entre sí para garantizar resistencia. Los tubos tienden a ser metálicos, más concretamente de aluminio o acero inoxidable. Todos los modelos tienen en cuenta que la silla se situará encima del inodoro, dejando el espacio libre necesario en la zona inferior, considerando las dimensiones de éste, tal y como se puede apreciar en la figura 3.18.

### 3.2.4.1.2. Ruedas

Componente que permite el desplazamiento de la silla, además de encargarse de inmovilizarla mediante el sistema de frenado que incorporan para aportar mayor seguridad y estabilidad.



### 3.2.4.1.2.1. Precedentes de ruedas

Todas presentan características muy similares, en todas las sillas basculantes disponen de un total de 4 ruedas, todas ellas con un diámetro medio de 125 mm además de incorporar un freno en cada una de ellas, aunque también se ha podido apreciar algunos que sólo disponen de frenos en las ruedas delanteras o en las traseras. Todas las ruedas tienden a ser direccionales, no hay fijas (figura 3.22)



**Figura 3.22.** Diferentes ruedas empleadas en distintas sillas de ducha

### 3.2.4.1.3. Reposapiés

La función principal de dicho componente es la de apoyar los pies en él de forma estable, permitiendo con ello que los pies del paciente entren en contacto con el suelo o incluso con las propias ruedas de la silla.

#### 3.2.4.1.3.1. Precedentes de reposapiés

La gran mayoría de sillas disponen de dos reposapiés, uno por cada pie aunque en algunos casos también se puede apreciar uno solo. Además tienen la opción de poder ajustarlos dependiendo de la altura del paciente, lo cual es un punto a favor para mejorar la comodidad. El material empleado en este tipo de componente suele ser el polietileno ( figura 3.23)



*Placa para ambos pies*

*Placa para ambos pies  
agujereada*

*Reposapiés individuales  
agujereada*

**Figura 3.23.** Diferentes reposapiés empleados en distintas sillas de ducha

### 3.2.4.1.4. Asiento

Componente muy importante, puesto que es el encargado de distribuir de forma homogénea por toda su extensión las presiones ocasionadas por el peso del paciente, evitando con ello causarle daños como podrían ser las úlceras por presión previamente mencionadas.

#### 3.2.4.1.4.1. Precedentes de asientos

Todos los asientos se caracterizan por tener un hueco para permitir defecar una vez el paciente se encuentre encima del inodoro. Hay algunos que simplemente disponen de un orificio circular, otros con forma de U hacia delante y otros con forma de U hacia atrás, todos pensados en facilitar la defecación así como la higiene de las zonas genitales.

En cuanto al material que se suele emplear para dicho componente suele ser el poliuretano, además de ser antideslizante. Hay algunos que incorporan un tope para evitar que el paciente se resbale (figura 3.24).



*Asiento sin orificio en la zona central*



*Asiento en forma de U hacia atrás con aire*



*Asiento en forma de U hacia atrás*



*Asiento con orificio en el centro*



*Asiento con orificio en forma de U hacia delante*



*Asiento con orificio más envolvente*

**Figura 3.24.** Diferentes asientos empleados en distintas sillas de ducha

### 3.2.4.1.5. Reposabrazos

Dicho componente está diseñado para ayudar en las transferencias de la silla, para descansar los brazos, para proporcionar estabilidad al paciente y para servir de barrera que evite que el paciente pueda caer por alguno de los dos laterales.

#### 3.2.4.1.5.1. Precedentes de reposabrazos

Los reposabrazos se caracterizan por ser muy sencillos en la gran mayoría de los casos, puesto que se corresponden con tubos rectangulares o circulares metálicos (aluminio o acero inoxidable) con la parte superior acolchada para obtener mayor comodidad. La gran mayoría de ellos son abatibles para facilitar las transferencias de los pacientes, y en minoría hay algunos que permiten regular la altura. El material de la zona acolchada es el poliuretano (figura 3.25).



**Figura 3.25.** Diferentes reposabrazos empleados en distintas sillas de ducha

### 3.2.4.1.6. Respaldo

Componente con una de las funciones más relevantes, la de aportar soporte a la zona lumbar del paciente, es decir la zona cóncava que se extiende de la cintura hasta la mitad de la espalda.

#### 3.2.4.1.6.1. Precedentes de respaldos

Los respaldos tienden a abarcar toda la espalda del paciente, desde la cintura hasta el cuello, permitiendo con ello que a la hora de bascular se asegure que el paciente no va a volcar. Hay de diferentes tipos, algunos son completamente sólidos (poliuretano) sin ningún tipo de orificio para facilitar la evacuación del agua, otros que sí los consideran u otros que simplemente son una tela de nylon para poder adaptarse fácilmente a la columna vertebral de cada paciente (figura 3.26).



*Respaldo sin orificios y envolvente*

*Respaldo con orificios para el agua*

*Respaldo de tela de nylon*

**Figura 3.26.** Diferentes respaldos empleados en distintas sillas de ducha

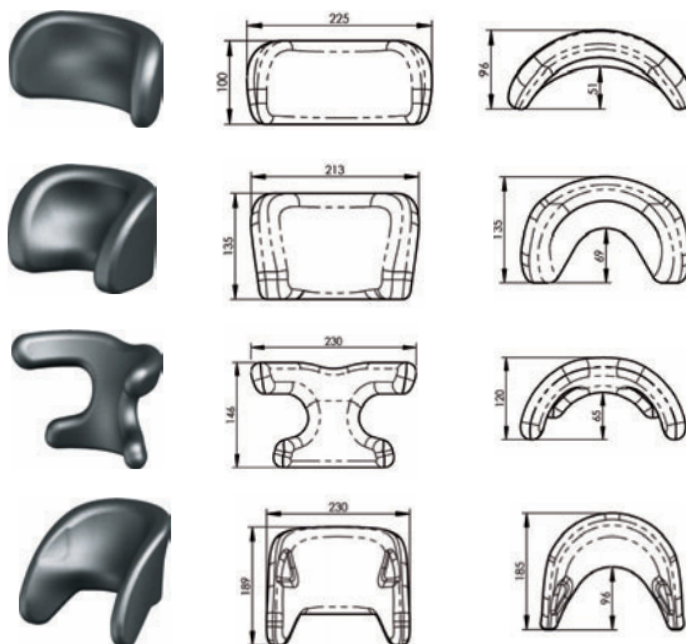
### 3.2.4.1.7. Reposacabezas

Encargado de sujetar la cabeza del paciente en el momento de la basculación para evitar posibles daños en el cuello debido a esfuerzos o movimientos bruscos.

#### 3.2.4.1.7.1. Precedentes de reposacabezas

El reposacabezas, generalmente, está conformado por dos partes diferenciadas; la primera es el sistema de fijación y segundo es el reposacabezas propiamente dicho. En el caso del sistema de fijación es el que permite adherirse al chasis de la silla a su vez que permite acoplar el reposacabezas, permitiéndole que éste sea totalmente regulable en altura y profundidad. El material del sistema de fijación suele ser de aluminio, mientras que el

reposacabezas de poliuretano, siendo éste último muy envolvente en la cabeza del paciente (figura 3.27):



**Figura 3.27.** Diferentes reposacabezas empleados en distintas sillas de ducha

### 3.2.4.1.8. Asas de empuje

Son las que permiten al cuidador manejar la silla y dirigirla, a su vez que sirve de zona para poder aplicar la fuerza que permita el desplazamiento de la silla.

#### 3.2.4.1.8.1. Precedentes de asas de empuje

La gran mayoría simplemente son un tubo de la prolongación del chasis que hace de barra y otras simplemente acaban con forma de puños, algunas con cierta inclinación y otras totalmente paralelas al suelo (figura 3.28):



**Figura 3.28.** Diferentes asas de empuje empleados en distintas sillas de ducha

### 3.2.4.1.9. Mecanismo de basculación

Es el encargado de permitir la basculación de la silla, un máximo de 30°.

#### 3.2.4.1.9.1. Precedentes de mecanismos de basculación

Todas las sillas basculan con la ayuda de un pistón de gas con resorte, el cual con la carrera del vástago permite la basculación. Se activa mediante una maneta que generalmente se encuentra en la empuñadura, figura 3.29:



**Figura 3.29.** Pistones y la maneta de las sillas de la fundación Ave María de Sitges

**Tabla 3-4.** Puntos comunes de productos para la ducha de personas dependientes

Peso que soportan	100-120 kg
Altura del asiento	490-555 mm
Colores	Uso de colores neutros, tales como el blanco, negro, azules claros.
Basculación	Entre -5° a 30°
Kit adicional	Cinturones de sujeción, WC




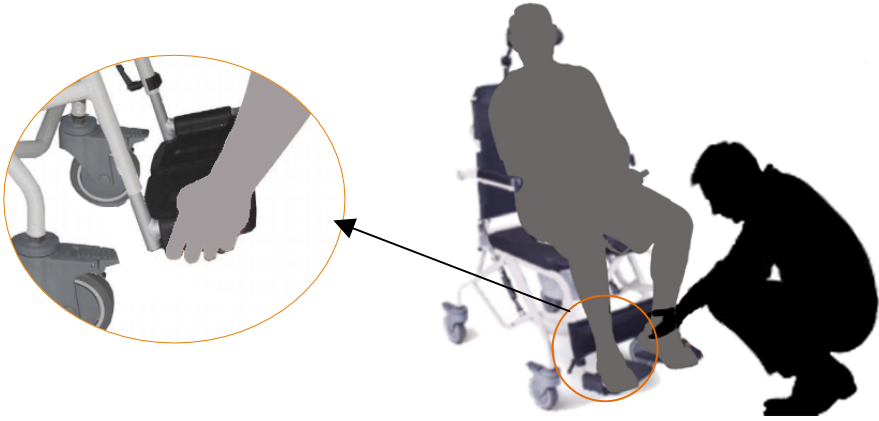
### 3.2.5. Proceso de aseo con silla de ducha







Con el fin de poder situar las necesidades en el proceso de lavado, se ha elaborado una secuencia con los distintos pasos que se realizan con la silla desde el inicio hasta el final del aseo para personas dependientes.

Por motivos de imagen, tanto el usuario como el paciente se han sombreado con el fin de preservar su intimidad, puesto que esta secuencia se ha hecho posible al observarla en la Fundación Ave María de Sitges (Tabla 3-5).

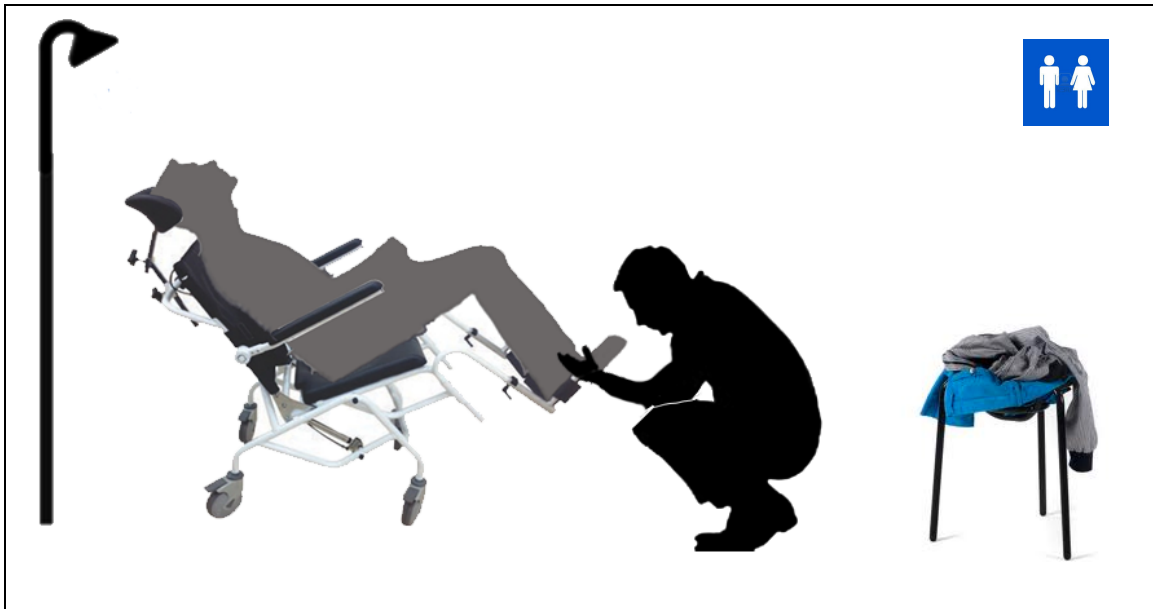


**Tabla 3-5.** Proceso de aseo con silla de ducha basculante existente en el mercado.

 <p>A silhouette of a person pushing a white shower chair towards a brown square icon containing a white bed symbol. A red arrow points from the chair towards the icon.</p>	 <p>A white shower chair with its armrests folded down. A red curved arrow indicates the movement of the armrests. A brown square icon with a white bed symbol is in the top right corner.</p>	
<p>1. Ir a la habitación</p>	<p>2. Abatir reposabrazos para facilitar el traslado</p>	
 <p>A silhouette of a person assisting another person from a hospital bed to a shower chair. A brown square icon with a white bed symbol is in the top right corner.</p>		<p>3. Realizar el traslado de la cama a la silla</p>
 <p>A silhouette of a person adjusting the footrest of a shower chair. A circular inset shows a close-up of the footrest being adjusted. A brown square icon with a white bed symbol is in the top right corner.</p>		<p>4. Ajustar reposapiés de la silla</p>

	
<p>5. Ajustar reposacabezas de la silla</p>	<p>6. Desbloquear frenos de las ruedas</p>
	
<p>7. Llevar al paciente al inodoro</p>	<p>8. Posicionar sobre el inodoro</p>
	
<p>9. Llevar a la ducha</p>	<p>10. Bascular la silla en la ducha</p>





11. Retirar la ropa del paciente



12. Lavarse las manos



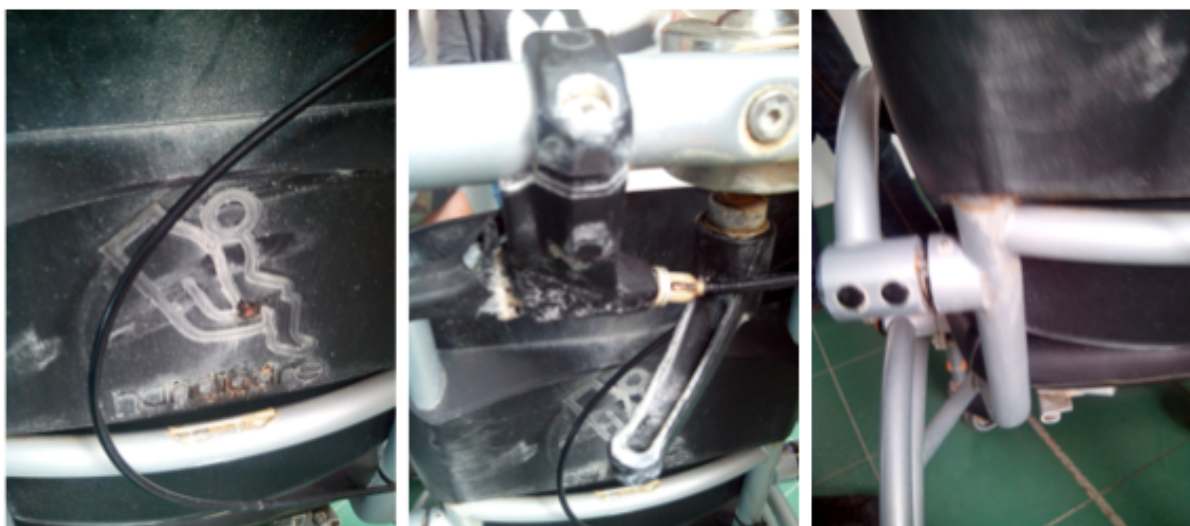
13. Ponerse guantes de látex

 <p>14. Coger equipo necesario para el baño</p>	 <p>15. Lavar la cabeza</p>
 <p>16. Lavar y aclarar la espalda</p>	 <p>17. Lavar y aclarar brazos, torso y piernas</p>
 <p>18. Lavar y aclarar zona genital</p>	 <p>19. Secar al paciente y la silla. Finalmente aplicar crema hidratante.</p>

### 3.2.6. Conclusiones del proceso de aseo con silla de ducha

Una vez apreciado todo el proceso de aseo de una persona dependiente con una silla de ducha basculante, se procede a analizar los puntos de mejora que el diseño que se propone en este proyecto debe considerar.

Hay que mencionar que las sillas basculantes son las más prácticas para realizar dicha tarea, pero también hay problemas que solucionar, los cuales gracias a la visita a la Fundación Ave María de Sitges se han podido observar en primera persona, siendo la corrosión el principal problema de este tipo de sillas, como se aprecia en la figura 3.30:



**Figura 3.30.** Corrosión en las sillas basculantes en frenos y articulaciones

Además del problema de corrosión también se detectan más inconvenientes relacionados con este tipo de silla tales como:

- Evitar el uso de bloqueos mediante roscas, debido a que es problemático al usar con las manos mojadas (esto se relaciona con el ajuste del reposacabezas)
- Las actuales sillas son bajas y en consecuencia tienen un difícil acceso a las partes bajas y traseras del usuario, desempeñando en ocasiones tareas de fuerza excesiva o posturas incorrectas para el cuidador (Observar puntos 4, 11, 17 y 18 de la tabla 3-5)
- Se debe tener en cuenta que la silla en la mayoría de casos está sometida a un uso compartido, por lo que se usa diariamente en los centros de cuidado, un ejemplo es

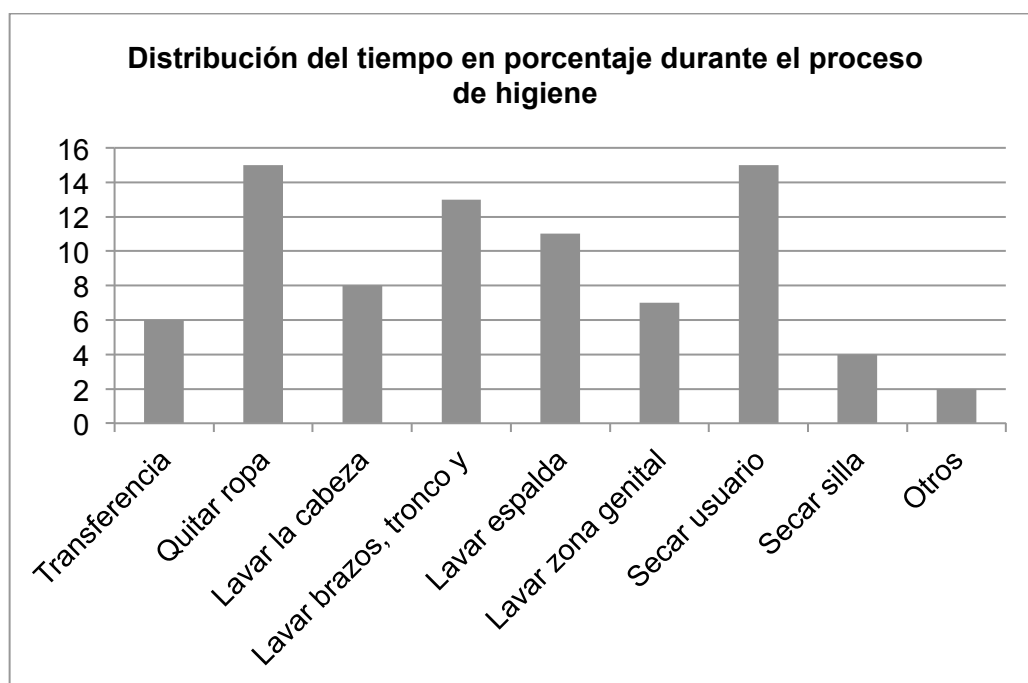
la Fundación Ave María de Sitges, donde informan que se usa alrededor de unas 20-25 veces diarias.

- El sistema reposacabezas exige un mantenimiento excesivo y en la mayoría de casos acaba rompiéndose durante los primeros meses de uso.
- Se demanda un sistema envolvente para bloquear el movimiento indeseado del usuario durante su uso, posibles caídas o deslizamientos, por ello también es importante que la parte en contacto con el usuario sea de un material que impida el fácil deslizamiento incluso estando mojado.
- Se pretende que la silla sea estable, ya que algunas personas con discapacidad intelectual realizan movimientos anómalos de gran amplitud que pueden generar un elevado momento el cual no debe generar el vuelco de la silla de ducha.
- Sistema de freno accionado cerca de la rueda no es demasiado práctico, aconsejan un accionamiento más cómodo y cercano (Punto 6 de la tabla 3-5, muchos cuidadores para asegurar de posicionar bien el freno se agachan).
- El momento más crítico para el cuidador es cuando tienen que incorporar al paciente y sujetarlo con una sola mano para poder enjabonar o aclarar la parte trasera de la espalda con la otra (punto 16 de la tabla 3-5)
- Se pretende que la silla bascule  $55^\circ$ , para poder posicionar al usuario como si de una camilla se tratara (ya que se trata, junto de con las sillas basculantes, de los equipos más cómodos para el cuidador) . Se descarta una basculación de  $90^\circ$  debido a que es importante que las personas con discapacidad mantengan en todo momento el contacto visual con el cuidador, y un elevado movimiento del asiento puede provocar vértigos, mareos y nerviosismo en el usuario.
- Es importante facilitar la limpieza de las zonas de difícil acceso como son las partes genitales, por eso demanda una ranura u orificio en la base de la silla.
- La ducha debe ser una situación de relax, un momento agradable y no debería causar rechazo o incomodidad, por ello es importante que sea cálida y agradable para los sentidos.

- Un punto a considerar es un compartimento para incorporar el champú, toallas, gel, crema hidratante, esponja, toallitas y guantes de látex para minimizar el tiempo en que el cuidador pierde el contacto visual con el usuario (punto 14 de la tabla 3-5).
- Los reposabrazos solo sirven para evitar el desplazamiento lateral, pocos pacientes los utilizan para poner los brazos.

Además, se han observado un total de 5 aseos, permitiendo con ello calcular que etapa de todo el proceso de higiene le lleva más tiempo al cuidador. Pudiendo observar si esas etapas requieren de malas posturas o cargas estáticas Gráfica 3-2.

**Gráfica 3-2.** Duración de las etapas más relevantes durante el proceso de higiene para el cuidador.

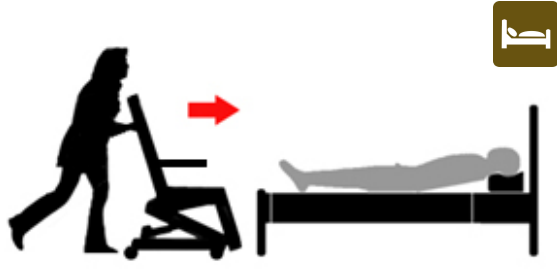


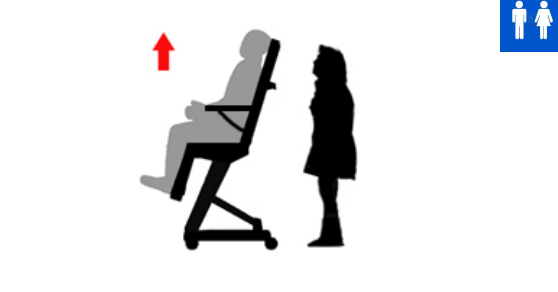
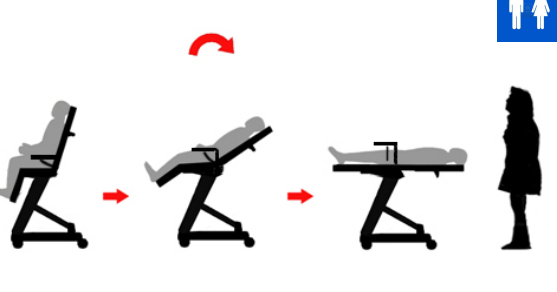



Teniendo en cuenta la tabla 3-5 y gráfica 3-2, se puede apreciar que el cuidador se encuentra en una postura incómoda en los momentos que tiene que desvestir al paciente, asear la espalda, lavar zona genital y secar al usuario, sumando con ello un 48% del tiempo empleado para la higiene de un paciente. Es un porcentaje muy elevado, el cual hay que reducir lo máximo posible para mejorar la calidad del aseo.

### 3.3. Secuencia de uso deseada

En este apartado se mostrarán los movimientos y características que se desea que la silla realice para poder satisfacer las necesidades de los cuidadores y pacientes:

**Tabla 3-6.** Secuencia de uso deseada para la silla de ducha

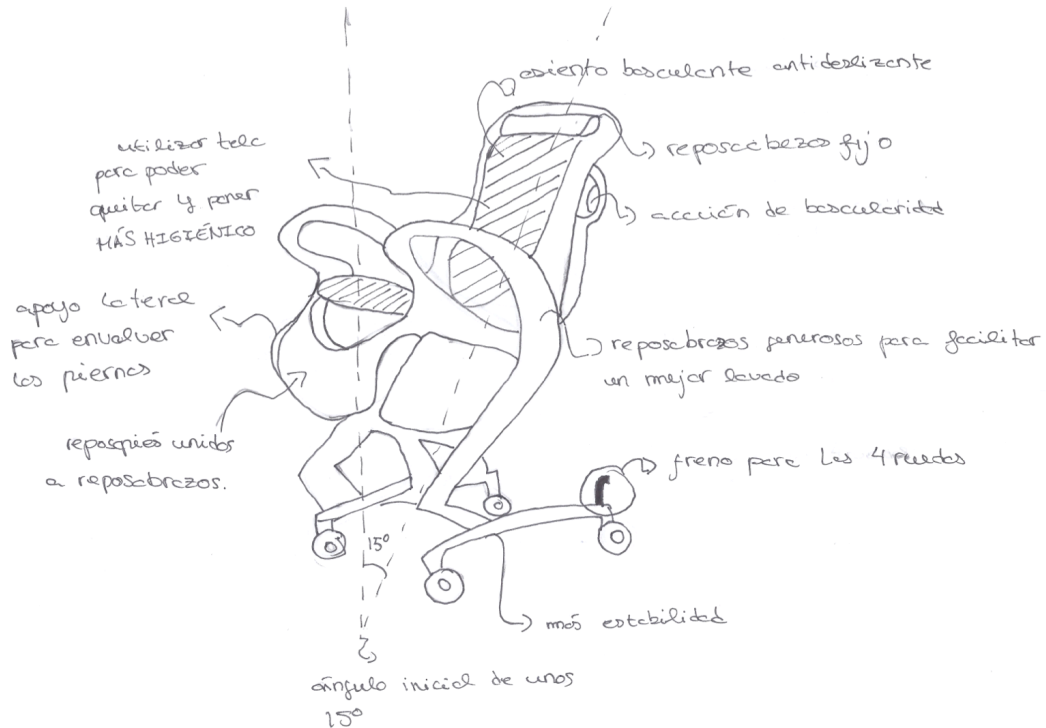
	
<p>1. Desplazamiento de la silla</p>	<p>2. Traspasar y poner cinturón</p>
	
<p>3. Posicionar sobre el inodoro</p>	<p>4. Elevar al paciente</p>
	
<p>5. Bascular para mayor comodidad</p>	<p>6. Asear a altura recomendada</p>





### 3.4.3. Boceto 3

Diseño inspirado en una trona para bebé, debido a la envoltura que éstas poseen. Como característica principal es la sencillez y de los elementos que lo conforman, reduciendo con ello el área de soporte del reposapiernas.



### 3.4.4. Boceto 4

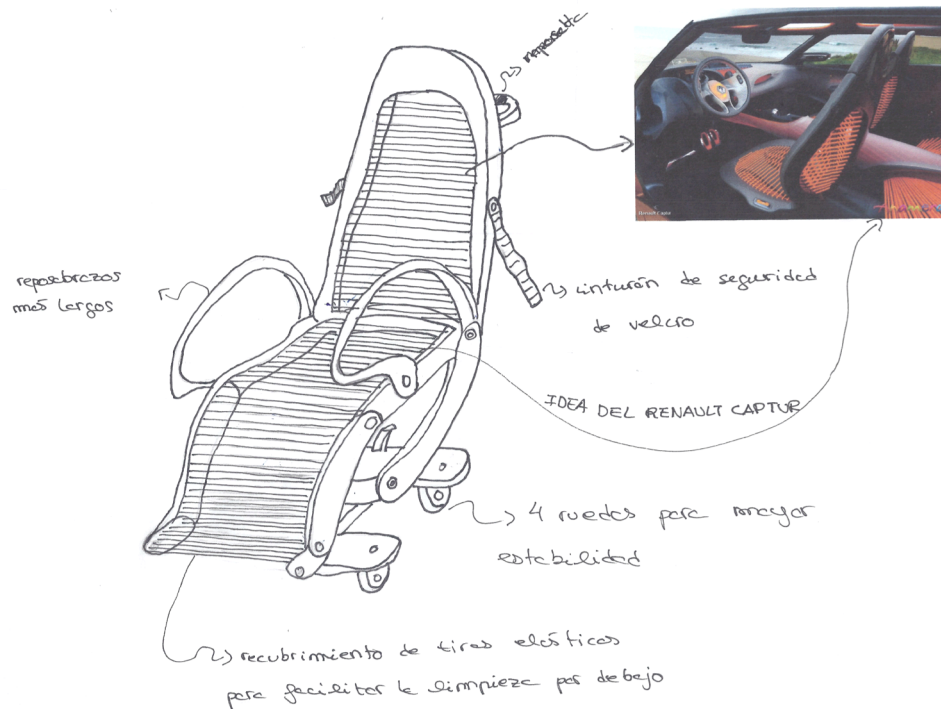
Diseño al cual se le aplica una red elástica en toda el área de apoyo para el paciente, el diseño es similar a una silla de oficina:





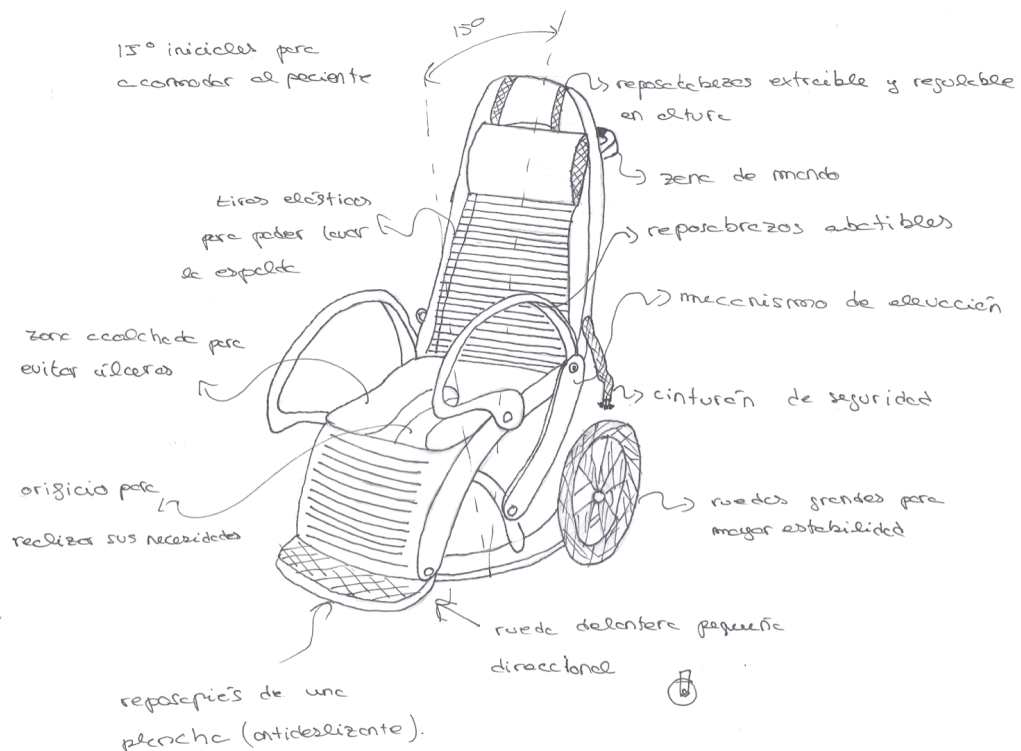
### 3.4.5. Boceto 5

El diseño es parecido al anterior pero en este caso la tela elástica es horizontal, inspirado en el interior del coche del Renault Captur:



### 3.4.6. Boceto 6

Este el diseño sobre el cual se decide empezar a diseñar, puesto que de todos los presentados a los cuidadores de la Fundación Ave María ha sido el que más ha gustado, además de ser el más seguro.



### 3.5. Diseño final del producto:

En este apartado se muestran imágenes del resultado final obtenido:



**Figura 3.31.** Silla diseñada elevándose y basculando

Aquí en la figura 3.32 se puede apreciar la silla en ambas posiciones situada en su escenario, cuarto de baño para minusválidos:



**Figura 3.32.** Silla diseñada situada en su escenario

# MEMORIA TÉCNICA

#### 4. MEMORIA TÉCNICA

En este apartado se mostrarán las dimensiones y datos que pretenderán hacer la silla lo más cómoda y ergonómica posible. Primero se realizará un estudio antropométrico y ergonómico y finalmente un estudio biomecánico.

##### 4.1. Análisis antropométrico y ergonómico del producto

Teniendo en cuenta el proceso de higiene visto en la tabla 3-5 hay que considerar posiciones y dimensiones clave del producto para facilitar la interacción entre el usuario (paciente y cuidador) y el producto [10]:

Datos generales del usuario:

**Sexo:** Varón / Hembra

**Edad:** 18- 99 años

**Peso:** 50 - 120 kg

**Percentil escogido:** El 95

**Tabla 4-1.** Dimensiones de cabeza, cara, mano y pie de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según selección de percentiles.

Dimensiones de cabeza cara, mano y pie de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según selección de percentiles										Dimensiones		
		A	B	C*	D	E	F	G	H	I		
95	pulg.	5.0	6.50	23.59	5.13	8.27	2.71	5.94	5.98	8.07	I:	205 mm
	cm	12,7	16,5	59,9	13,0	21,0	6,9	15,1	15,2	20,5	J:	118 mm
5	pulg.	4.1	5.80	21.74	4.35	7.39	2.24	5.27	5.26	7.00	K:	96 mm
	cm	10,4	14,7	55,2	11,0	18,8	5,7	13,4	13,4	17,8	L:	231 mm
		J	K	L*	M*	N	O	P	Q*	R		
95	pulg.	4.63	3.78	9.11	10.95	11.44	8.42	4.18	10.62	2.87	M:	278 mm
	cm	11,8	9,6	23,1	27,8	29,1	21,4	10,6	27,0	7,3	N:	291 mm
5	pulg.	3.92	3.24	7.89	9.38	9.89	7.18	3.54	9.02	2.40	O:	214 mm
	cm	10,0	8,2	20,0	23,8	25,1	18,2	9,0	22,9	6,1	P:	106 mm
											Q:	270 mm
											R:	73 mm

Las dimensiones de la tabla 4-1 se requieren para poder dimensionar los reposapiés, utilizando las medidas de los pies. Además también se tienen en cuenta las dimensiones de las manos para diseñar aquellas zonas donde el cuidador deba interactuar con ellas

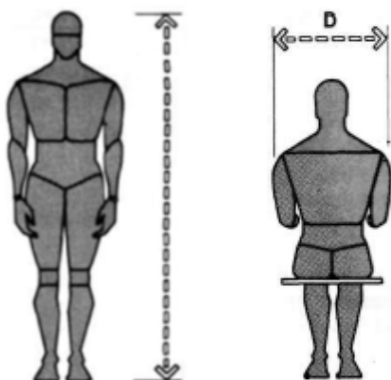


**Tabla 4-2.** Estatura de hombres y mujeres adultos en pulgadas y centímetros, según edad, sexo y selección de percentil.

Estatura de hombres y mujeres adultos* en pulgadas y centímetros, según edad, sexo y selección de percentil†									
		18 a 79 (Total)	18 a 24 Años	25 a 34 Años	35 a 44 Años	45 a 54 Años	55 a 64 Años	65 a 74 Años	75 a 79 Años
		pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm
99	HOMBRES	74.6 189,5	74.8 190,0	76.0 193,0	74.1 188,2	74.0 188,0	73.5 186,7	72.0 182,9	72.6 184,4
	MUJERES	68.8 174,8	69.3 176,0	69.0 175,3	69.0 175,3	68.7 174,5	68.7 174,5	67.0 170,2	68.2 173,2
95	HOMBRES	72.8 184,9	73.1 185,7	73.8 187,5	72.5 184,2	72.7 184,7	72.2 183,4	70.9 180,1	70.5 179,1
	MUJERES	67.1 170,4	67.9 172,5	67.3 170,9	67.2 170,7	67.2 170,7	66.6 169,2	65.5 166,4	64.9 164,8

**Tabla 4-3.** Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según edad y selección de percentiles.

Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según edad y selección de percentiles									
		A	B	C	D	E	F	G	
		pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	pulg. cm	
95	HOMBRES	36.2 91,9	47.3 120,1	68.6 174,2	20.7 52,6	27.3 69,3	37.0 94,0	33.9 86,1	
	MUJERES	32.0 81,3	43.6 110,7	64.1 162,8	17.0 43,2	24.6 62,5	37.0 94,0	31.7 80,5	
5	HOMBRES	30.8 78,2	41.3 104,9	60.8 154,4	17.4 44,2	23.7 60,2	32.0 81,3	30.0 76,2	
	MUJERES	26.8 68,1	38.6 98,0	56.3 143,0	14.9 37,8	21.2 53,8	27.0 68,6	28.1 71,4	



<b>Estatura:</b>	1875 mm
<b>Anchura de hombros:</b>	526 mm

Para poder dimensionar la camilla se considera la estatura del paciente y la anchura de hombros, las cuales se puede apreciar en la Tabla 4-2 y Tabla 4-3 respectivamente. En ambas, se escoge aquellas dimensiones más elevadas, puesto que serán las que influirán en el diseño.

Para saber a qué altura situar la zona de empuje para el cuidador, la que le permite desplazar la silla, se tiene en cuenta las dimensiones de una silla de ruedas convencional, véase figura 4.1:



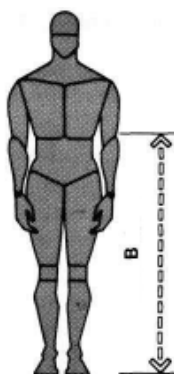
**Figura 4.1** Altura de la empuñadura en las sillas de ruedas convencional

**Altura de zona de empuje:** 914 mm

Además para facilitar el aseo al cuidador, se contempla la altura máxima que debería tener el producto, sobre todo para limpiar la zona genital. Por ello se considera la altura del codo en la Tabla 4-4.

**Tabla 4-4.** Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según edad y selección de percentiles.

		A		B		C		D		E		F		G	
		pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm
95	HOMBRES	36.2	91,9	47.3	120,1	68.6	174,2	20.7	52,6	27.3	69,3	37.0	94,0	33.9	86,1
	MUJERES	32.0	81,3	43.6	110,7	64.1	162,8	17.0	43,2	24.6	62,5	37.0	94,0	31.7	80,5
5	HOMBRES	30.8	78,2	41.3	104,9	60.8	154,4	17.4	44,2	23.7	60,2	32.0	81,3	30.0	76,2
	MUJERES	26.8	68,1	38.6	98,0	56.3	143,0	14.9	37,8	21.2	53,8	27.0	68,6	28.1	71,4



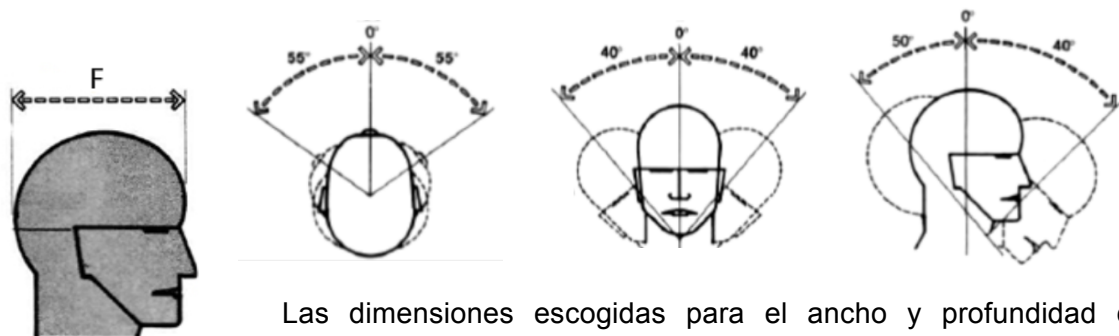
Como se puede apreciar, se decide escoger la menor de las dos dimensiones, puesto que es más sencillo para una persona alta agacharse que no para una persona baja tener que elevarse.

**Altura del codo:** 1107 mm

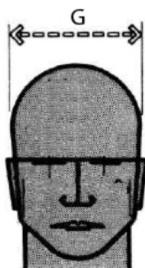
Para poder dimensionar el reposacabezas se deberán considerar las siguientes dimensiones de la Tabla 4-5 y ángulos límite de la cabeza para favorecer a la máxima comodidad, seguridad y campo visual del paciente:

**Tabla 4-5.** Dimensiones de cabeza, cara, mano y pie de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según selección de percentiles.

Dimensiones de cabeza cara, mano y pie de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según selección de percentiles										
		A	B	C*	D	E	F	G	H	I
95	pulg.	5.0	2.71	23.59	5.13	5.94	6.50	8.27	5.98	8.07
	cm	12,7	6,9	59,9	13,0	15,1	16,5	21,0	15,2	20,5
5	pulg.	4.1	2.24	21.74	4.35	5.27	5.80	7.39	5.26	7.00
	cm	10,4	5,7	55,2	11,0	13,4	14,7	18,8	13,4	17,8



Las dimensiones escogidas para el ancho y profundidad de la cabeza, además de los ángulos son:



**Ancho de la cabeza: 210 mm**

**Profundidad de la cabeza: 165 mm**

**Ángulo de rotación izquierda y derecha: 55°**

**Ángulo de hiperextensión: 50°**

**Ángulo de flexión: 40°**

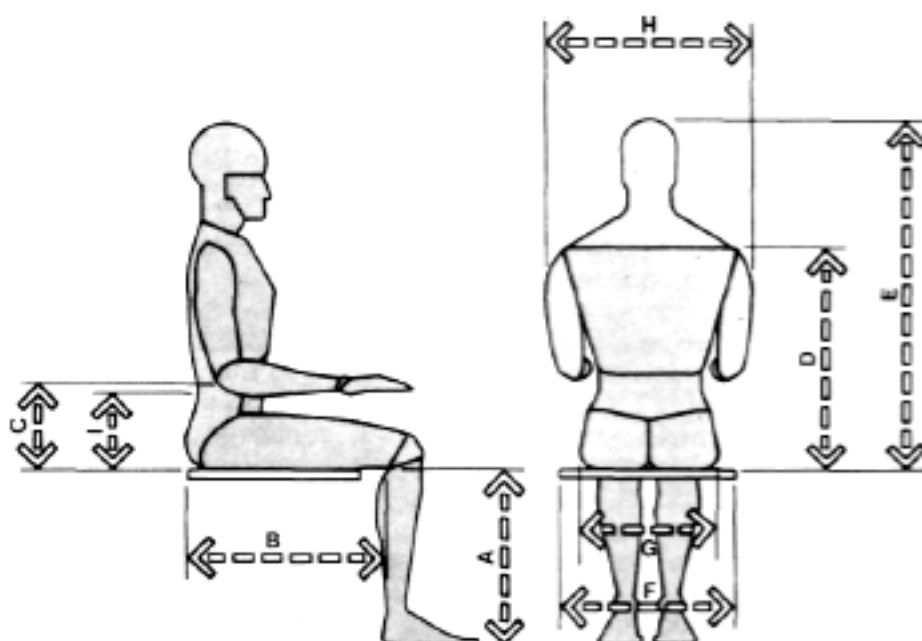
**Ángulo inclinación izquierda y derecha: 40°**

Teniendo en cuenta todas las dimensiones anteriores, a continuación se muestran las dimensiones antropométricas fundamentales que se necesitan para el diseño de sillas, apreciables en la Tabla 4- 6.



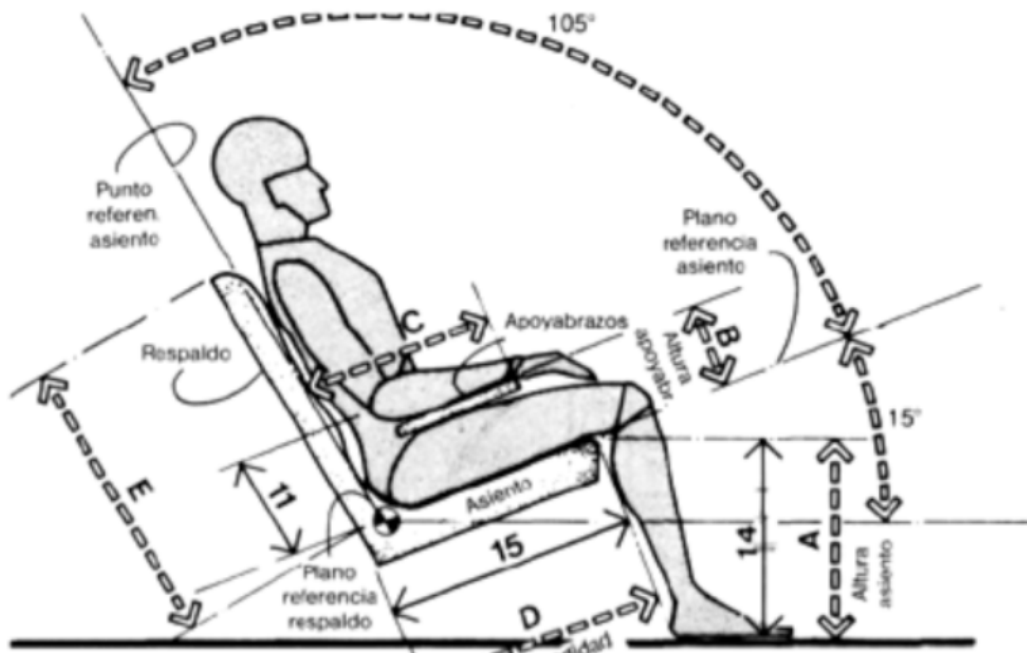
**Tabla 4-6.** Dimensiones antropométricas fundamentales necesarias para el diseño de sillas.

MEDIDA	HOMBRES				MUJERES			
	Percentil		Percentil		Percentil		Percentil	
	5	95	5	95	5	95	5	95
	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm
<b>A</b> Altura poplitea	15.5	39.4	19.3	49.0	14.0	35.6	17.5	44.5
<b>B</b> Largura nalga-popliteo	17.3	43.9	21.6	54.9	17.0	43.2	21.0	53.3
<b>C</b> Altura codo reposo	7.4	18.8	11.6	29.5	7.1	18.0	11.0	27.9
<b>D</b> Altura hombro	21.0	53.3	25.0	63.5	18.0	45.7	25.0	63.5
<b>E</b> Altura sentado, normal	31.6	80.3	36.6	93.0	29.6	75.2	34.7	88.1
<b>F</b> Anchura codo-codo	13.7	34.8	19.9	50.5	12.3	31.2	19.3	49.0
<b>G</b> Anchura caderas	12.2	31.0	15.9	40.4	12.3	31.2	17.1	43.4
<b>H</b> Anchura hombros	17.0	43.2	19.0	48.3	13.0	33.0	19.0	48.3
<b>I</b> Altura lumbar	Véase nota							



Además también se considera la opción de que las sillas sean basculantes, por lo tanto también se proporciona las dimensiones en vista lateral de una poltrona, tal y como se puede observar en la Tabla 4-7.

**Tabla 4-7.** Dimensiones de una poltrona



	pulg.	cm
A	16-17	40,6-43,2
B	8,5-9	21,6-22,9
C	10-12	25,4-30,5
D	16,5-17,5	41,9-44,5
E	18-24	45,7-61,0
F	6-9	15,2-22,9
G	10 adjust.	25,4 adjust.
H	15,5-16	39,4-40,6
I	12 max.	30,5 max.
J	30 adjust.	76,2 adjust.
K	15	38,1
L	12-14	30,5-35,6

## 4.2. Factores de diseño en la silla de ruedas

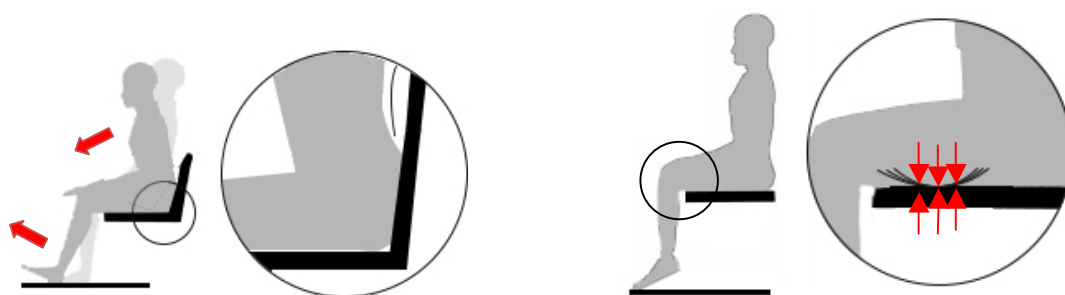
En este apartado se estudiarán la importancia de cada unas de las partes que conforman la silla de ruedas, para evitar con ello malas posturas para el paciente o lesiones como las úlceras por presión.

### 4.2.1. Asiento

Es una de las zonas más delicadas de la silla, sobre este descansa principalmente el peso del usuario, y de él depende que se mantenga una posición correcta una vez el paciente se sitúe en ella [10]:

#### 4.2.1.1. Altura

La altura es una de los puntos que hay que tener en más consideración a la hora de realizar el diseño. Hay que pensar que un asiento demasiado bajo, las piernas se echan hacia delante y los pies se quedan sin estabilidad, provocando con ello que el paciente se pueda caer de la silla. Si por el contrario el asiento es demasiado elevado, aumenta la presión en la cara inferior de los muslos provocando incomodidad y dificultad del riego sanguínea el cual puede acabar generando úlceras. Además hay que destacar que una altura elevada desestabilizará el cuerpo, puesto que los pies carecen de contacto con una superficie de apoyo, figura 4.2.

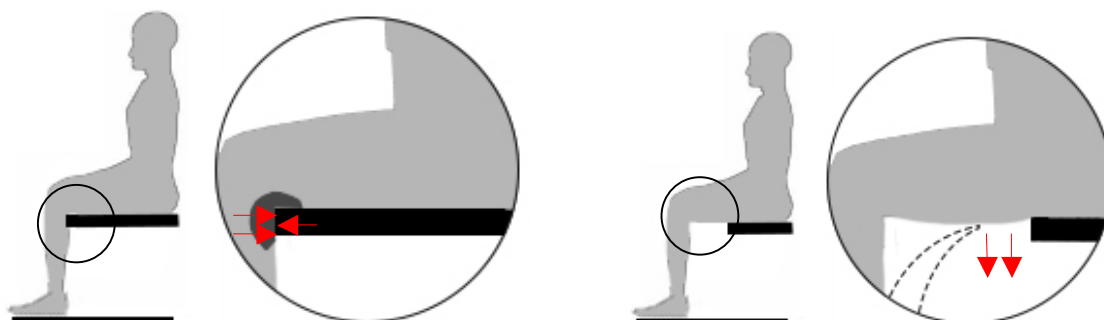


**Figura 4.2.** Influencia de la altura del asiento, en el primer caso se puede apreciar las consecuencias de ser demasiado bajo, mientras que a la derecha si es demasiado alto.

#### 4.2.1.2. Profundidad

Otra dimensión de gran importancia para el diseño es la profundidad de la silla, puesto que si es demasiado elevada producirá compresión en la parte trasera de las rodillas, provocando sensación de incomodidad y dificultad para la circulación de la sangre, como en

el caso anterior. Si por el contrario la profundidad del asiento es demasiado baja provoca en el usuario una gran sensación de inestabilidad puesto que una gran parte de los muslos no disponen del adecuado contacto con el asiento y estaría en suspensión, figura 4.3 [9]:



**Figura 4.3.** Influencia de la profundidad del asiento, en el primer caso se puede apreciar las consecuencias de ser demasiado elevado, mientras que a la derecha si es demasiado corto.

#### 4.2.1.3. Anchura

El ancho de la asiento también influirá en la posición del paciente, puesto que si es demasiado ancho el usuario no se sentará simétricamente provocando desviaciones en la columna, mientras que si es demasiado estrecho puede provocar úlceras por presión en los laterales, véase figura 4.4 [11]:



**Figura 4.4.** Influencia de la anchura del asiento al ser demasiado elevada.

#### 4.2.2. Acolchado

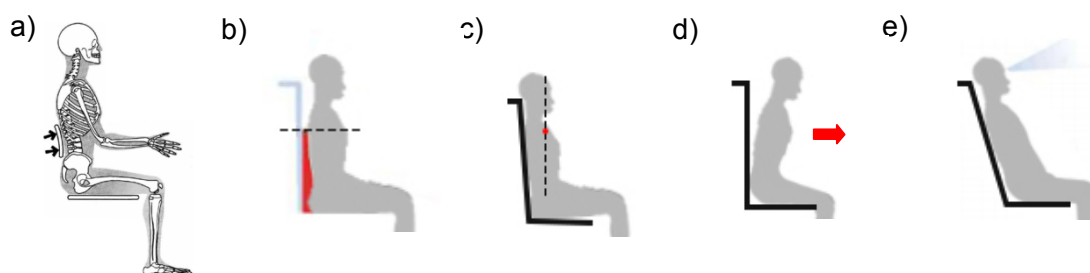
El acolchado es una parte clave de la silla, puesto que es la encargada de distribuir las presiones que se originan en la piel de una forma uniforme. Por lo tanto, un asiento plano y duro no es el correcto ni tampoco un material con un límite elástico demasiado elevado. A continuación, se muestra un tipo de acolchado orientativo, conocido como el de Diffirient [11]:

38mm de espuma sobre base rígida de 13mm con un total de 51mm

### 4.2.3. Respaldo

La principal función del respaldo es de proporcionar apoyo a la zona lumbar, es decir, la zona cóncava de la espalda, tal y como se puede apreciar en la figura 4.5 (a) y (b). Hay que mencionar que cuanto más recoja el perfil de la columna mejor, pero siempre y cuando permita cambiar la posición del cuerpo [11].

El respaldo deberá tener una inclinación para situar el centro de gravedad sobre el pecho figura 4.5 (c), puesto que si es de  $90^\circ$  tiende a tirar hacia delante al paciente, ya el centro de gravedad recae en los hombros figura 4.5 (d), mientras que si está demasiado reclinado reduce el campo visual del paciente tal y como se observa en la figura 4.5 (e).



**Figura 4.5.** Influencia del ángulo y altura del asiento.

### 4.2.4. Reposapiés

La posición de los reposapiés también provoca una gran influencia en la postura del paciente, puesto que los reposapiés demasiado bajos el usuario tenderá a deslizarse hacia abajo, mientras que si son demasiado altas provoca un exceso de presión en las nalgas las cuales pueden llegar a provocar úlceras por presión, tal y como se muestra en la figura 4.6 [11].



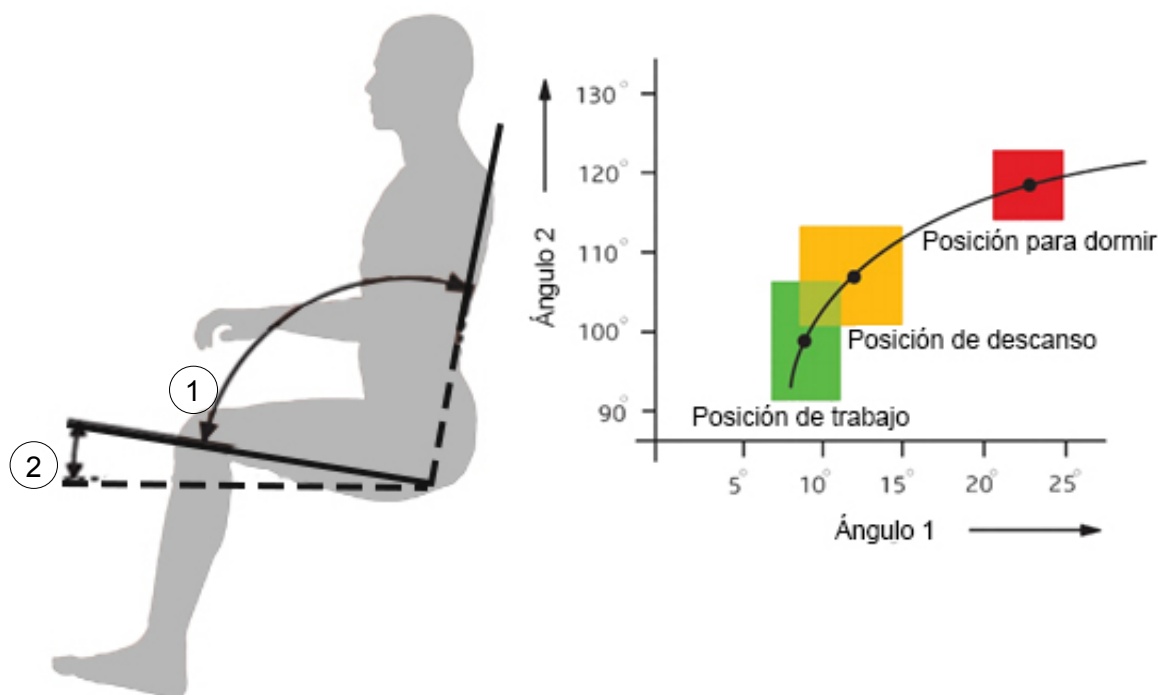
**Figura 4.6.** Influencia de la altura del reposapiés, a la izquierda la altura ideal; en el medio la altura demasiado baja; a la derecha el reposapiés demasiado elevado.

#### 4.2.5. Reposabrazos

Desempeñan varias funciones, cargar con el peso de los brazos y ayudan a sentarse y levantarse al paciente de la silla, pero en el caso del tipo de paciente al cual se encara esta silla, los reposabrazos tienen una función puramente de estabilidad, para evitar que el paciente se caiga lateralmente, en definitiva de barrera lateral, debe ser lo suficiente estable como para frenar el posible balanceo del usuario hacia los laterales sin provocar presiones laterales en los costados o brazos, por tanto es importante que sean de un material acolchado [10].

#### 4.2.6. Relación de ángulos entre asiento y respaldo

Para poder decir que ángulos son los más adecuados para la comodidad del paciente, se ha tenido en cuenta la siguiente relación proporcionada (figura 4.7) por el Centro de Ortopedia Pozuelo [13]:



**Figura 4.7.** Relación de ángulos preferentes entre 1 y 2, para poder seleccionar la postura de trabajo descanso y dormir.

### 4.3. Estudio de los mecanismos

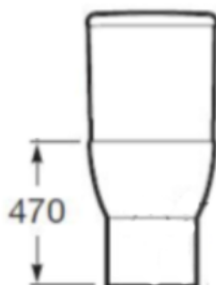
#### 4.3.1. Estudio del mecanismo de elevación

En este apartado se analizará con detalle el mecanismo de elevación de la silla que permita facilitar el acceso del cuidador a las zonas de mayor dificultad.

##### 4.3.1.1. Condiciones de contorno

###### 4.3.1.1.1. Posición inferior

El asiento deberá tener una altura inicial superior a la del inodoro para poder situar al paciente sobre él sin necesidad de realizar un traspaso de la silla al inodoro, pudiendo realizar sus necesidades directamente desde la silla de ducha. Por lo tanto, la silla deberá considerar las dimensiones de la figura 4.8, también mostradas en la tabla 3-1:



**Figura 4.8.** Altura inodoro minusválidos (mm)

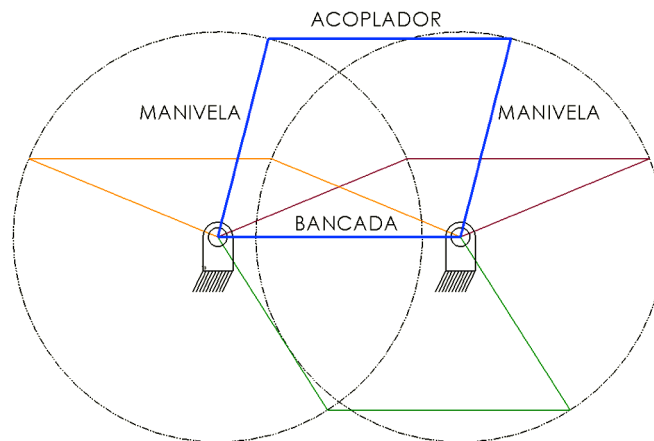
La altura mínima del asiento deberá ser superior a 470 mm, la cual para dejar un margen entre el inodoro y el asiento, se asciende a 510 mm.

###### 4.3.1.1.2. Posición superior

Otro apartado a considerar es la altura máxima de la silla, la cual hay que indagar en la altura más cómoda para el cuidador poder realizar la higiene del paciente de aquellas zonas de más dificultad de acceso. Por ello se ha decidido considerar la altura del codo considerada en el apartado de análisis antropométrico y ergonómico, la cual era de unos 1107 mm, pero se decide reducirlo a 900 mm. Esto se debe a que se requiere una altura para poder acceder de forma cómoda a las zonas más complicadas pero sin provocar vértigo al paciente.

#### 4.3.1.2. Diseño del mecanismo

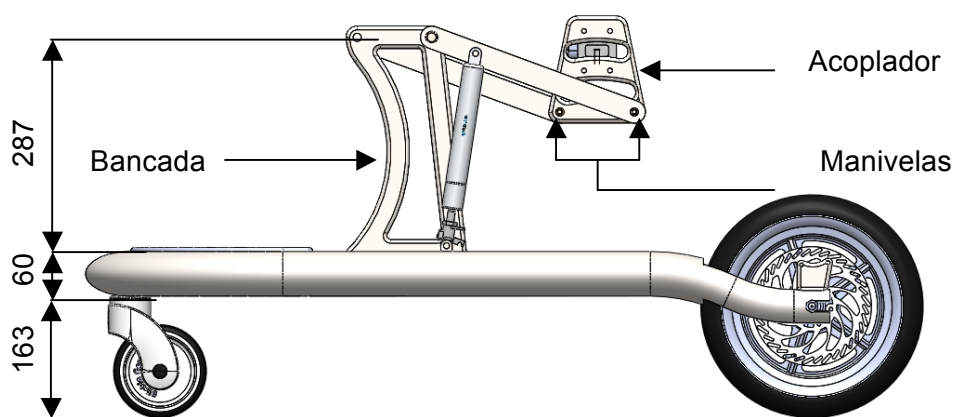
Teniendo en cuenta las dos dimensiones anteriores se procede al diseño del mecanismo. El mecanismo empleado es un cuadrilátero articulado paralelogramo, tal y como se puede observar en la figura 4.9, [14]:



**Figura 4.9.** Mecanismo cuadrilátero articulado paralelogramo

Como se puede apreciar en la figura 4.9, las dos manivelas deben tener la misma longitud, a la vez que el acoplador debe tener la misma longitud que la bancada, permitiendo con ello que el acoplador sea siempre paralelo a la bancada, y en este caso, a la recta horizontal.

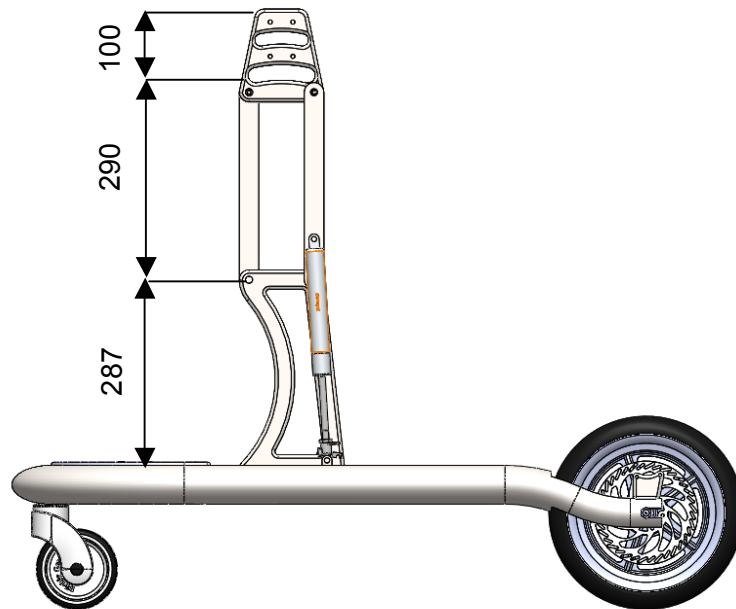
Primero se procede al diseño de las manivelas teniendo en cuenta que se desea partir de 510 mm de altura y llegar a 900 mm. Por ello, hay que considerar la altura que aportan las ruedas y la base, siendo un total de 223 mm tal y como se puede apreciar en la figura 4.10, por lo tanto se requiere una altura inicial de 287 mm para alcanzar los 510 mm



**Figura 4.10.** Altura inicial del mecanismo especificando las partes (bancada, acoplador y manivelas)



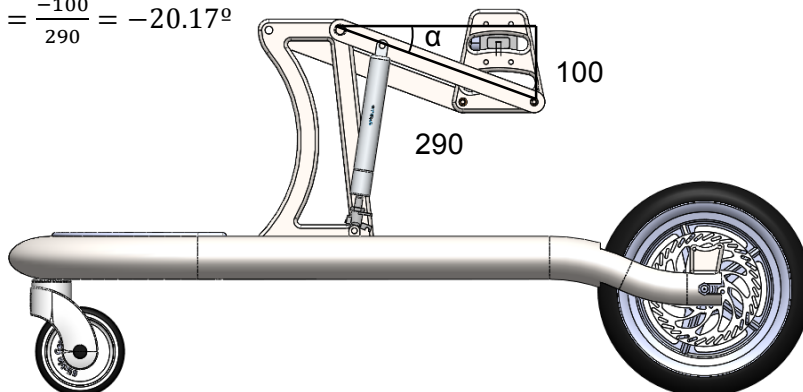
Para asegurar una correcta posición del usuario en la silla, se decide que a las manivelas les corresponda una longitud que les permita alcanzar los 800 mm, puesto que una longitud mayor dejaría al usuario situado en una posición muy cercana a la las ruedas traseras, dejando un espacio entre las rueda delantera y las piernas del usuario demasiado elevado. Por lo tanto la longitud de las manivelas ha de ser de  $800-510= 290$  mm, mientras que el acoplador deberá tener una altura de 100 mm para poder alcanzar los 900 mm requeridos, tal y como se puede ver en la figura 4.11:



**Figura 4.11.** Altura final del mecanismo teniendo en cuenta las dimensiones de bancada manivela y acoplador

El ángulo inicial de las manivelas con respecto a la bancada será  $-20,17^\circ$ . Dicho valor se justifica a continuación (figura 4.12):

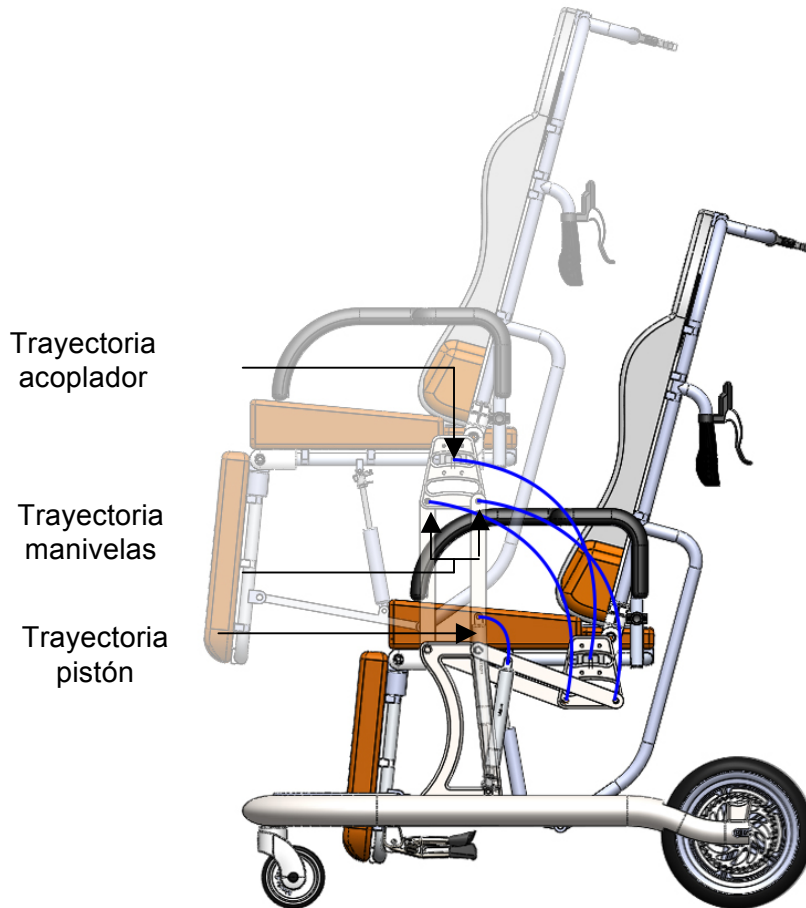
$$\arcsin(\alpha) = \frac{-100}{290} = -20.17^\circ$$



**Figura 4.12.** Longitud de la manivela y altura del acoplador para calcular el ángulo  $\alpha$  inicial

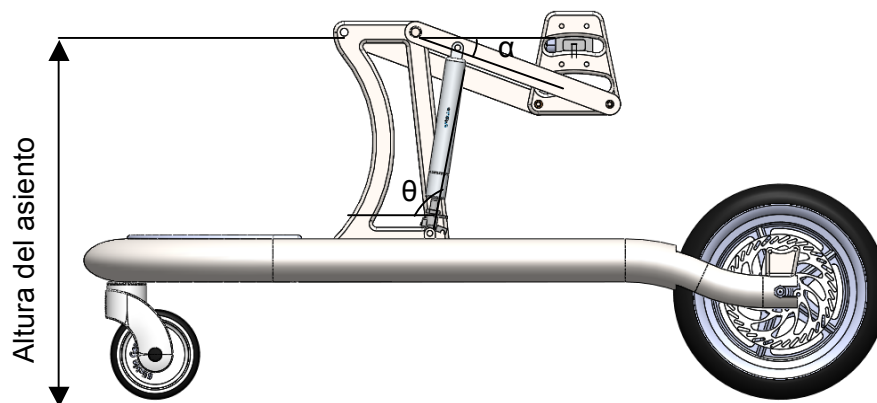
#### 4.3.1.3 Estudio cinemático del mecanismo de elevación

A continuación se muestra la trayectoria de los elementos que intervienen en el mecanismo de elevación, tal y como se puede observar en la figura 4.13. Para un mayor conocimiento del movimiento, se ha realizado un estudio con los grados de las barras de elevación, los grados del pistón, recorrido del pistón y la altura que va adquiriendo la silla.



$\alpha$  = ángulo de la manivela respecto a la bancada


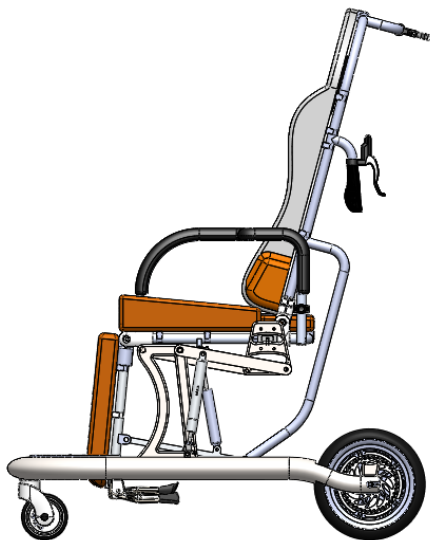
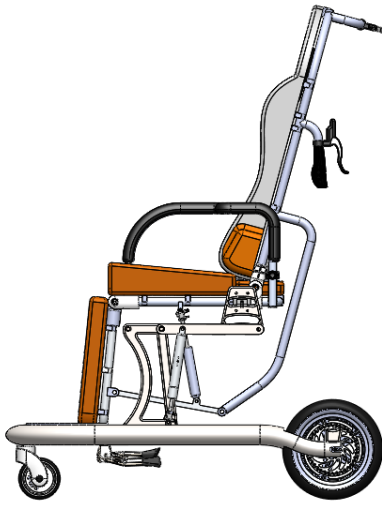
$\theta$  = ángulo del pistón respecto a la base

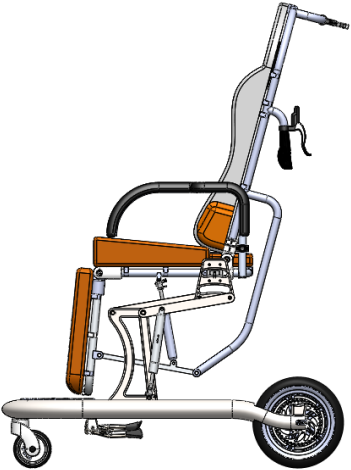
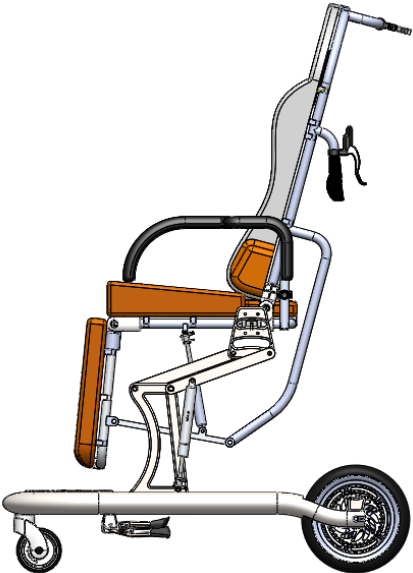
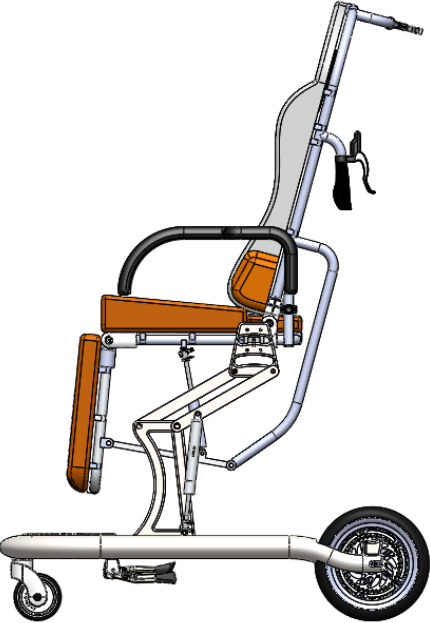


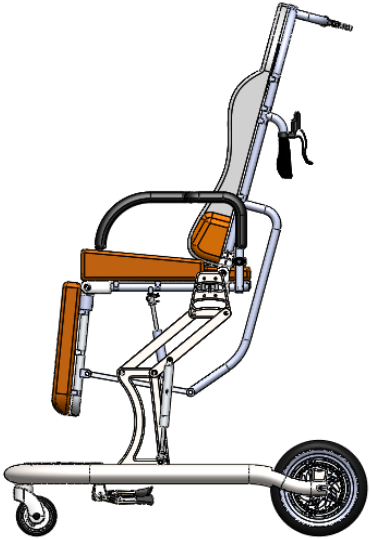
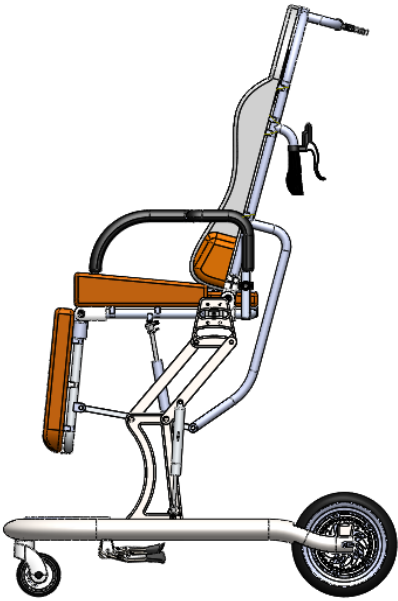
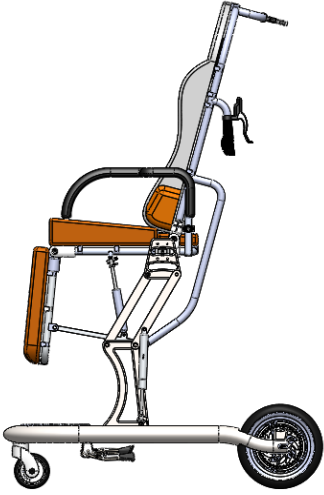
**Figura 4.13.** Trayectorias de la manivela, pistón y acoplador. Ángulos de las manivelas y del pistón, altura del asiento y longitud del pistón.

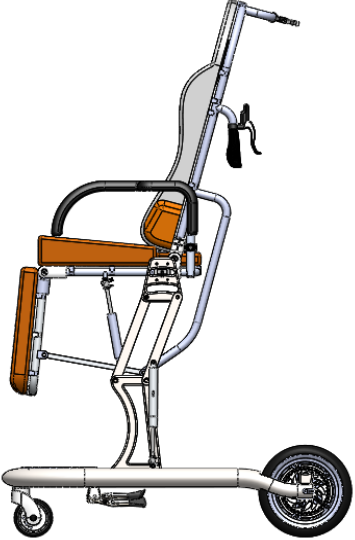
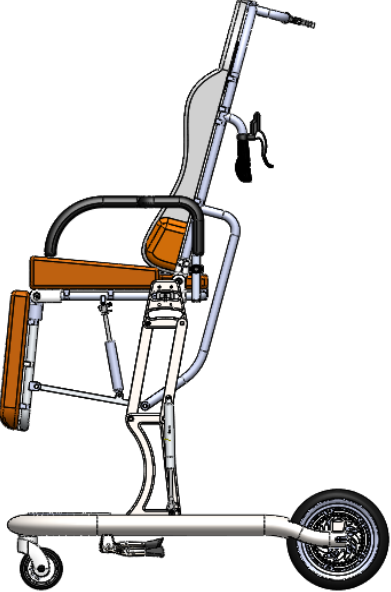
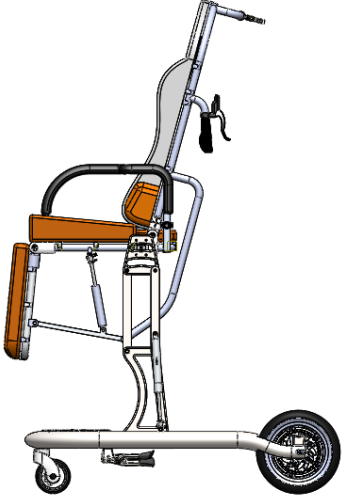
Se han tenido en cuenta los valores cada 10° de la manivela respecto la bancada,

**Tabla 4-8.** Posiciones de los elementos durante la elevación

Valores		Imagen
<b>Ángulo manivela</b> <b>Ángulo del pistón</b> <b>Dimensión del pistón</b> <b>Altura del asiento</b>	-20,17° 99,85° 229 mm 510,01 mm	
<b>Ángulo manivela</b> <b>Ángulo del pistón</b> <b>Dimensión del pistón</b> <b>Altura del asiento</b>	-10,09° 71,58° 238,85 mm 558,13 mm	
<b>Ángulo manivela</b> <b>Ángulo del pistón</b> <b>Dimensión del pistón</b> <b>Altura del asiento</b>	-0,05° 99,87° 249,99 mm 609,74 mm	

<p><b>Ángulo manivela</b>  <b>Ángulo del pistón</b>  <b>Dimensión del pistón</b>  <b>Altura del asiento</b></p>	<p>10,12°  99,25°  260,73 mm  660,97 mm</p>	
<p><b>Ángulo manivela</b>  <b>Ángulo del pistón</b>  <b>Dimensión del pistón</b>  <b>Altura del asiento</b></p>	<p>20,08°  98,31,00°  270,68mm  709,58 mm</p>	
<p><b>Ángulo manivela</b>  <b>Ángulo del pistón</b>  <b>Dimensión del pistón</b>  <b>Altura del asiento</b></p>	<p>30,54°  97,03°  280,27 mm  774,36 mm</p>	

<p><b>Ángulo manivela</b></p> <p><b>Ángulo del pistón</b></p> <p><b>Dimensión del pistón</b></p> <p><b>Altura del asiento</b></p>	<p>39,84°</p> <p>95,68°</p> <p>287,89 mm</p> <p>790,57 mm</p>	
<p><b>Ángulo manivela</b></p> <p><b>Ángulo del pistón</b></p> <p><b>Dimensión del pistón</b></p> <p><b>Altura del asiento</b></p>	<p>50,3°</p> <p>93,97°</p> <p>295,29 mm</p> <p>833,12 mm</p>	
<p><b>Ángulo manivela</b></p> <p><b>Ángulo del pistón</b></p> <p><b>Dimensión del pistón</b></p> <p><b>Altura del asiento</b></p>	<p>60,26°</p> <p>92,20°</p> <p>301,65 mm</p> <p>861,80 mm</p>	

<p><b>Ángulo manivela</b>  <b>Ángulo del pistón</b>  <b>Dimensión del pistón</b>  <b>Altura del asiento</b></p>	<p>70,43°  90,29°  305,53 mm  883,25 mm</p>	
<p><b>Ángulo manivela</b>  <b>Ángulo del pistón</b>  <b>Dimensión del pistón</b>  <b>Altura del asiento</b></p>	<p>79,87°  88,44°  308,36 mm  895,45 mm</p>	
<p><b>Ángulo manivela</b>  <b>Ángulo del pistón</b>  <b>Dimensión del pistón</b>  <b>Altura del asiento</b></p>	<p>89,97°  86,30°  310,0 mm  900 mm</p>	

### **4.3.2. Estudio del mecanismo de basculación**

Se ha analizado con detalle el mecanismo de basculación de la silla que permita adquirir posiciones de relajación para el usuario, así como permitir al cuidador unas posiciones de trabajo que eviten posibles lesiones en la zona lumbar debido a malas posturas durante el aseo.

#### **4.3.2.1. Condiciones de contorno**

Para poder diseñar el mecanismo, previamente se deberá tener en cuenta que ángulos son los adecuados que deberán adquirir tanto el respaldo como los reposapiés para poder proporcionar una postura de relajación para el paciente, como un estado de comodidad para el cuidador.

##### **4.3.2.1.1. Posición inicial**

Por ello se tiene en cuenta la relación de ángulos de la figura 4.7, decidiendo que la posición inicial sea una posición cómoda participativa. Por ello en este punto la amplitud angular entre asiento y respaldo, o ángulo 1 será de  $105^\circ$ . También hay que considerar el ángulo que formará el reposapiés con el asiento, el cual, teniendo en cuenta la figura 4.6, se decide que el ángulo inicial de los reposapiés sea de  $90^\circ$  respecto el asiento.

##### **4.3.2.1.2. Posición final**

La posición final será una posición de descanso relajación para el paciente, permitiendo el contacto visual con el cuidador. El ángulo del reposapiés con respecto la horizontal en esta posición será de  $5^\circ$  y el ángulo del respaldo con respecto el asiento, es de  $160^\circ$ .

Finalmente se han tenido en cuenta las dimensiones del reposapiés, asiento y respaldo teniendo en cuenta las cotas de la tabla 4-7:

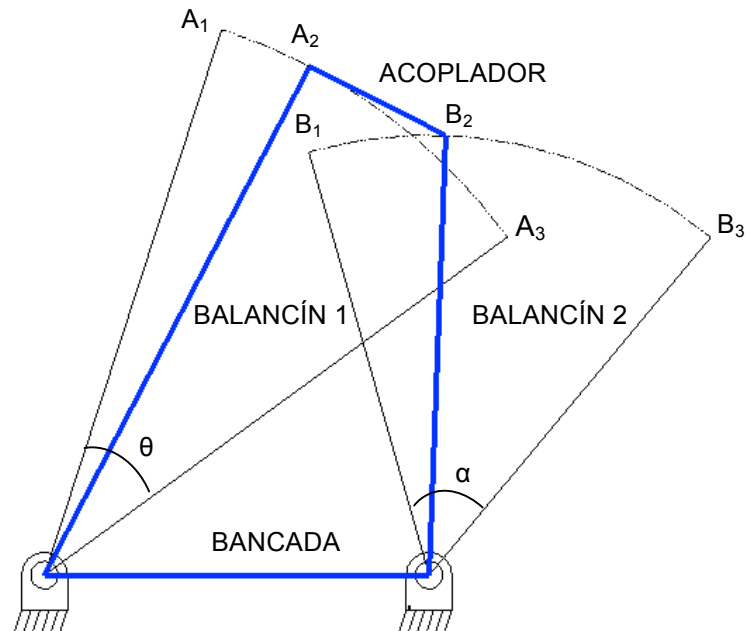
**Altura respaldo:** 930 mm

**Profundidad asiento:** 430 mm

**Longitud reposapiés:** 420 mm

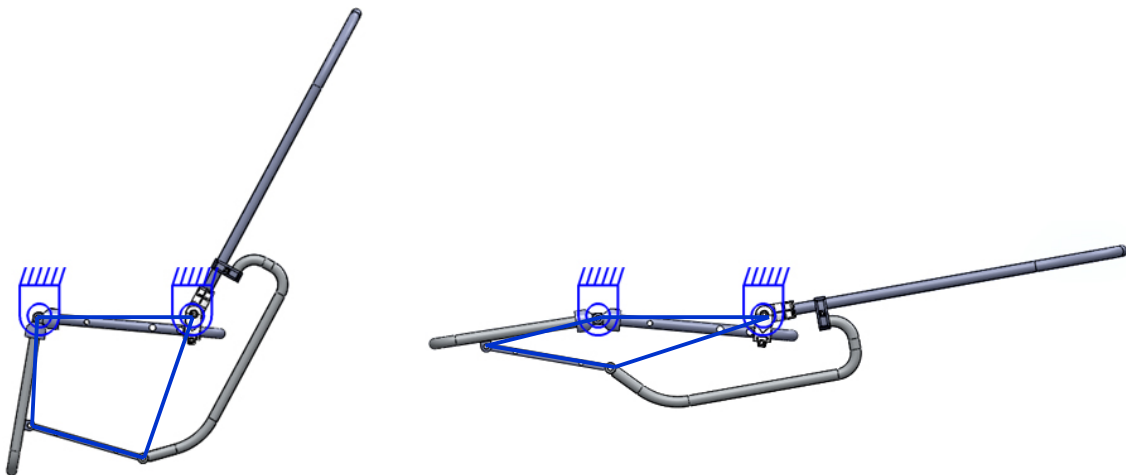
#### 4.3.2.2. Diseño del mecanismo

Para cumplir la relación de ángulos anterior el mecanismo que se necesita es un cuadrilátero articulado de doble balancín, puesto que el reposapiés y el respaldo tienen posiciones extremas las cuales no interesa sobrepasar; la bancada es el asiento, véase figura 4.14 [15]:



**Figura 4.14.** Mecanismo cuadrilátero articulado de doble balancín

Como se puede apreciar en la figura 4.14, este tipo de cuadrilátero articulado permite que el balancín 1 rote un ángulo de  $\theta$  grados, mientras que el balancín 2 rota un ángulo  $\alpha$  grados, adquiriendo como posiciones límite ( $A_1$  y  $A_2$ ) y ( $B_1$  y  $B_2$ ) respectivamente. A continuación se muestra la posición del cuadrilátero dentro de la silla (figura 4.15):



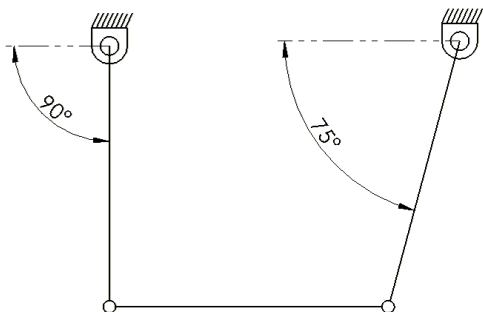
**Figura 4.15.** Mecanismo cuadrilátero articulado de doble balancín posicionado en la silla



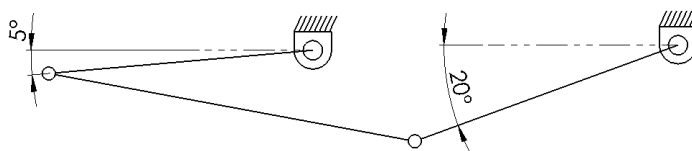
### 4.3.2.3. Cálculo de las dimensiones de las barras

Es importante el dimensionado de las barras para conocer cuáles han de ser las medidas exactas para que se cumplan la relación entre los ángulos de entrada y de salida entre el respaldo y el reposapiés, previamente mencionadas.

A continuación se presentan los ángulos en las posiciones extremas del mecanismo:

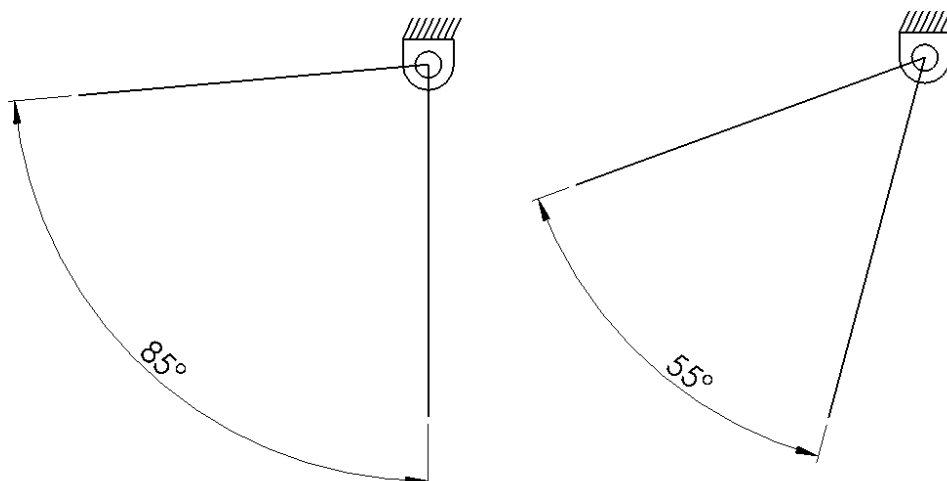


**Figura 4.16** Posición inicial del mecanismo de basculación deseada



**Figura 4.17** Posición final del mecanismo de basculación deseada


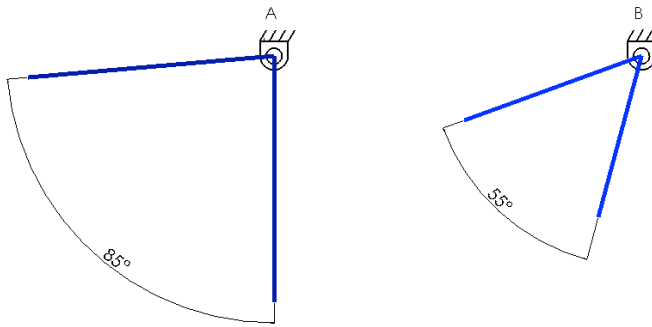
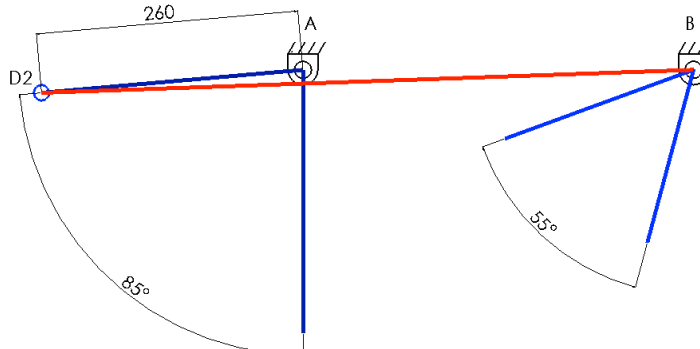
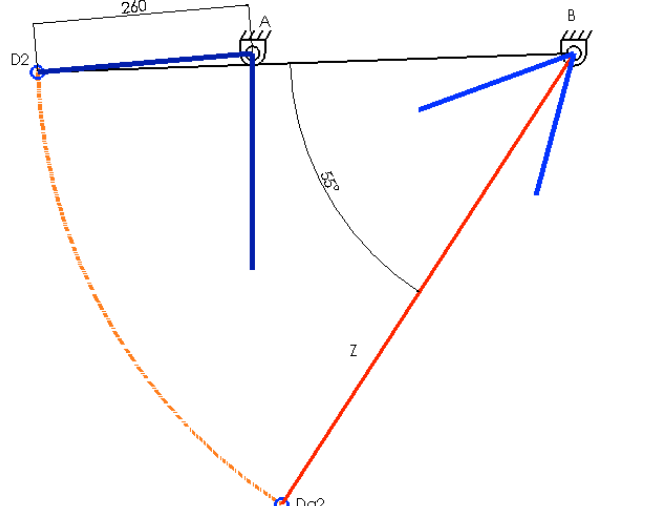
Por lo tanto, lo que se está presentando es un caso de doble balancín, por el cual se desea que el respaldo bascule  $55^\circ$  ( $75^\circ - 20^\circ$ ) y el reposapiés un total de  $85^\circ$  ( $90^\circ - 5^\circ$ ), tal y como se muestra en la figura 4.18:



**Figura 4.18.** Ángulos máximos de los balancines

Finalmente se procede con el método gráfico que permite calcular las dimensiones requeridas, tabla 4-9, [15]:

**Tabla 4-9.** Método gráfico par del dimensionado de las barras

<p><b>a.</b> Asumir un valor para la longitud del elemento o eslabón fijo o bastidor (bancada). La distancia está marcada por la distancia entre las uniones del asiento, 422 mm.</p>	
<p><b>b.</b> En cada uno de los puntos fijos, es decir, el extremo del eslabón asumido, dibujar los ángulos de apertura de los dos balancines.</p>	
<p><b>c.</b> Asuma un valor para la manivela de salida, longitud AD, es decir asuma la ubicación de D<sub>2</sub> y una el punto B con el punto D<sub>2</sub>. La longitud establecida es de 260 mm, una distancia mayor a la longitud de la mitad de los reposapiés.</p>	
<p><b>d.</b> Con referencia a la línea BD<sub>2</sub>, trazar un ángulo igual a 55°, pero en sentido contrario, esta línea se denominará Z. Con centro en B y radio BD<sub>2</sub>, trazar un arco hasta que corte la línea Z, para hallar el punto D<sub>A2</sub></p>	

<p><b>e.</b> Teniendo como referencia el punto A ubique la posición del punto <math>D_1</math> y una los puntos <math>D_{a2}</math> y <math>D_1</math>, halle la mediatriz de dicho segmento y determine la posición del punto <math>C_1</math> en la intersección de la mediatriz con el eslabón BC. El punto de corte de la mediatriz con el balancín <math>BC_1</math>, determinará su longitud.</p>	
<p><b>f.</b> Al unir el punto <math>C_1</math> con el punto <math>D_1</math>, se puede determinar la longitud del acoplador.</p>	
<p><b>g.</b> Sin las líneas de construcción, el mecanismo se verá de la siguiente manera las dimensiones adquiridas:</p>	

Finalmente se obtiene que las dimensiones de las barras 2 y 3 son las siguientes:

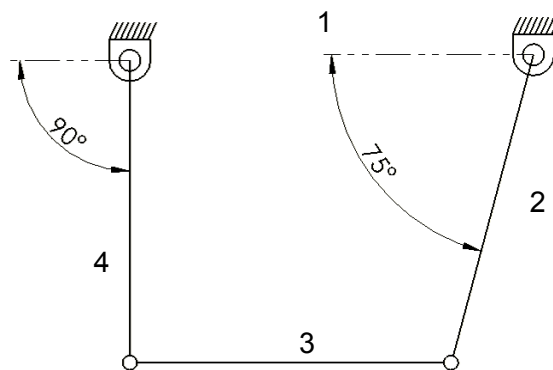
Barra 1: 422 mm

Barra 2: 384,68 mm  $\approx$  385 mm

Barra 3: 325,24 mm  $\approx$  325 mm

Barra 4: 260 mm

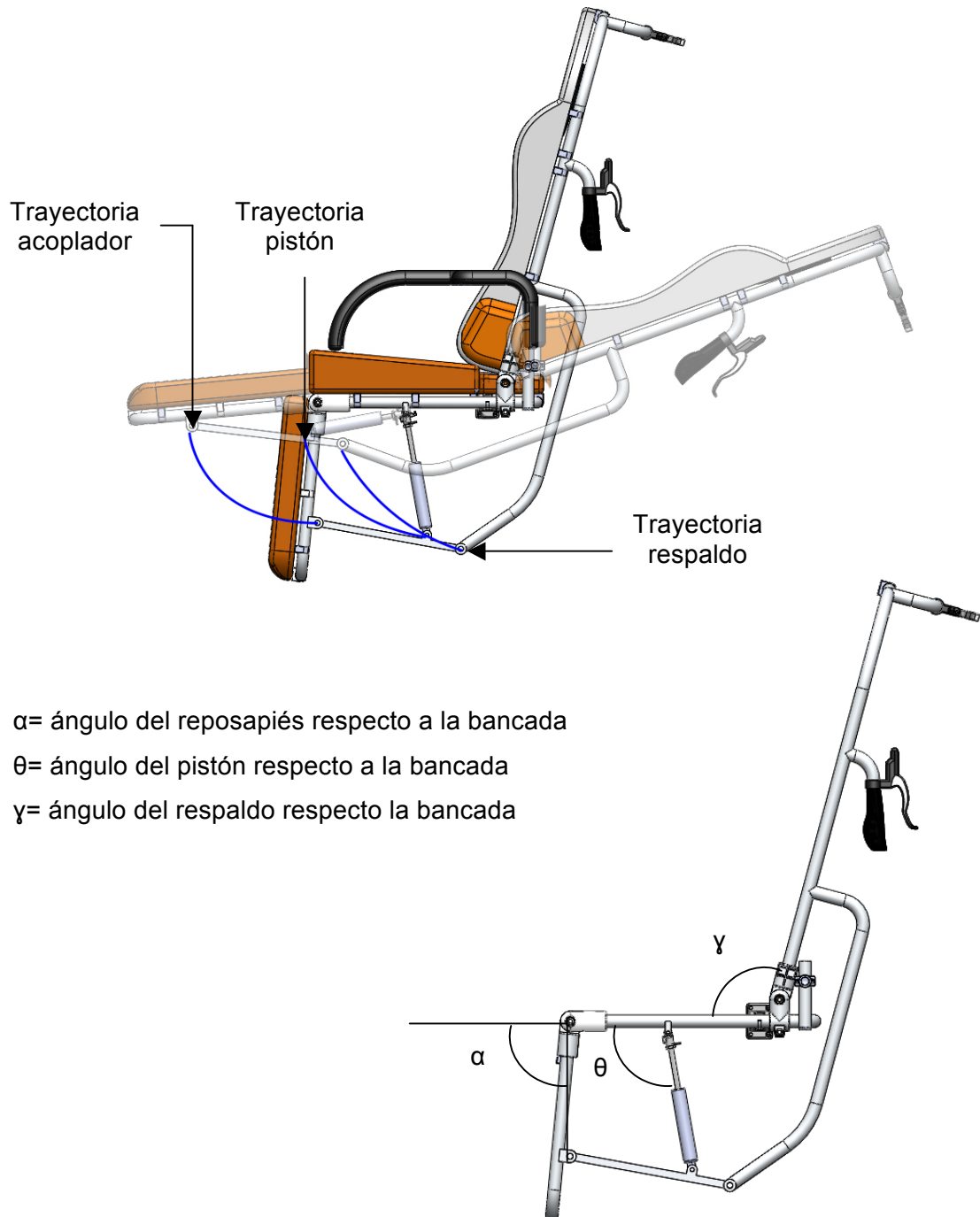
Se ha decidido redondear a números sin decimales debido a que no se requiere una precisión milimétrica para la silla, figura 4.19:



**Figura 4.19.** Esquema del mecanismo con las longitudes definitivas de las barras

#### 4.3.2.4. Estudio cinemático del mecanismo de basculación

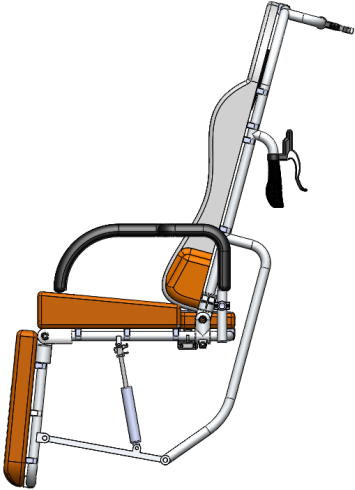
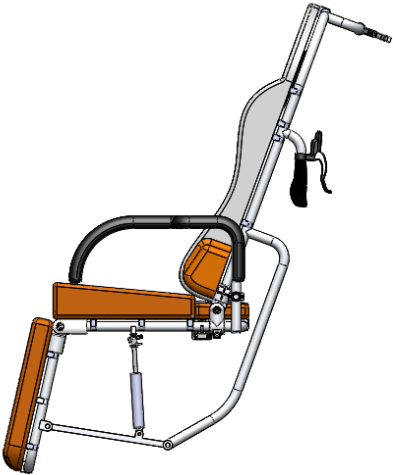
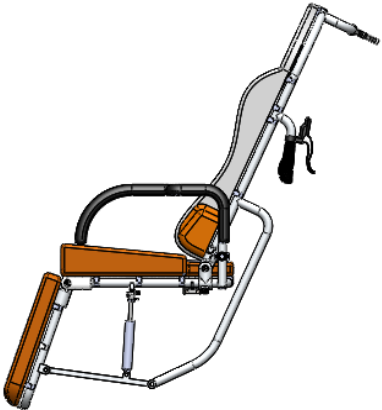
Muestra la trayectoria de los elementos que intervienen en el mecanismo de basculación, tal y como se puede observar en la figura 4.20. Para una mayor comprensión del movimiento, se ha realizado un estudio con los grados de los balancines, los grados del pistón y recorrido del pistón.


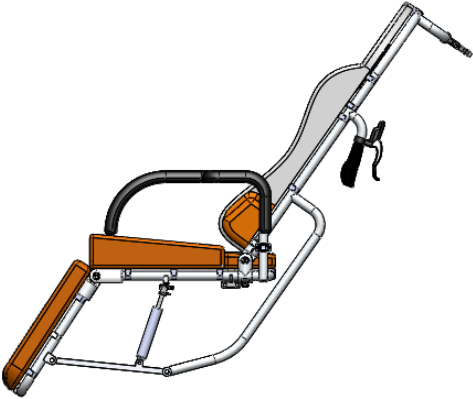
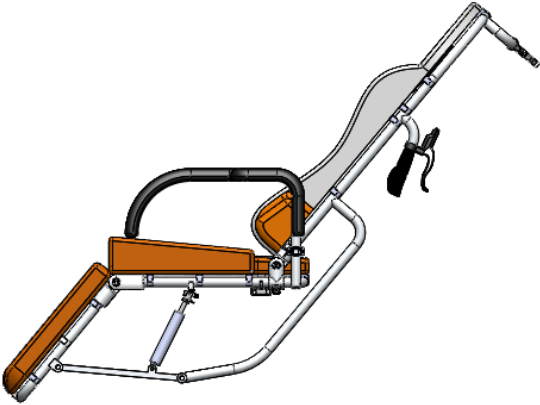
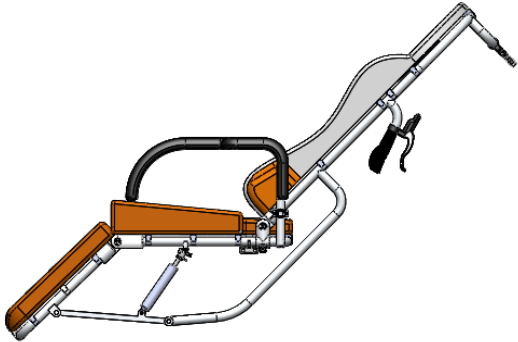


**Figura 4.20.** Trayectorias del reposapiés, pistón y respaldo y longitud del pistón.

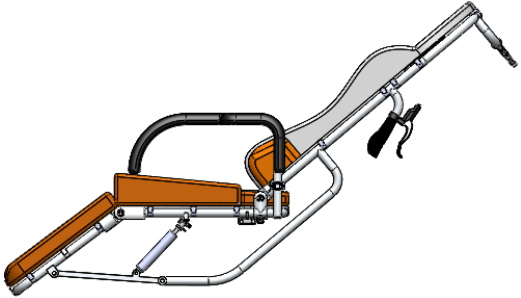
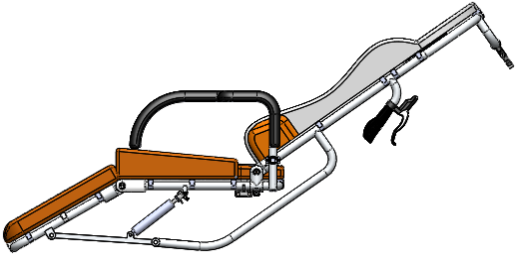
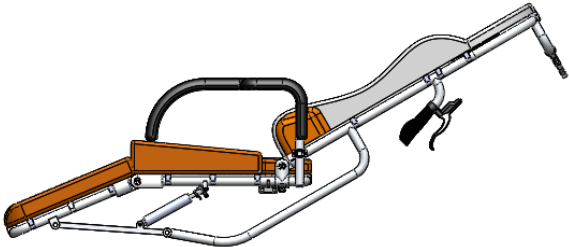
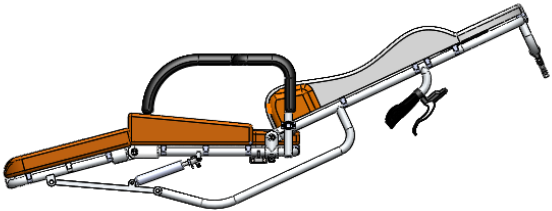
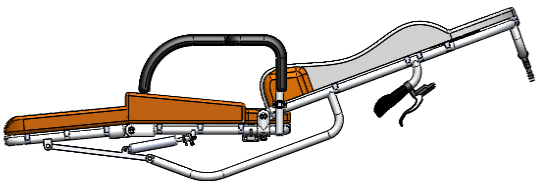
Se han tenido en cuenta los valores cada 5° del respaldo respecto del asiento para poder las diferentes posiciones que van adquiriendo el respaldo, pistón y reposapiés, tabla 4-10.

**Tabla 4-10.** Posiciones de los elementos durante la trayectoria de basculación

Valores	Imagen
<p> <b>Ángulo respaldo</b>                      105°  <b>Ángulo del pistón</b>                    96,88°  <b>Ángulo reposapiés</b>                   90°  <b>Dimensión del pistón</b>                249 mm                 </p>	
<p> <b>Ángulo respaldo</b>                      109,90°  <b>Ángulo del pistón</b>                    92,44°  <b>Ángulo reposapiés</b>                   82,54°  <b>Dimensión del pistón</b>                239,91 mm                 </p>	
<p> <b>Ángulo respaldo</b>                      114,99°  <b>Ángulo del pistón</b>                    87,14°  <b>Ángulo reposapiés</b>                   75,05°  <b>Dimensión del pistón</b>                229,19 mm                 </p>	

<p> <b>Ángulo respaldo</b> 120,05°  <b>Ángulo del pistón</b> 81,63°  <b>Ángulo reposapiés</b> 67,77°  <b>Dimensión del pistón</b> 218,33 mm                 </p>	
<p> <b>Ángulo respaldo</b> 124,99°  <b>Ángulo del pistón</b> 76,00°  <b>Ángulo reposapiés</b> 60,72°  <b>Dimensión del pistón</b> 206,30 mm                 </p>	
<p> <b>Ángulo respaldo</b> 130,19°  <b>Ángulo del pistón</b> 69,76°  <b>Ángulo reposapiés</b> 53,33°  <b>Dimensión del pistón</b> 196,63 mm                 </p>	
<p> <b>Ángulo respaldo</b> 134,8°  <b>Ángulo del pistón</b> 63,98°  <b>Ángulo reposapiés</b> 46,72°  <b>Dimensión del pistón</b> 187,07 mm                 </p>	



<p> <b>Ángulo respaldo</b> 140°  <b>Ángulo del pistón</b> 57,12°  <b>Ángulo reposapiés</b> 39,14°  <b>Dimensión del pistón</b> 176,73 mm         </p>	
<p> <b>Ángulo respaldo</b> 144,95°  <b>Ángulo del pistón</b> 50,21°  <b>Ángulo reposapiés</b> 31,69°  <b>Dimensión del pistón</b> 167,42 mm         </p>	
<p> <b>Ángulo respaldo</b> 150°  <b>Ángulo del pistón</b> 42,70°  <b>Ángulo reposapiés</b> 23,66°  <b>Dimensión del pistón</b> 158,60 mm         </p>	
<p> <b>Ángulo respaldo</b> 155,09°  <b>Ángulo del pistón</b> 34,51°  <b>Ángulo reposapiés</b> 14,82°  <b>Dimensión del pistón</b> 152,49 mm         </p>	
<p> <b>Ángulo respaldo</b> 160°  <b>Ángulo del pistón</b> 25,04°  <b>Ángulo reposapiés</b> 5°  <b>Dimensión del pistón</b> 149 mm         </p>	

#### 4.4. Justificación formal para cada una de los componentes

En este apartado se muestra la justificación de la selección de cada una de las piezas, además del motivo de la forma de las piezas no estandarizadas.

##### 4.4.1. Conector tubo respaldo

Este elemento es el encargado de unir el respaldo de la silla con el asiento de ésta, a la vez que permite la basculación del respaldo respecto del asiento un máximo de 55° tal y como se ha expuesto en apartados anteriores.

##### 4.4.1.1. Justificación de su elección

El motivo de su elección ha sido, principalmente, la posibilidad de articular la unión permitiendo que uno respecto de otro pueda rotar. Hay que mencionar que no es la única unión que permite dicho movimiento, pero era la que mejor se adaptaba al tubo del asiento a la vez que al del respaldo (Figura 4.21):



**Figura 4.21.** Movimiento de Conector tubo respaldo

Otro apartado a considerar, es que la empresa Ganter Griff dispone de esta pieza en distintos materiales, tales como aluminio y acero inoxidable, pero para evitar cualquier par galvánico entre los tubos del asiento y el respaldo con la unión, se decide aplicar la opción de Aluminio recubierto con de plástico negro con textura fina. Esta pieza viene con los 3 tornillos DIN 912 incluidos.

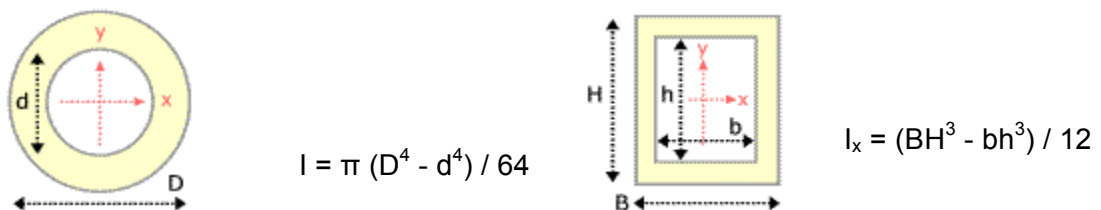
Finalmente mencionar que el diámetro interior de esta unión se correspondía con el diámetro exterior de los tubos que se deben adherir a él, en este caso 25 mm, tal y como se puede observar en el anexo.

#### 4.4.2. Tubo asiento

Este elemento es de los más importantes en toda la silla puesto que tiene la función de soportar el peso del paciente, realizar la función de bancada y permitir la unión del asiento a él, así como del mecanismo articulado paralelogramo y el reposabrazos:

##### 4.4.2.1. Justificación de la forma

El motivo de la elección de un tubo circular se debe a que la gran mayoría de sillas en el mercado los utilizan, debido a la falta de cantos vivos, motivo muy importante para el tipo de paciente con el que se trata. También hay que mencionar que el momento de inercia de un tubo cilíndrico es menor a uno rectangular o cuadrado, pero igualmente se sabe que el tubo cilíndrico soportará los esfuerzos a los que esté solicitado. Esto se demuestra a continuación con la figura 4.22:



**Figura 4.22.** Comparación entre momento de inercia de un tubo redondo y rectangular

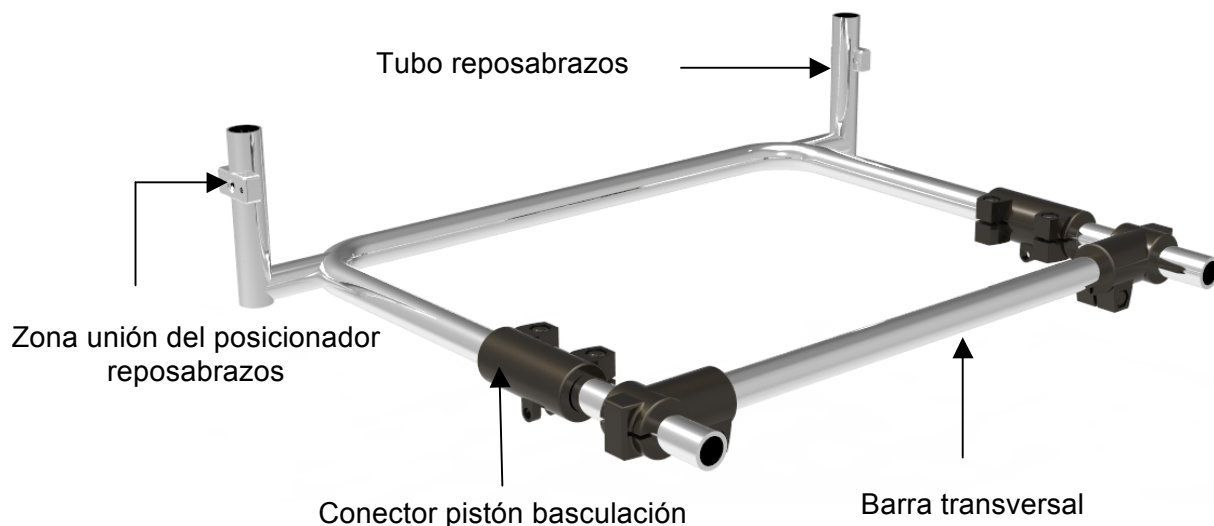
Si  $D=B=H$  y el espesor es igual en ambos tubos, el momento de inercia del tubo rectangular siempre será mayor al de la sección circular.

El material de este tubo es el aluminio 6063 T6, debido a su resistencia a la corrosión así como su baja densidad respecto de la del acero inoxidable.

El tubo tiene forma U, para poder adaptarse con mayor facilidad al cuerpo del paciente, siendo redondeados los cantos vivos de las esquinas con el radio mínimo que asegura un doblado correcto de los tubos. Esto se debe a que hay que evitar la aparición de esquinas, puesto que pueden ser peligrosas además de ser un punto de acumulación de tensiones.

El tubo del asiento además contiene los permiten la de unión de la pieza que permite aherir el pistón de basculación a él, actuando el tubo como bancada, la unión del reposabrazos y del posicionador que permita rotar el reposabrazos (Figura 4.23). Hay que mencionar que este posicionador se sitúa lo más alejado posible del paciente para evitar que pueda interactuar con él, puesto que sería muy peligroso que tocará el posicionador cuando se encuentra en la posición más elevada.

Otro apartado a destacar es la incorporación de un barra transversal mediante piezas de unión para aportar estabilidad y resistencia al asiento.



**Figura 4.23.** Zonas del tubo asiento

#### 4.4.3. Acoplador cuadrilátero paralelogramo

Es el encargado de transmitir la fuerza de ayuda proporcionada por el pistón de elevación al tubo asiento con el fin de permitir aumentar la altura y conservar la estabilidad de la silla. A él se articulan las bielas que completan el cuadrilátero y las abrazaderas que permiten la unión directa al tubo.

##### 4.4.3.1. Justificación de la forma

La forma de esta pieza viene muy marcada por las dimensiones de las piezas que se unen a ella, además de tener que cumplir con ciertas medidas para que el mecanismo funcione tal y como se desea. Por otra parte, la pieza está redondeada para evitar el ya mencionado problema de los cantos vivos.

Como característica a destacar es el de la eliminación de material en la zona interior, el motivo de ello es reducir al máximo el peso de la pieza sin alterar sus propiedades mecánicas.

En la figura 4.24, se puede observar con mayor precisión la forma de la pieza, donde se pueden apreciar los orificios para la fijación de las abrazaderas (orificios pequeños) y los orificios para la fijación de las bielas (los grandes):



**Figura 4.24.** Forma acoplador cuadrilátero paralelogramo, donde se puede apreciar la forma de y los orificios para las bielas y las abrazaderas

El material empleado es aluminio 6063 T6, para evitar el par galvánico posible al entrar en contacto con la abrazadera y por su resistencia a la corrosión.

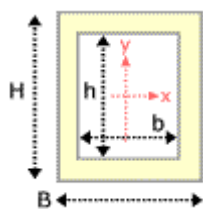
#### 4.4.4. Biela delantera cuadrilátero paralelogramo

Elemento que une la bancada con el acoplador permitiendo con ello el movimiento de la silla, además sobre él actuará el pistón de elevación.

##### 4.4.4.1. Justificación de la forma

La forma de esta pieza viene determinada por la necesidad de unir la bancada con el acoplador, a su vez que cumple una longitud específica que permite al mecanismo adquirir los 900 mm de altura.

Por lo tanto, la forma de la pieza es un prisma rectangular, con los extremos redondeados con extrusiones cilíndricas para permitir las uniones a la bancada, acoplador y pistón. Se ha decidido que la pieza tenga la disposición de la figura 4.26 puesto que el momento que es capaz de soportar es mayor tal y como se demuestra a continuación (figura 4.25):



**Figura 4.25.**

Momento de inercia respecto el eje X de un tubo rectangular

##### Caso 1

$$I_x = (BH^3 - bh^3) / 12$$

Siendo  $H > B$

Siendo  $h > b$

Espesor cte.

##### Caso 2

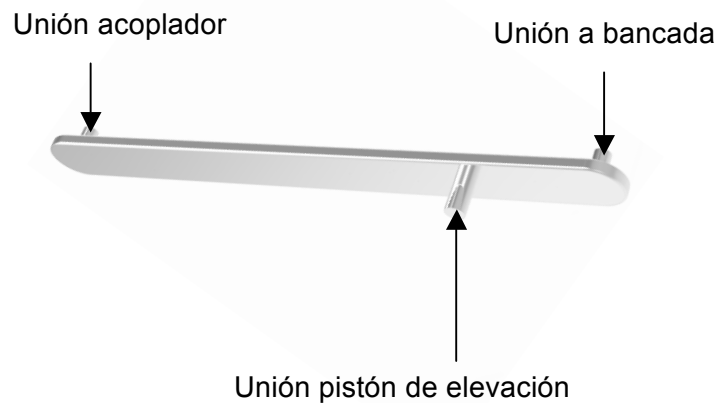
$$I_x = (BH^3 - bh^3) / 12$$

Siendo  $H < B$

Siendo  $h < b$

Espesor cte.

El momento de inercia en el caso 1 siempre será mayor.



**Figura 4.26.** Biela 2 cuadrilátero paralelogramo, donde se puede apreciar las uniones para la bancada, pistón y acoplador respectivamente

Para la biela 2 del cuadrilátero paralelogramo el motivo de formas es el mismo, la única diferencia es que no incorpora unión al pistón de elevación.

#### 4.4.5. Pistón de elevación

Es el encargado de ayudar al cuidador a elevar la silla transmitiendo una fuerza constante sobre la biela del cuadrilátero paralelogramo.

##### 4.4.5.1. Justificación de su elección

Para este caso en particular se requería de un pistón rígido bloqueable a tracción, puesto que en su interior contienen aceite en vez de aire, la gran diferencia con los pistones elásticos bloqueables. Otra característica importantísima para seleccionar este pistón ha sido que los rígidos bloqueables mantienen la posición en los que se les bloquea, mientras que los pistones elásticos pueden llegar a recular su posición debido al mero hecho de ser elásticos [16].

También hay que considerar el material del pistón, el cual es de acero inoxidable, y de alta resistencia a ambientes corrosivos tal y como informa su proveedor Stabilus. Otros aspectos a considerar han sido la fuerza del pistón, las dimensiones de éste (previamente justificados) y los accesorios que estos incorporan, tales como las uniones para fijarlos o las manetas de doble actuador; esto último se refiere que sólo con activar una maneta, los dos pistones que facilitan la elevación de la silla actúan a la vez, permitiendo con ello estabilidad y seguridad, véase figura 4.27:



**Figura 4.27.** Pistón Stabilus rígido bloqueable a tracción para la elevación

#### 4.4.6. Ruedas traseras

Son las encargadas de soportar todo el peso de la silla más el del paciente que se sentará en ella, repartido entre las tres ruedas de las que dispone. La otra función importantísima es la de permitir la movilidad, lo cual es vital para los trasposos del paciente, así como el transporte del lugar donde se encuentre el usuario hasta el lavabo. Son fijas, no permiten giro. Se ha escogido un modelo con el freno de disco ya unido para mayor facilidad de montaje.

##### 4.4.6.1. Justificación de su elección

El motivo principal de la elección de estas ruedas era que fueran neumáticas, para adaptarse mejor a la inclinación de un 2% de la que dispone la ducha según UNE 41523 *Accesibilidad en la edificación en espacios higiénico-sanitarios*, y evitar posibles obstáculos que se pudieran presentar durante el trayecto del paciente con mucha más facilidad respecto a ruedas rígidas.

Finalmente, la elección de este modelo ha sido por su estética, puesto que las ruedas industriales eran demasiado robustas y poco atractivas visualmente (figura 4.28), mientras que las ruedas destinadas a sillas de ruedas no cumplían con las dimensiones, ya que disponían de un diámetro demasiado elevado o demasiado bajo. Además también ofrecía la posibilidad de adherirle un freno de disco estandarizado.



**Figura 4.28.** Comparación entre la rueda seleccionada (izquierda) y la rueda industrial (derecha)



Se trata de unas ruedas con llantas de 5 radios fabricadas de aleación; Acero, Aluminio y Magnesio. Este tipo de rueda es algo más cara que las fabricadas con polímero o chapa, pero se ha escogido por estética y a la vez por argumentos técnicos.

Este tipo de ruedas tienen una rigidez mucho mayor y una mayor resistencia a los impactos y las deformaciones.

La parte de rodadura o contacto con el suelo es el caucho, similar a los neumáticos con dibujo de las motocicletas.

El tipo de disco de freno que lleva acoplado es mediante disco de freno perforado de aleación también, tiene un tamaño de 160mm.

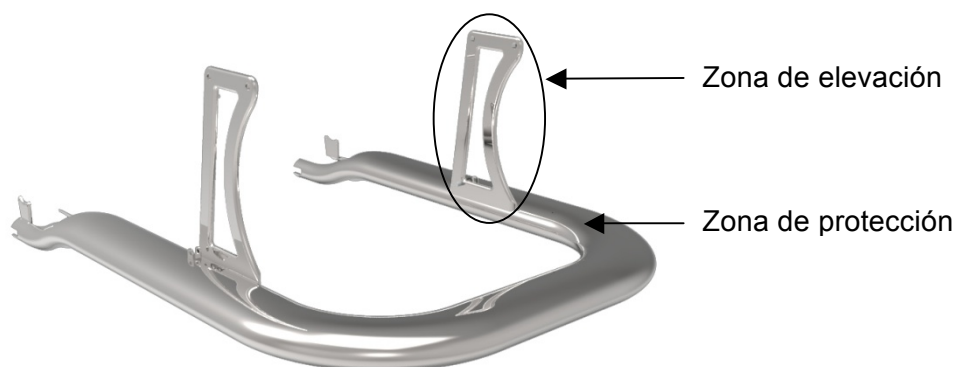
La decisión de la elección del tipo de freno ha sido motivada por la frenada confiada que otorga este sistema en todas las condiciones, incluido las condiciones de humedad y agua del aseo, y permiten por sus orificios evacuar el agua del sistema de frenado.

#### 4.4.7. Base

La base es el elemento encargado de permitir la unión del cuadrilátero articulado paralelogramo, las ruedas tanto delanteras como traseras, el pistón de elevación y el reposapiés. Dispone de unos resaltes cilíndricos soldados sobre los cuales recae la función de limitar las dos posiciones límite, a mínima altura y máxima altura. Evitando que el pistón delimite dichas posiciones, ya que sería poco preciso y la vida útil de éste se vería reducida.

##### 4.4.7.1. Justificación de su forma

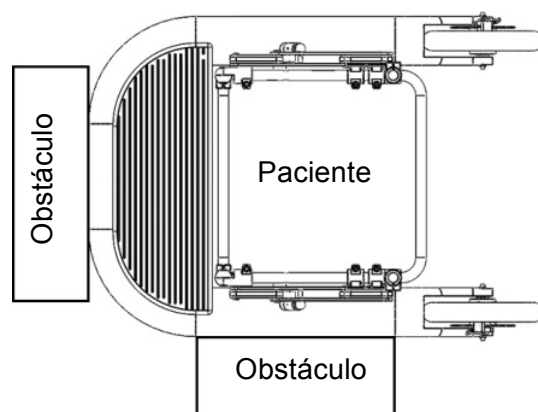
La base se puede dividir en dos zonas claramente diferenciadas, tal y como se puede observar en la figura 4.29:



**Figura 4.29.** Base con las dos zonas diferenciadas, zona de protección y zona de elevación.

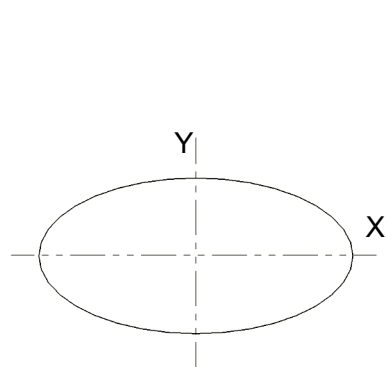
#### 4.4.7.1.1. Zona de protección

Esta zona se ha decidido llamarla así puesto que todo el conjunto de elementos que conforman la silla queda en su interior, provocando que el paciente quede totalmente envuelto por esta estructura. Esto se desea puesto que se pretende evitar que el cuidador mientras transporte la silla con el paciente sentado, sufra un descuido y golpee la silla contra la pared o cualquier otro obstáculo. Por ello si tiene que chocar contra algo, mejor que sea contra el chasis que no contra cualquier parte del cuerpo del paciente (Figura 4.30):

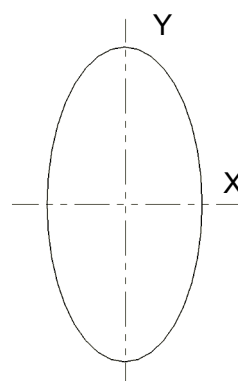


**Figura 4.30.** Ejemplo de impacto contra obstáculos

Esta zona está formada por un tubo elipsoidal el cual permite la unión de las ruedas traseras y delantera. El motivo de la elección de este tipo de tubo respecto a uno circular o rectangular es puramente estético, además de proporcionar la zona de protección anteriormente mencionada. Otro aspecto a considerar es la posición en la que se sitúa, es decir, al tratarse de una elipse se pueden considerar dos opciones:



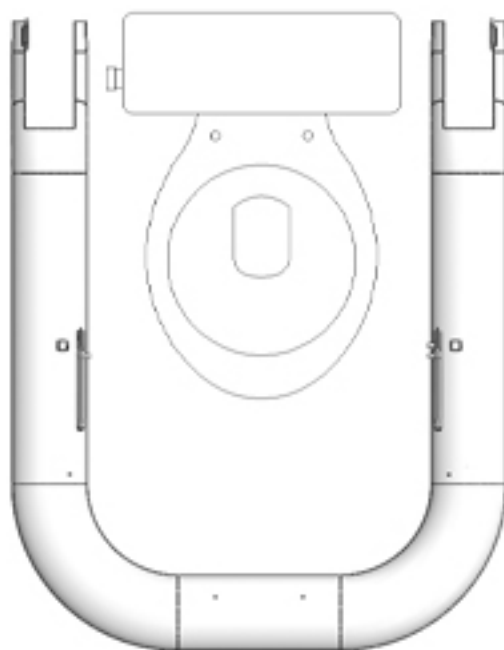
**Opción 1.** Eje mayor paralelo al eje X



**Opción 2.** Eje mayor paralelo al eje Y

Finalmente se decanta por la opción 1, puesto que para posicionar las ruedas traseras se requiere de una anchura que permita el paso de éstas, lo cual sólo lo proporciona dicha opción. Aunque se sabe que posicionándolo como en la opción 2 la base será mucho más resistente a los momentos que se puedan originar. Sin embargo, la opción 1 también será capaz de soportarlos.

En cuanto a la forma de U de la que dispone viene determinada por la acción de poder posicionar al paciente sobre el inodoro, además de permitir el acceso por las puertas, véase figura 4.31:



**Figura 4.31.** Justificación de la forma de U

#### **4.4.7.1.2. Zona de elevación**

Esta zona es la que permite adquirir al mecanismo la altura mínima requerida de 510 mm. En cuanto a la forma se ha decidido mantener las formas curvadas para reducir con ello la agresividad visual que pudiera generar, además de evitar las esquinas. Hay que recordar que las dimensiones vienen marcadas por los elementos que se unen como las bielas del cuadrilátero paralelogramo, pistón de elevación. Finalmente mencionar que para poder reducir el peso de la pieza se ha perforado la zona central.

#### 4.4.8. Rueda delantera

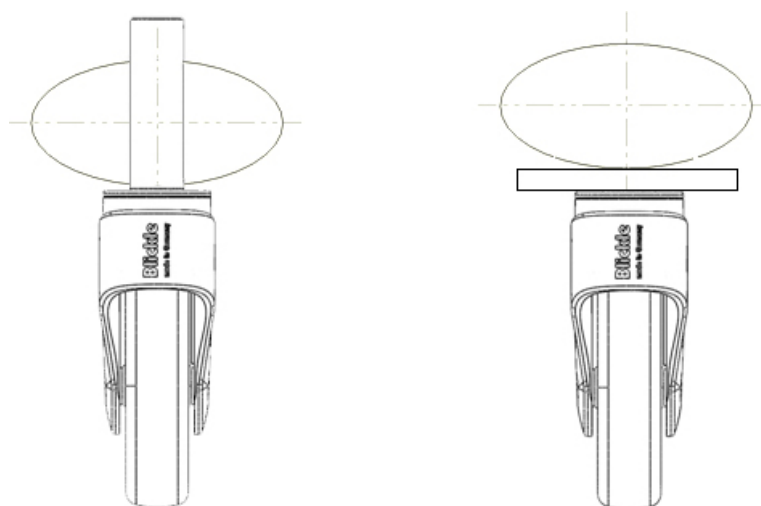
Es la encargada junto con las ruedas traseras de soportar el peso de toda la silla y el del paciente, pero también permitir el giro para poder cambiar la dirección durante el trayecto.

##### 4.4.8.1. Justificación de su elección

En el mercado hay una gran cantidad de ruedas que cumplan con los requerimientos deseados, tales como permitir el giro, silenciosas durante la rodadura, capaz de soportar el peso de la silla más el del paciente y resistente a la corrosión.

Se ha recurrido para la búsqueda exhaustiva a la empresa Blickle especialistas en ruedas y se busca la rueda que mejor se adapte a la silla.

Hay que considerar que para poder unir la rueda a la base se requerirá de una espiga, puesto que una platina atornillable no quedará suficientemente bien adaptada a la superficie elíptica de ésta, tal y como se muestra en la figura 4.32:



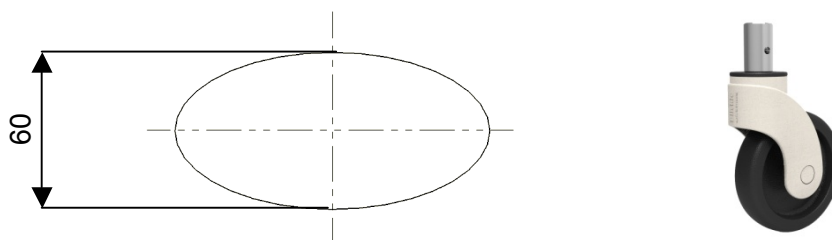
**Figura 4.32.** Unión de rueda delantera con vástago (izquierda) o con platina atornillable (derecha)

Existen dos tipos de familia que incluyen espiga, por lo tanto, la selección estará entre la ruedas de material sintético y ruedas con banda de rodadura de goma y de goma maciza estándar. Finalmente por motivos estéticos se decide escoger las ruedas de material sintético.

Dentro de las ruedas de material sintético se escogen las ruedas con espiga, de 125 mm de diámetro. Además también está la opción de escoger entre que sean de casquillo liso o

cojinete a bolas para facilitar el giro de la rueda. En este caso se ha decidido el cojinete a bolas para facilitar el giro de la rueda, ya que con el casquillo liso se generará más fricción.

Por último se escoge la rueda con la espiga de 62 mm de altura, debido a que el eje menor de la base elíptica mide 60 mm, tal y como se observa en la figura 4.33:



**Figura 4.33.** Longitud del eje menor de la base (izquierda) y la rueda seleccionada (derecha)

#### 4.4.9. Connector tubo asiento reposapiés

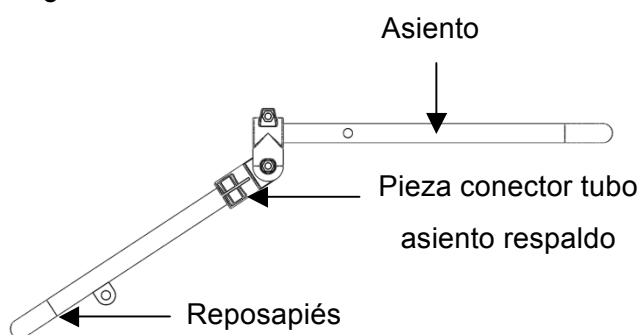
Este elemento es el encargado de unir el reposapiés de la silla con el asiento de ésta, a la vez que permite la basculación del reposapiés respecto del asiento un máximo de  $85^\circ$  tal y como se ha expuesto en apartados anteriores.

##### 4.4.9.1. Justificación de su selección

El motivo de su elección ha sido, principalmente, la posibilidad de articular la unión permitiendo que uno respecto del otro pueda rotar. Como se puede observar en la figura 4.34, la pieza no es la misma que en el conector tubo respaldo, debido a que dejaba el centro de rotación por debajo del asiento figura 4.35:

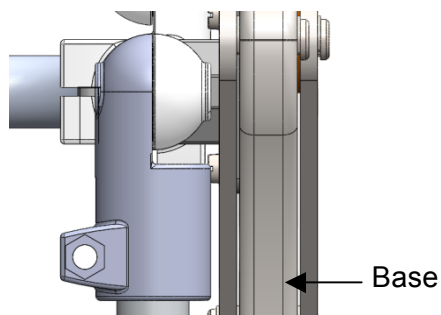


**Figura 4.34.** Unión conector tubo reposapiés

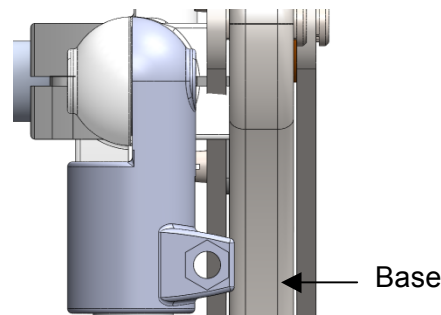


**Figura 3.35.** Centro de rotación demasiado bajo

La unión se posiciona tal y como se muestra en la figura 4.36 debido a que, si se posicionara a la inversa, durante el proceso de elevación la pieza golpearía contra la zona de elevación de la base figura 4.37.



**Figura 4.36.** Unión conector tubo reposapiés actual



**Figura 4.37.** Unión conector tubo reposapiés golpeando a la base

La pieza de la empresa Ganter Griff dispone de esta pieza en distintos materiales, para evitar cualquier par galvánico, se opta por el Aluminio recubierto con de plástico negro con textura fina. El diámetro interior de la pieza coincide con el diámetro exterior de los tubos que irán alojadas en su interior, como se puede observar en el anexo será de 25mm

#### 4.4.10. Abrazadera

Es la pieza encargada de sujetar el tubo del asiento respecto del acoplador del mecanismo cuadrilátero articulado paralelogramo. Su principal función es proporcionar una óptima sujeción a la vez que aportar estabilidad durante la elevación y simetría.

##### 4.4.10.1. Justificación de su selección

Es la que mejor se adaptaba al acoplador, además de aportar mayor superficie de sujeción con respecto el resto, como se muestra en la figura 4.38:



**Figura 4.38.** Abrazadera seleccionada (izquierda) y otro ejemplo de abrazadera con poca superficie de sujeción (izquierda)

También se opta por el Aluminio recubierto con de plástico negro con textura fina. Esta pieza incluye los 4 tornillos DIN 7380 y el DIN 912.

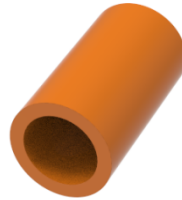
Finalmente mencionar que el diámetro interior de esta unión se correspondía con el diámetro exterior de los tubos que se deben adherir a él, en este caso 25 mm, tal y como se puede observar en el anexo.

#### **4.4.11. Casquillo auto-lubricante**

Es el encargado de reducir la fricción en los puntos articulados durante la trayectoria de elevación.

##### **4.4.11.1. Justificación de su selección**

El motivo principal es que al ser de bronce permite un auto-lubricado, debido a la porosidad del material, el cual cuando el pasador empieza a girar genera una película de lubricante entre el casquillo y el pasador. Cuando para de girar, el lubricante vuelve a ser absorbido por la porosidad debido a la capilaridad [17]. Las dimensiones vienen marcadas por el diámetro exterior del pasador cilíndrico de las bielas y por el diámetro interior del orificio de la bancada, así como de su profundidad (figura 4.39).



**Figura 4.39.** Casquillo auto-lubricante seleccionado

#### **4.4.12. Anillo de seguridad**

Es el encargado de retener las bielas en su posición, evitando la translación y permitiendo solo el giro respecto de un eje.

##### **4.4.12.1. Justificación de su selección**

Viene marcado simplemente por la capacidad de unirse al diámetro exterior del pasador de bielas, figura 4.40:



**Figura 4.40.** Anillo de retención seleccionado



#### 4.4.13. Tubo reposapiernas

Esta pieza es uno de los elementos que permite la basculación del sistema, el cual se adhiere al asiento mediante el conector tubo reposapiés.

##### 4.4.13.1. Justificación de la forma

Las dimensiones de este tubo vienen marcadas por la longitud que ha de tener para conseguir una relación de ángulos deseada durante la basculación y el diámetro ha de ser de 25 mm para poder fijarse al conector tubo reposapiés. Las esquinas están redondeadas para reducir la concentración de tensiones y evitar daño a los usuarios. El material es aluminio 6063 T6, para evitar la corrosión galvánica, figura 4.41:



**Figura 4.41.** Tubo reposapiernas

#### 4.4.14. Grapas para tubos

Son las encargadas de unir el acolchado del respaldo, del asiento y del reposapiernas de la silla con el chasis. Hay que mencionar que el tipo de unión aporta estabilidad y seguridad, ya que evita que se puedan desplazar lateralmente.

##### 4.4.14.1. Justificación de su selección

Se debe básicamente a su fácil instalación, aportando con ello rapidez de montaje y desmontaje. También el hecho de usar este tipo de unión permite que el producto sea más higiénico debido a que se puede extraer sin necesidad de herramientas los acolchados para un lavado más exhaustivo. Sus dimensiones vienen marcadas puesto que se necesita que se adapte a los tubos de 25 mm de diámetro.

El material escogido es nylon, para evitar pares galvánicos, e incluyen sus respectivos tornillos DIN 965 para unirlos, véase figura 4.42:



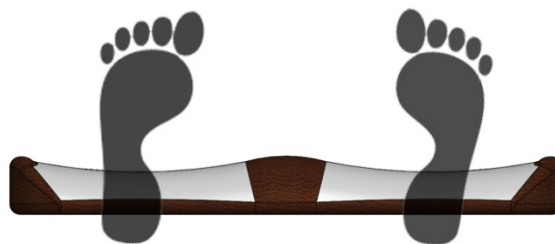
**Figura 4.42.** Grapa de fijación para tubos de Ø25mm

#### 4.4.15. Acolchado reposapiernas

Es el encargado de distribuir uniformemente el peso de las piernas para evitar la aparición de úlceras por presión, además de aportar comodidad al usuario y atractivo visual a la silla.

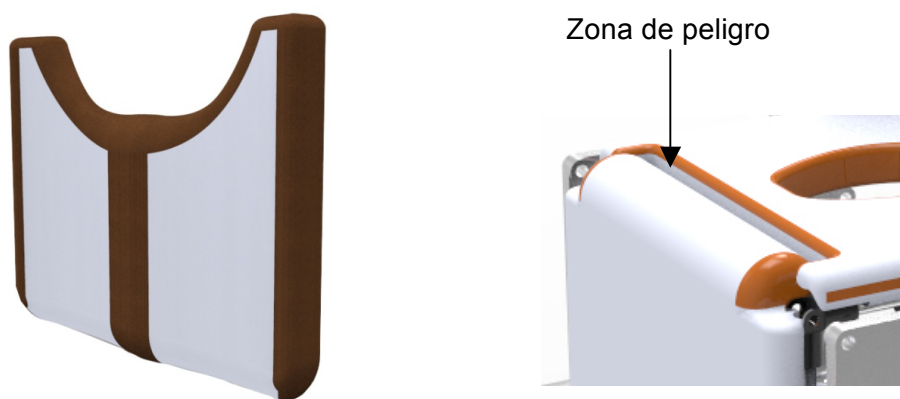
##### 4.4.15.1. Justificación de su forma

Las longitudes vienen determinadas por el estudio antropométrico y ergonómico previamente hecho. Además se puede apreciar la forma convexa para facilitar la estabilidad y posicionamiento de las piernas del paciente con un diseño más envolvente, véase figura 4.43. Todo ha sido redondeado para facilitar la evacuación de agua y proteger al paciente:



**Figura 4.43.** A la izquierda se aprecia la forma convexa

También incorpora un vaciado en la parte central superior en forma de U, esto se debe a que facilita la evacuación de agua, además de ser más seguro que si se hubiera hecho todo recto, puesto que durante la basculación podría verse atrapada la piel del paciente entre el acolchado del asiento y del reposa piernas (figura 4.44):



**Figura 4.44.** A la izquierda el vaciado en forma de U; a la derecha el reposapiernas todo recto con la zona de peligro para el paciente

#### 4.4.16. Acolchado del asiento

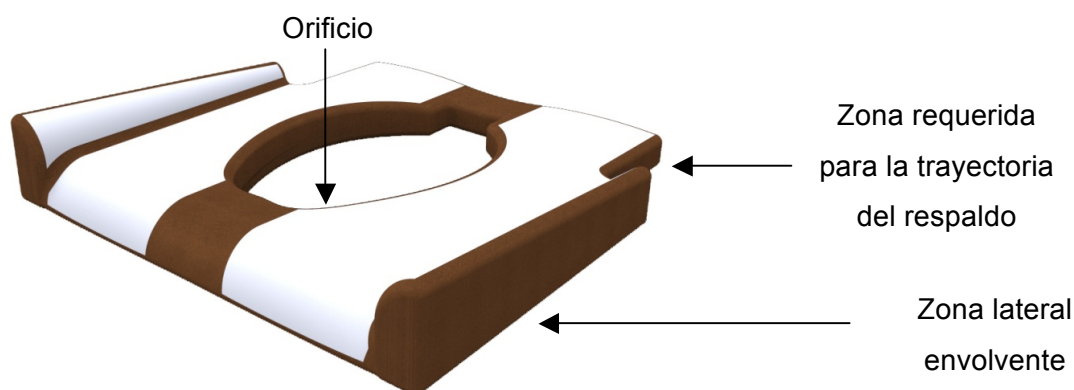
Es el encargado de distribuir uniformemente el peso de los muslos para evitar la aparición de úlceras por presión. También incorpora un orificio para que el paciente pueda evacuar sobre el inodoro sin necesidad de bajar de la silla. Aporta comodidad al usuario además proporcionar atractivo visual a la silla.

##### 4.4.16.1. Justificación de su forma

Las dimensiones vienen determinadas por las dimensiones antropométricas y ergonómicas, pero también por la trayectoria de algunos elementos, como el respaldo, durante la basculación.

En cuanto a las dimensiones del orificio central que permite realizar las necesidades de los pacientes son las mismas de la silla que tienen los cuidadores de la Fundación Ave María. Esto se debe a que poseen una silla con un orificio que permite realizar las necesidades pero que a su vez impide que el paciente se pueda introducir dentro de él.

Además el asiento posee de zonas laterales más elevadas (tampoco mucho, puesto que si no dificultaría los traspasos), esto se debe puesto se ha querido realizar un diseño envolvente (figura 4.45):



**Figura 4.45.** Acolchado del asiento con las zonas principales

#### 4.4.17. Reposapiés

Es el encargado de aportar estabilidad al paciente mientras se encuentre sentado en la posición más baja de la silla.

##### 4.4.17.1. Justificación de su forma

Su forma viene influenciada por la base (forma en U) y el acolchado del reposapiernas (forma convexa de las piernas). Además, para evitar la acumulación de agua en esta zona, se ha agujereado, véase figura 4.46:



**Figura 4.46.** Justificación de la forma del reposapiés.

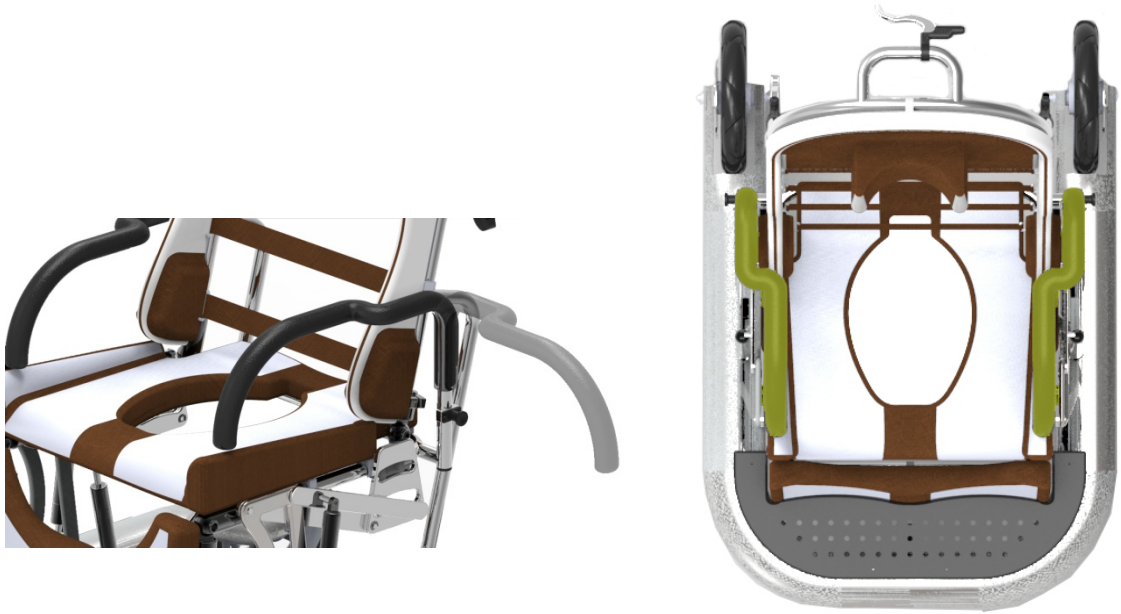
Esta pieza irá atornillada a la base mediante tornillos DIN 7380.

#### 4.4.18. Reposabrazos

Tal y como se ha podido apreciar en la secuencia de uso de las sillas de ducha actuales, los reposabrazos no se utilizan como tal, más bien como barrera que impida el desplazamiento lateral del paciente evitando con ello la caída de la silla.

##### 4.4.18.1. Justificación de la forma

La forma de los reposabrazos está relacionada con la función que realizan. Así pues son largos para poder abarcar el máximo de superficie posible del asiento aportando con ello más seguridad, puesto que para el paciente caerse de la silla será más difícil. Están formados por tubos circulares para permitir la rotación respecto del tubo del asiento. Finalmente mencionar que para asegurar un diseño envolvente los reposabrazos realizan una curva para acercarse al paciente (figura 4.47):



**Figura 4.47.** Imágenes de la forma del reposabrazos. A la izquierda se aprecia la rotación respecto del tubo del asiento; A la derecha se destacan en amarillo la forma curvada para acercarse al máximo al paciente.

#### 4.4.19. Posicionador reposabrazos

Permiten el desbloqueo de los reposabrazos, permitiendo con ello la rotación y la extracción de éstos.

##### 4.4.19.1. Justificación de su selección

Se debe a su facilidad de uso e intuición, incluso con las manos mojadas además de aportar la estabilidad necesaria.

Se adapta mediante dos tornillos avellanados DIN 965. La pletina es de Zamak cincado mientras que el resto es de poliamida, figura 4.48:



**Figura 4.48.** Imagen de los posicionadores de los reposabrazos y sus tornillos

#### 4.4.20. Tapones tubo asiento

Se encargan de taponar el agujero que quedaría en el tubo si no se aplicara dicho elemento, evitando con ello que el paciente pudiera introducir los dedos en su interior y dañarse, así como la acumulación de sustancias innecesarias en su interior.

##### 4.4.20.1. Justificación de su selección

El diámetro interior del tubo coincide con el exterior del tapón. El material del cual está hecho es el polietileno, se coloca mediante presión, véase figura 4.49:



Figura 4.49. Imagen del tubo

#### 4.4.21. Reposacabezas

Es el encargado de aportar estabilidad a la cabeza del usuario, evitando que se desplace lateralmente y con ello pudiéndole causar algún daño al paciente y será adaptable en altura.

##### 4.4.21.1. Justificación de su forma

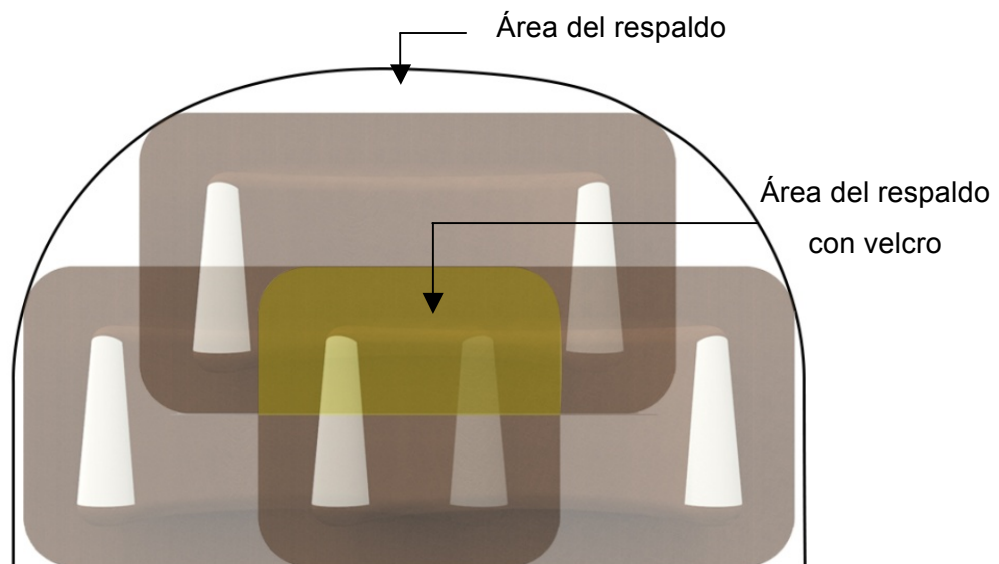
Se trata de un diseño envolvente, para garantizar que el usuario no sufre desplazamientos no deseados, tal y como se ha comentado anteriormente. Además este tipo de diseño, según los cuidadores de la Fundación Ave María, les gusta a sus pacientes debido a que se sienten más seguros (figura 4.50):



Figura 4.50. Imagen del reposacabezas y su función envolvente

Para poder facilitar al cuidador el posicionamiento del reposacabezas sobre el respaldo se ha decantado por un sistema de velcro, el cual siempre quedará oculto para que no entre en contacto con el paciente, mediante la forma rectangular que se le atribuye.

Si el reposacabezas se posicionara, dentro del área del respaldo que le toca, en las posiciones extremas se obtendrá un rectángulo central, destacado en amarillo en la figura 4.51, que dictaminará el área del respaldo que deberá ir con velcro. Con esto se obtendrá que para cualquier posición siempre quede oculto.



**Figura 4.51.** Imagen del reposacabezas en las posiciones extremas dentro del área del respaldo



#### 4.4.22. Respaldo

Es el encargado de aportar comodidad al tronco, a su vez que facilita el aseo de la espalda para el cuidador y permite que se adhiera el reposacabezas.

##### 4.4.22.1. Justificación de su forma

Como se ha venido comentando anteriormente, se requiere de un diseño envolvente, así pues en los laterales es lo que aparece. También se requiere de una zona para poder posicionar el reposacabezas y las tiras del respaldo, además de ocultar algunos componentes que no se desean que entren en contacto con el usuario. Como resultado de todo ello se ha obtenido el diseño de la figura 4.52:



**Figura 32.** Imagen del respaldo con las zonas más destacadas han decidido su forma

Como se puede apreciar en la figura 4.53 en el tubo para adherir las tiras, se le ha realizado un doblado hacia adentro en la parte final para evitar que las tiras se salgan, pero a la vez no impiden el montaje.



#### 4.4.23. Puños

Son los encargados de evitar que el cuidador sufra daños en las manos durante el empuje de la silla, además de proporcionar un tacto agradable y evitar que las manos se le resbalen durante su uso.

##### 4.4.23.1. Justificación de su selección

La selección se ha decantado por el hecho de ser antideslizantes y por disponer de una zona de agarre superior al resto, aportando con ello más seguridad y dificultad de que se resbalen las manos, figura 4.53:



**Figura 4.53.** Imagen de los puños de goma Grips

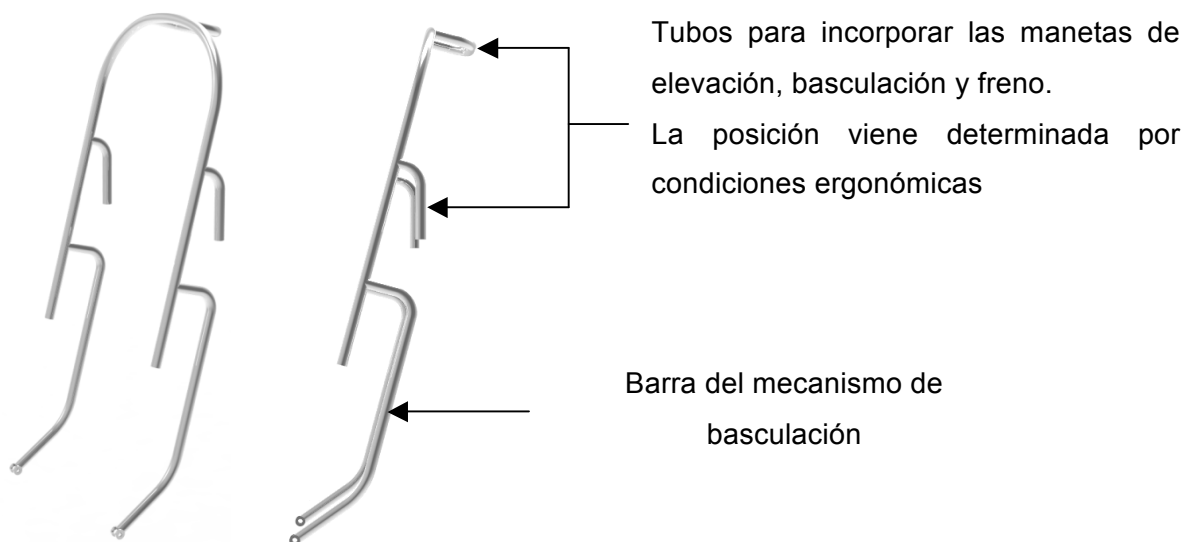
Otro motivo por el cual se ha decantado por estos puños ha sido que el diámetro interior de estos es de 25 mm, el mismo que el diámetro exterior del tubo.

#### 4.4.24. Tubo respaldo

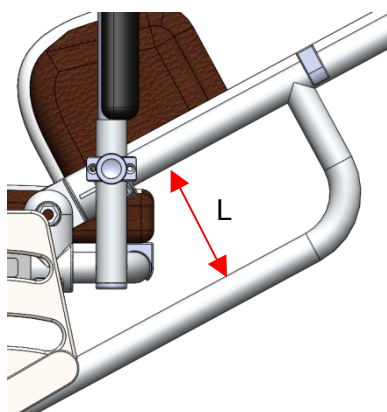
Es el tubo que permite que se adhieran a él las manetas de basculación, elevación y frenado. Además también se acopla a él el acolchado del respaldo mediante las grapas de nylon.

##### 4.4.24.1. Justificación de su forma

Viene muy determinado por las dimensiones antropométricas y ergonómicas, además de las dimensiones que requiere el sistema de basculación. El material empleado es el aluminio 6063 T6 al igual que el resto de tubos, para evitar la corrosión galvánica entre ellos. Se han evitado los cantos vivos por motivos ya comentados anteriormente, figura 4.54:



**Figura 4.54.** Imagen del tubo respaldo



**Figura 4.55.** Imagen de la distancia que impide golpearse con el tubo asiento durante la basculación

#### 4.4.25. Manetas

Serán las encargadas de activar los pistones de basculación o de elevación, además de ser la que permitirá el movimiento de la silla permitiendo el desbloqueo de los frenos.

##### 4.4.25.1. Justificación de su selección

Se han escogido unas manetas que se adaptarán al tubo, además de ser de aluminio para evitar la corrosión galvánica con éste. No se decide por un material plástico debido a que el elemento que genera problemas en estos elementos es el cable, no la maneta, figura 4.56:



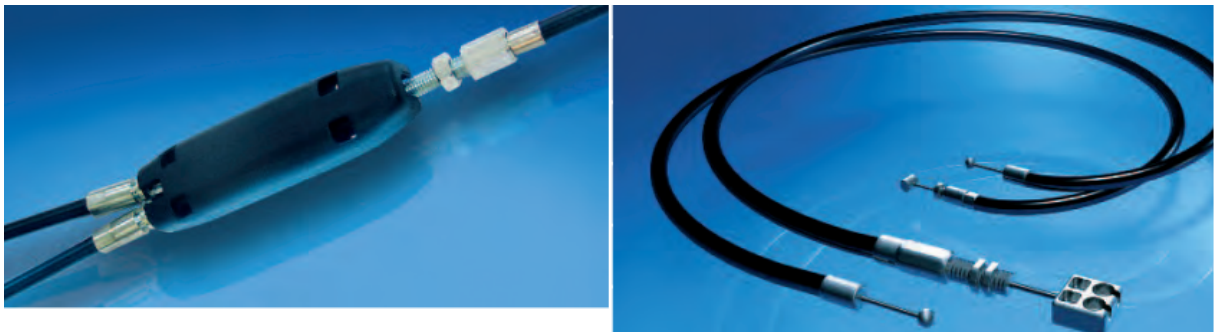
**Figura 4.56.** Imagen de las manetas seleccionadas a la izquierda; a la derecha imagen de la corrosión provocada por el cable de freno

#### 4.4.26. Cable para los pistones de basculación y elevación

Es el elemento que une la maneta con los pistones, permitiendo el desbloqueo de estos

##### 4.4.26.1. Justificación de su selección

Ha de tratarse de un tipo de cable impermeable pensado para soportar las situaciones de clima más extremas, y también ha de ser capaz de desbloquear dos pistones o las dos pinzas de frenos traseras de forma simultánea con una sola maneta de activación, por ello se ha seleccionado un cable con Splitter, con una conexión de 2 a 1, como se muestra en la figura 4.57:



**Figura 4.57.** Imagen del cable seleccionado

#### 4.4.27. Patilla

Es la encargada de aumentar la estabilidad de la silla, aportando con ello más seguridad al cuidador para realizar su trabajo, véase figura 4.58:



Figura 4.58. Imagen de la patilla escogida

##### 4.4.27.1. Justificación de su selección

Se ha basado en que fuera de alta resistencia para soportar todo el peso de la estructura y el del paciente más pesado. También se ha valorado que basculara para que quedara oculta en caso de no utilizarse. El material es el acero inoxidable.

#### 4.4.28. Conjunto bolsillo

Está pensado para depositar en su interior aquello que el cuidador necesite para el aseo, tales como jabones, champús, crema hidratante, esponja y guantes de látex [3].

##### 4.4.28.1. Justificación de la forma

Las dimensiones vienen muy marcadas por lo envases de jabón que se suelen emplear para realizar el baño, que tienden a ser de 25 mm de altura, teniendo en cuenta los envases de los que disponen en la Fundación Ave María de Sitges, figura 4.59:



Figura 4.59. Imagen del bolsillo con los jabones en su interior

#### 4.4.29. Pinza del freno de disco

Es la que permite bloquear la rueda mediante la activación de la maneta de freno.

##### 4.4.29.1. Justificación de su selección

Se debe principalmente a que es una pinza estándar, es decir, no requiere de elementos de marcas específicas para la unión al disco. Hay que destacar que otro motivo de la selección ha sido que está destinada a discos de 160 mm, como el de la rueda, véase figura 4.60.



**Figura 4.60.** Imagen de la pinza estándar seleccionada

#### 4.4.30. Cinturón de seguridad

Es el encargado de evitar que el paciente se pueda caer de la silla, proporcionando con ello más seguridad tanto al cuidador como al paciente, pero a la vez permite libertad de movimiento de las extremidades inferiores y superiores.

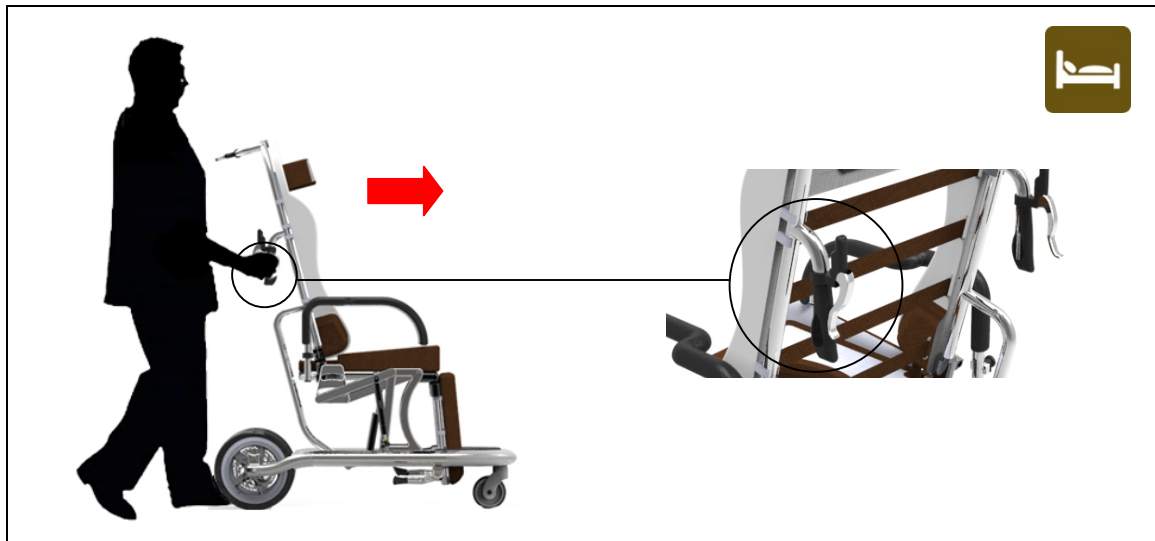
##### 4.4.30.1. Justificación de su elección

El motivo de su selección es que se trata de un cinturón normalizado, el cual se fija mediante velcro para una colocación sencilla y rápida. Se trata de un cinturón suave al tacto, propiedad muy importante para el paciente, véase figura 4.61:



**Figura 4.61.** Imagen del cinturón seleccionado

4.5. Secuencia de uso la silla diseñada.



1. Movimiento de la silla apretando maneta izquierda



2. Bascular reposabrazos estirando del posicionador



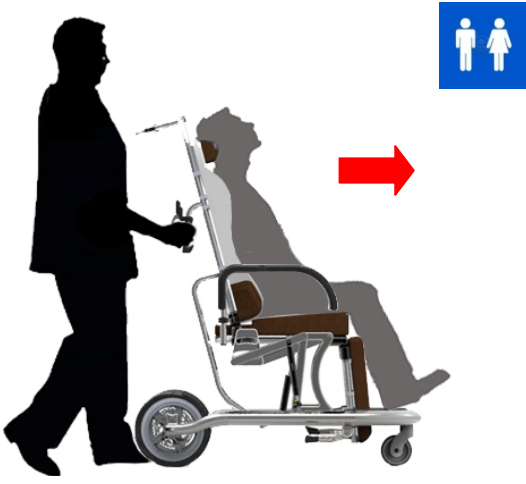




3. Bajar las patillas laterales



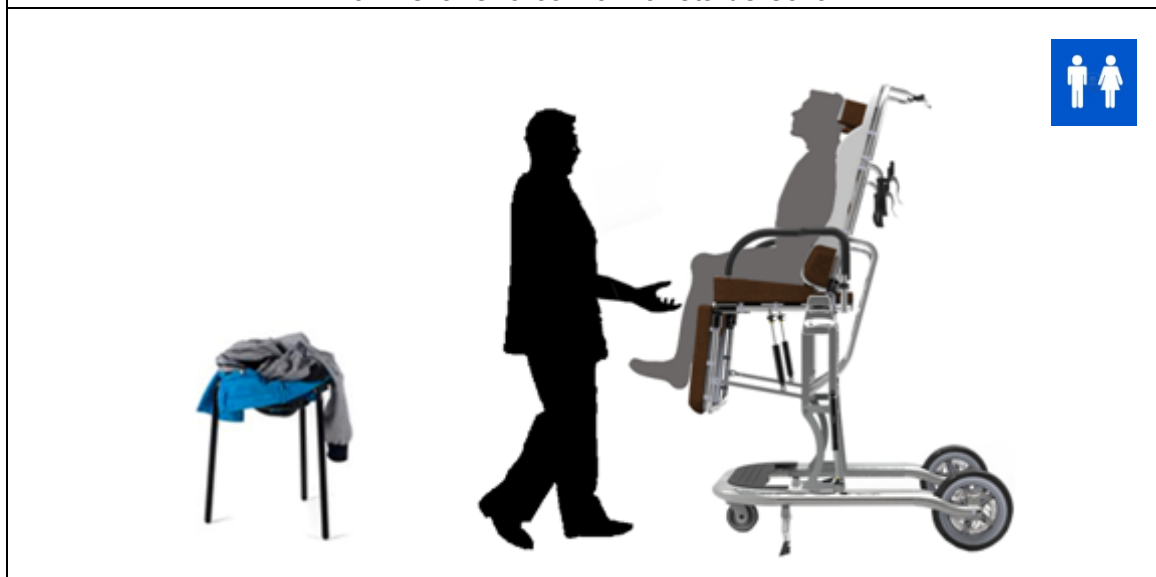
4. Realizar traspaso



 <p>5. Poner cinturón</p>	 <p>6. Dejar que realice sus necesidades</p>
 <p>7. Llevar a la ducha</p>	 <p>8. Comprobación del equipo</p>
 <p>9. Lavarse las manos y ponerse los guantes de látex</p>	



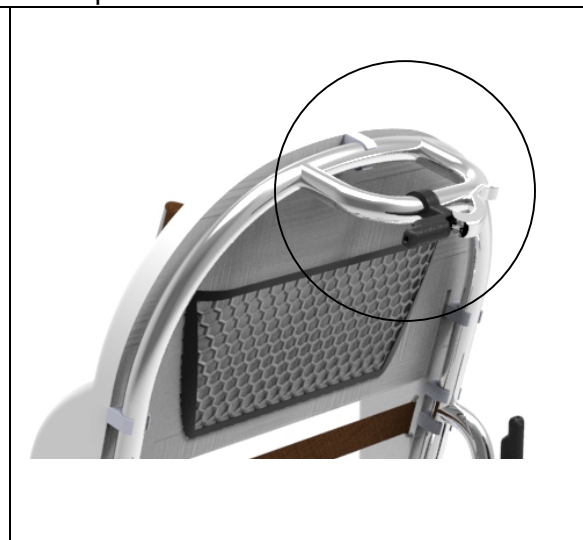
10. Elevar silla con la maneta derecha



11. Retirar la ropa

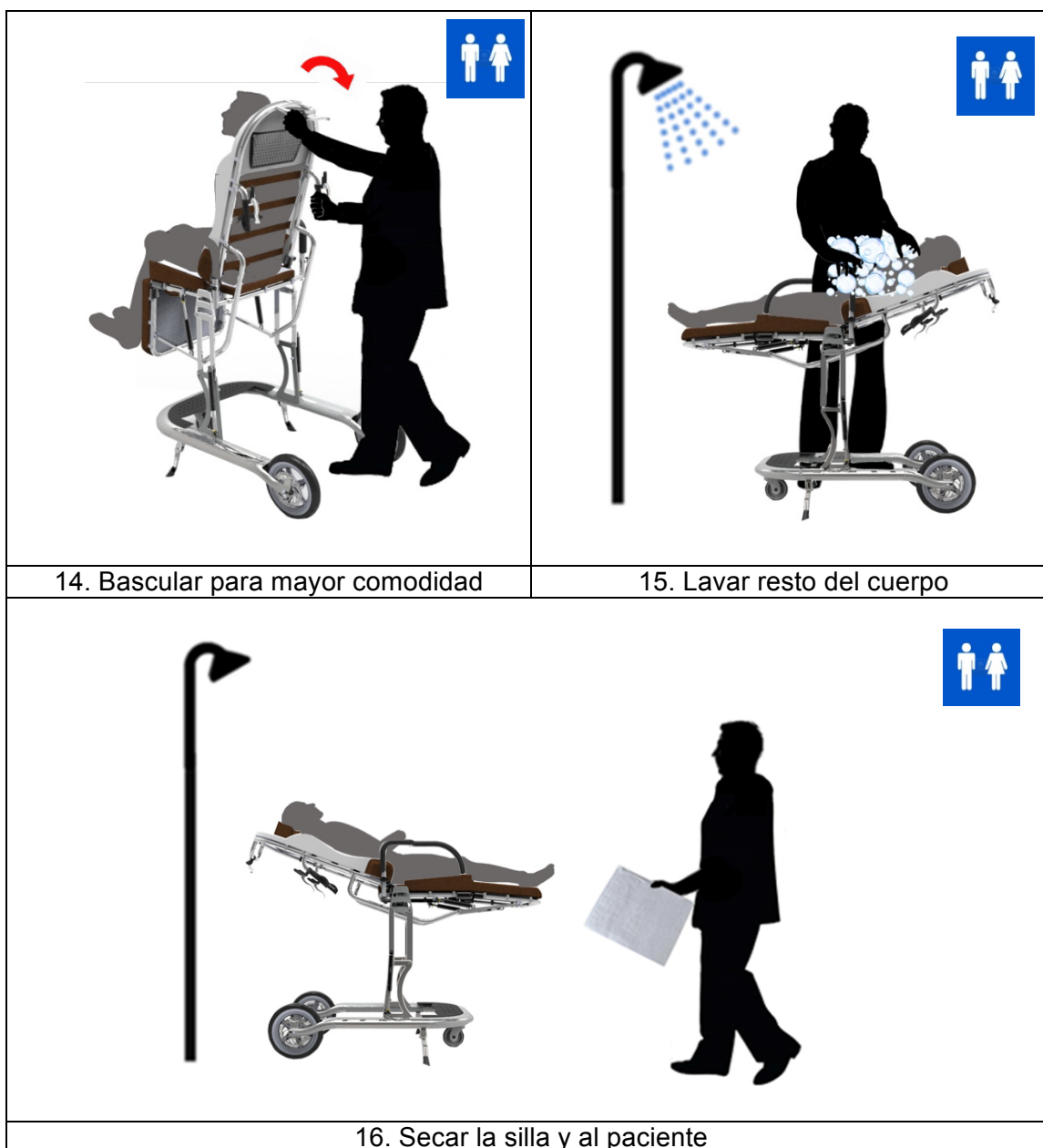


12. Lavar la espalda



13. Apretar maneta para bascular





#### 4.5.1. Conclusiones de la secuencia de la propuesta de la silla

Como se puede apreciar, durante toda la secuencia el cuidador siempre mantendrá una postura que evite las cargas estáticas en su espalda. También se ha mantenido el contacto visual con el paciente, excepto para trasladar la silla, bascular y elevar tal y como se puede ver los puntos 7, 10 y 14.

Para lavar la espalda, se puede hacer tal y como se muestra en el punto 12, pero si desea realizar lateralmente para mantener el contacto visual no hay ningún problema. Mencionar que se ha mostrado la secuencia pensando en los pasos más recomendables que ha de seguir el cuidador para asegurar la comodidad y bienestar tanto del paciente como suya.

#### 4.6. Justificación de los colores empleados

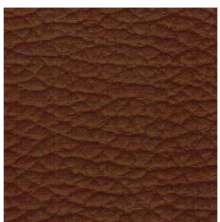

En este apartado se justificará cuales son los colores empleados para la silla de ducha. Se trabajará con la tapicería, puesto que en el resto de elementos estandarizados el color ya viene dado. Previamente a escoger qué colores se utilizarán hay que tener en mente dos aspectos muy importantes:

1) Los colores deben ser fríos o neutros, puesto que un color muy vivo podría alterar al paciente, sobreexcitarlo y provocando con ello que el proceso de aseo para el cuidador se dificulte en exceso. Entre los colores a escoger serían los azules y verdes muy claros, negro, marrón y blanco.

2) Los colores que se emplearán deberán ser los proporcionados por el fabricante.

Teniendo esto en mente se observarán cuales son los colores que proporciona la empresa Mickra (se han descartado aquellos con colores muy vivos), los cuales se muestran en la tabla 4.11

**Tabla 4-11.** Colores de cuerina de poliuretano de la empresa Mickra

			
Azul caribe	Blanco Marfil	Café	Café moro
			
Gris	Negro	Pistacho	Verde

Con la tabla 4-11 se ha realizado la tabla 4-12, donde se muestra la variedad de colores que se ha barajado para decidir cuál es el que mejor se adapta.


Tabla 4-12. Pruebas de colores para decidir cuál escoger



#### 4.6.1. Decisión final de los colores

De todos los colores que se presentan en la tabla 5-9, los que más gustan visualmente hablando, son el Azul Caribe y el marrón Café Moro, combinados con el Blanco Marfil. Para decidir cuál de los dos emplear se decide buscar el significado de cada uno, véase tabla 4-13 [6]:

**Tabla 4-13.** Significado de los colores azul, marrón y blanco según la empresa Elebé Impresiones

Color	Significado
	Representa lo sensitivo y está muy relacionado con el cuerpo. Indica una necesidad de bienestar físico, quizá todo ello motivado por un intento de liberarse de una determinada situación que produce incomodidad. También indica un deseo de estabilidad social y familiar.
	Simboliza la felicidad, la paz y la satisfacción. Representa el deseo de integración social, un deseo de pertenecer a algo o alguien. Representa un ambiente sereno y ordenado, siguiendo comportamientos más o menos tradicionales.
	Estimula la alegría, teniendo una connotación positiva. Además se asocia con la frescura y la limpieza.

Como se puede apreciar ambos colores encajarían a la perfección para la silla de la ducha, puesto que se trata de un proceso incómodo para el paciente y estos colores transmiten las sensaciones que reducirían dicha sensación.

Finalmente se decide por el Marrón Café, puesto que está muy relacionado con el cuerpo y por reducir la sensación de incomodidad que produce una situación como la de ser aseado por otra persona.



#### 4.6.2. Partes coloreadas

En este apartado se justifica el por qué se han coloreado algunas partes con un color más oscuras, en este caso el marrón café, y otras con un color más claro (blanco marfil). El motivo principal es crear un contraste para destacar las zonas principales para ambos usuarios, tanto para el cuidador como el paciente, véase figura 4.62:



1	Se destaca la zona donde deberá posicionarse la cabeza del paciente.
2	Se destaca la zona donde deberá posicionarse la espalda del paciente.
3	Se destaca la zona donde el paciente podrá realizar sus necesidades.
4	Se destacan los extremos de la silla para que el paciente tenga mayor percepción de las dimensiones de la silla.
5	

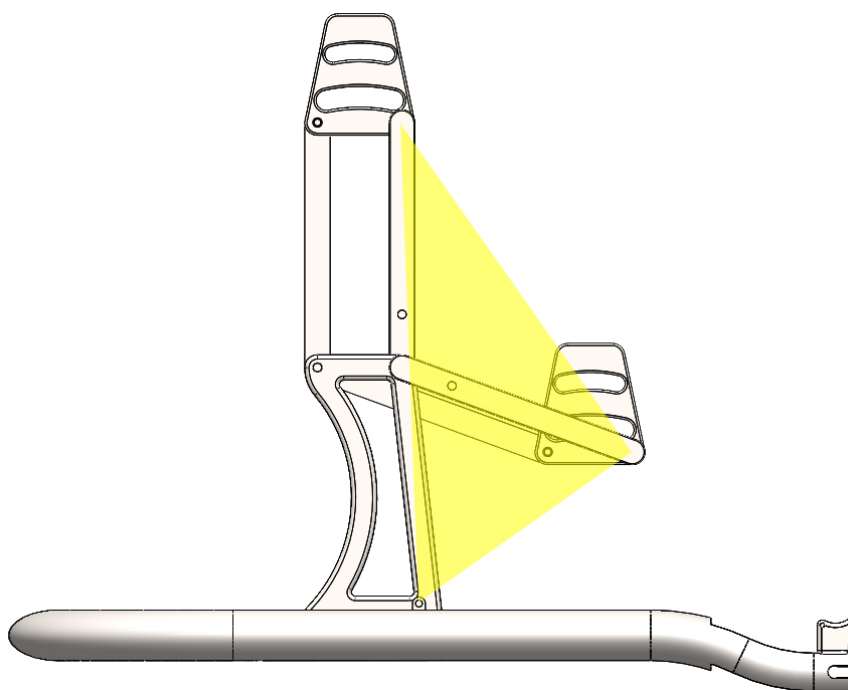
**Figura 4.62.** Justificación del porqué del coloreado en las distintas zonas (1-5)

## 4.7. Estudio de la posición de los pistones

### 4.7.1. Pistón de elevación

Para poder decidir cuál es la posición del pistón que ayude a elevar la silla se deberán tener en cuenta una serie de aspectos, los cuales se muestran a continuación:

- Se deberá tener en cuenta la longitud del pistón totalmente extendido
- Se deberá tener en cuenta la longitud del pistón totalmente comprimido
- Se deberán tener en cuenta las dimensiones del actuador
- Se deberá mantener dentro de un área establecida, tal y como se muestra en la figura 4.63, puesto que fuera de estos límites no se podría posicionar.



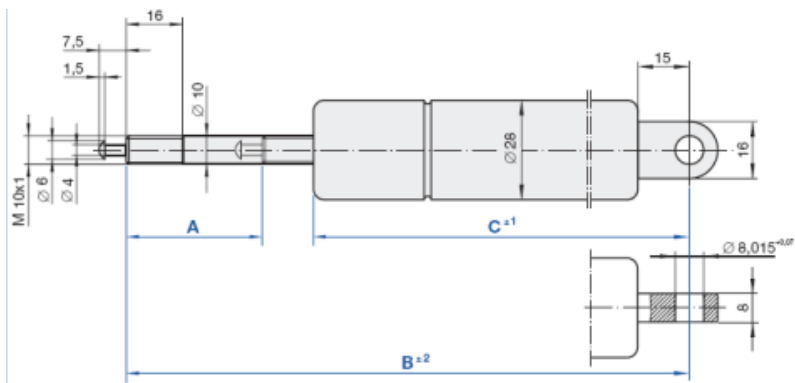
**Figura 4.63** Área en la que se deberá encontrar el pistón

Teniendo todo esto en cuenta y que el pistón a posicionar es rígido bloqueable a tracción, la empresa Stabilus ofrece los que se muestran en la tabla 4-14, en la que se muestran la dimensión del pistón extendido y la carrera de éste.

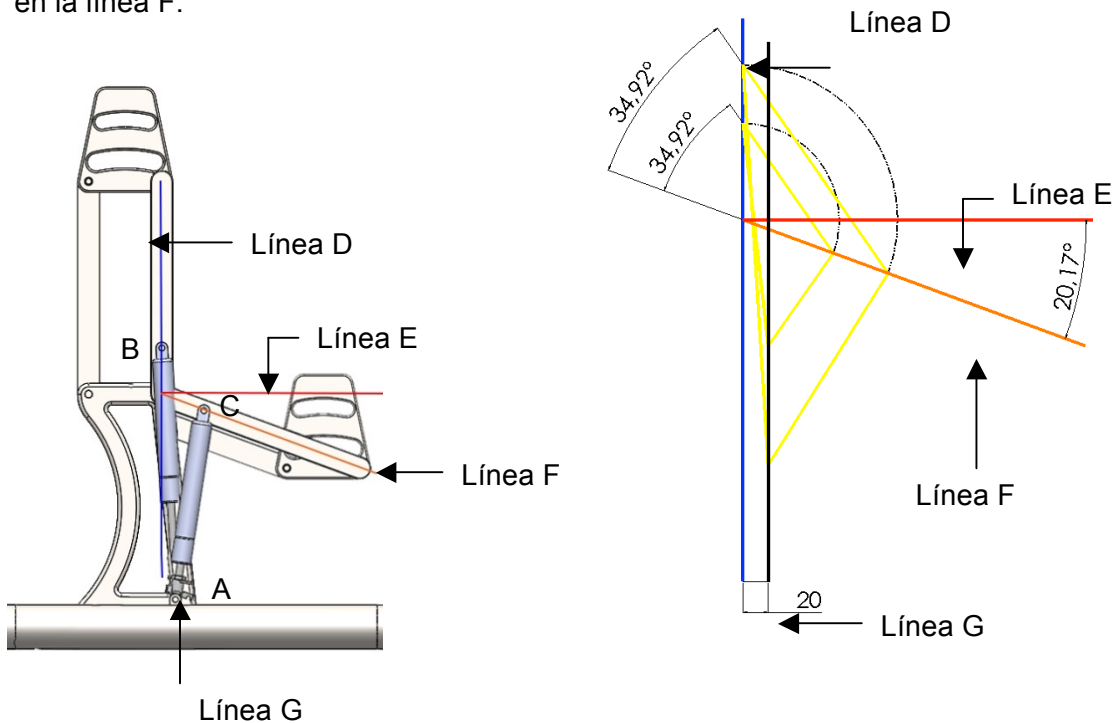
Como se ha comentado anteriormente se deberá tener en cuenta que el actuador del pistón tiene una longitud de 33 mm que habrá que sumar a la longitud total del pistón.

**Tabla 4-14.** Pistones de la empresa Stabilus

Pistón	A (mm)	B (mm)
1	60	265
2	81	310
3	19,5	164,5
4	25,5	177,5
5	31,5	192,5
6	50,5	21,5



Para poder posicionar el pistón, previamente se debe esquematizar el mecanismo en las dos posiciones extremas, es decir, la inicial y la final (figura 4.64) para poder encontrar alguna constante para todo triángulo con punto A en línea G, punto B en la línea D y punto C en la línea F.



**Figura 4.64.** Esquematización del mecanismo para encontrar una constante para cualquier triángulo con punto A en línea G, punto B en la línea D y punto C en la línea F

La constante que se encuentra es que el ángulo entre la recta formada por los puntos CB y la línea F debe ser de 34,92°. Finalmente después de realizar distintas comprobaciones con

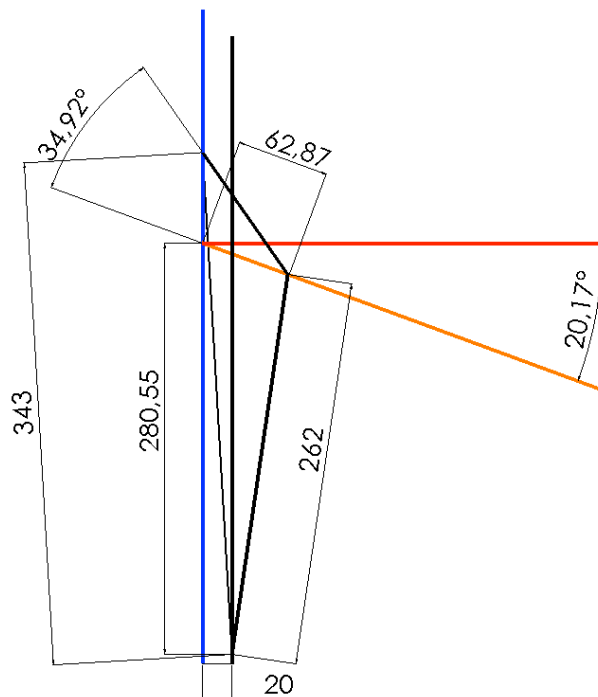
varios pistones, se escoge el pistón que totalmente extendido tiene una longitud de 310 mm y comprimido 229 mm, al cual se le suman las longitud de 33 mm del actuador.

Así pues se obtienen los datos siguientes:

Longitud máxima (distancia AB)=  $310 + 33 = 343$  mm

Longitud mínima (distancia AC)=  $343 - 81 = 262$  mm

Sólo existe un triángulo que cumpla dichos requerimientos, el cual se sitúa unos de sus extremos a 62,87 mm de distancia del centro de rotación de la manivela y el otro extremo a 20 mm de distancia de la línea D tal y cómo se deseaba (figura 4.65):

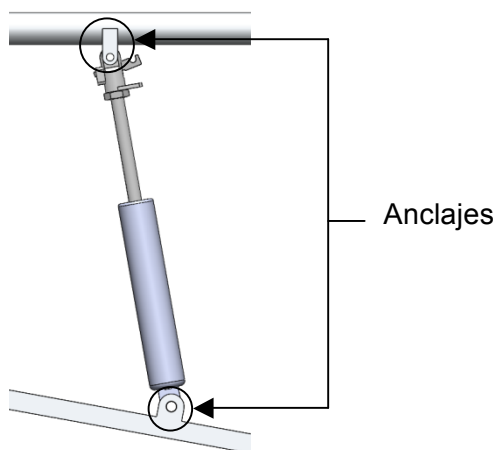


**Figura 4.65.** Posición final del pistón



#### 4.7.2. Pistón de basculación

Para poder decidir cuál es la posición del pistón que ayude a bascular la silla se deberán tener en cuenta los mismos aspectos que los mencionados en el pistón de elevación. La única diferencia es que ahora se deberán tener en cuenta la longitud de los anclajes de los tubos, puesto que no se desea perforar los tubos ya que ello debilitaría la resistencia de estos, véase figura 4.66:



**Figura 4.66.** Longitud a considerar de los anclajes

La longitud de los anclajes es de 22,5 mm cada uno, influenciados por el actuador y la fijación del pistón. Como en el caso anterior, hay que esquematizar el mecanismo de basculación en las posiciones extremas para poder posicionar el pistón. Hay que mencionar que el que se requiere para este mecanismo es un pistón rígido bloqueable a compresión, pero que a su vez permita regular la fuerza del resorte interior. Esto último se debe principalmente por la diferencia de pesos entre los pacientes. Al esquematizar el mecanismo se obtiene que ningún pistón de la empresa Stabilus aportan las dimensiones requeridas, así que se decide buscar en otras empresas.

Finalmente en la empresa ASR resortes se encuentra uno con las características adecuadas, figura 4.67:



Referencia	Ø R (mm)	Ø T (mm)	St (mm)	L (mm)	P1 (N)	M (mm)	PG
S10FAH	10	23	100	249	150 – 1200	M8 x 1.25	S38






Amarres y anclajes (página 26 - 29) Acero Galvanizado, Acero Inoxidable, Aluminio y Plástico									
M	R								
		Rótula	Horquilla	Ojos	Rótula axial	Amarre bola	Bola	Rótula ojo móvil	Alargador
M6 x 1.0	6 & 8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
M8 x 1.25	10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
M10 x 1.5	14	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓

Figura 4.67. Dimensiones de los pistones ASR

Longitud máxima (distancia AB)=  $L + R + L_{\text{anclajes}} + L_{\text{actuador}} = 249+10+45+33 = 337 \text{ mm}$

Longitud mínima (distancia AC)=  $342- 100= 237 \text{ mm}$

Una vez determinado las longitudes extremas de los pistones ya se puede calcular su posición dentro del cuadrilátero, tal y como se puede observar en la figura 4.68:

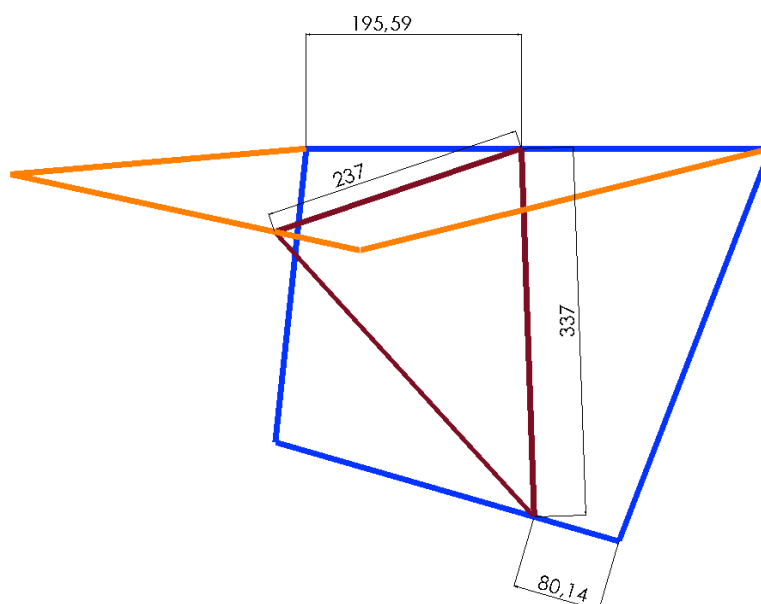


Figura 4.68. Posición final del pistón. De color naranja se muestran las barras cuando el mecanismo está totalmente basculado; de color azul el mecanismo en reposo; De color lila el triángulo que se forma con las dimensiones máximas y mínimas del pistón

Como se puede apreciar el pistón se posicionará a unos 196 mm del extremo del tubo del asiento, y el otro extremo del pistón a 80 mm del extremo del acoplador.

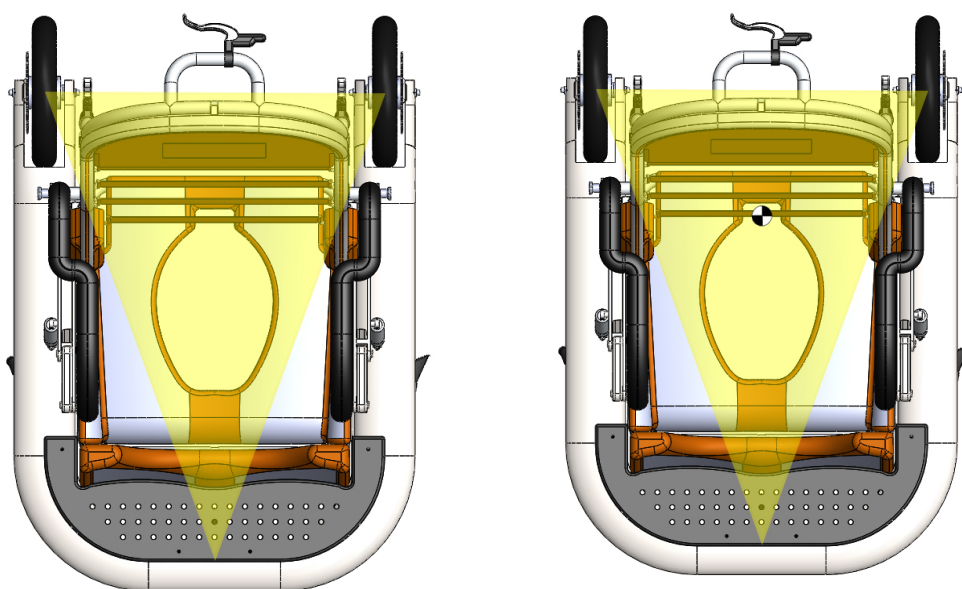
#### 4.8. Estabilidad de la silla

En este apartado se procederá al estudio de la posición del centro de gravedad en las distintas posiciones en que se encuentre la silla durante su funcionamiento. En primer lugar se observará cuando la silla se encuentra en la zona más baja, seguidamente cuando se encuentra en la parte más elevada y finalmente cuando se encuentra en la zona más elevada y totalmente basculada.

Para el cálculo de la posición del centro de gravedad se ha utilizado el software Solidworks Premium 2014, el cual permite calcular el centro de gravedad resultante del conjunto de la silla más el de la persona. Para poder realizar el cálculo del centro de gravedad de la persona se ha empleado un maniquí con dimensiones estandarizadas y con un peso de 120 kg, puesto que será el más crítico al cual se enfrentará la silla

##### 4.8.1. Zona más baja

Para que no haya ningún problema, el centro de gravedad se deberá posicionar dentro del área del triángulo que se forma al unir las 3 ruedas, véase figura 4.69:

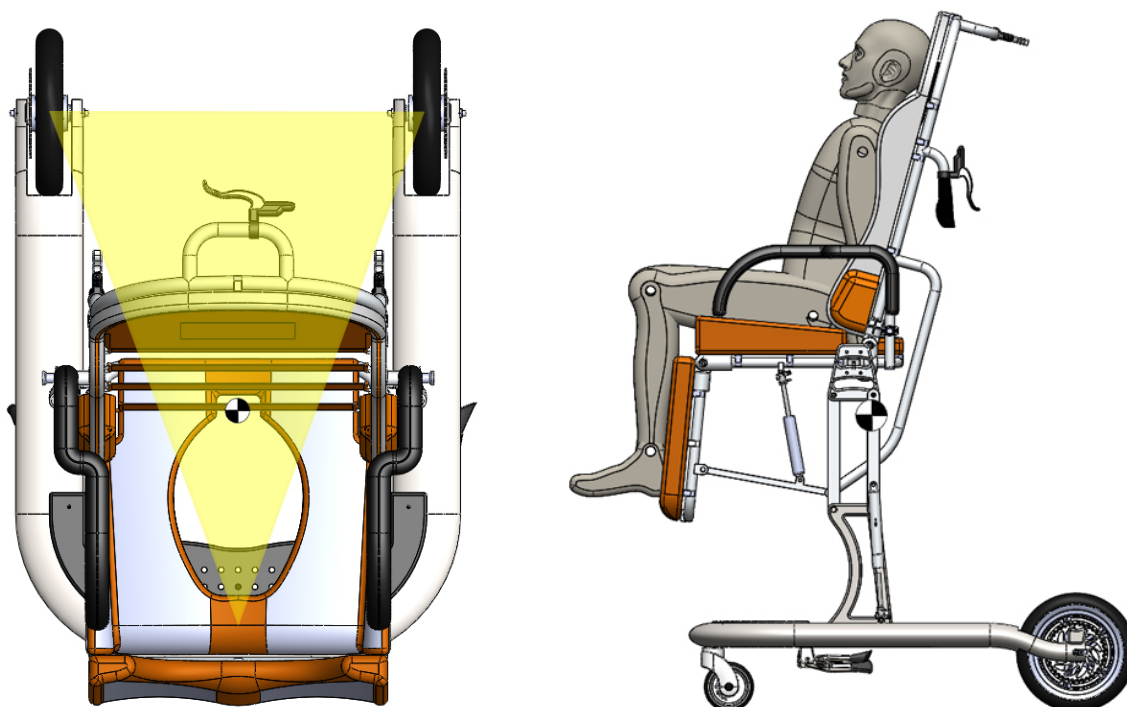


**Figura 4.69** Representación de la zona de seguridad donde se debe encontrar el centro de gravedad (izquierda); punto en el que se encuentra el centro de gravedad (derecha)

En la zona más baja no hay peligro de que el centro de gravedad salga de la zona de seguridad.

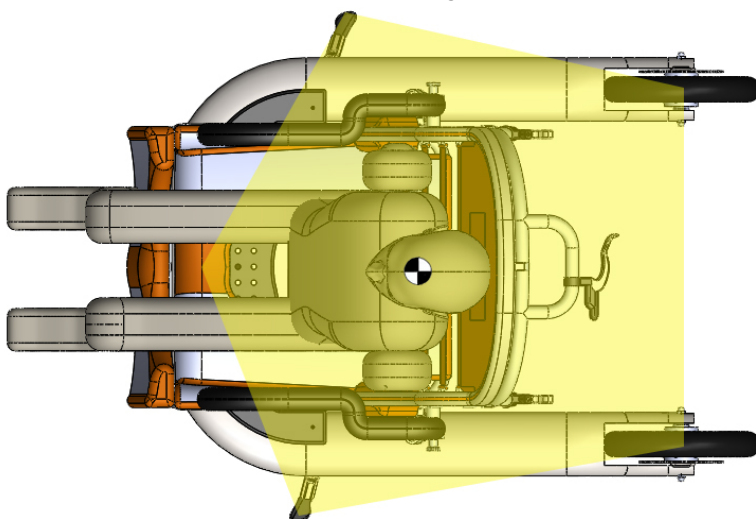
#### 4.8.2. Zona más alta

Esta posición es más crítica, puesto que el asiento al elevarse también se dirige hacia la parte frontal de la silla, es decir hacia la rueda delantera, véase la figura 4.70:



**Figura 4.70.** Representación de la zona de seguridad donde se debe encontrar el centro de gravedad (izquierda); punto en el que se encuentra el centro de gravedad (derecha)

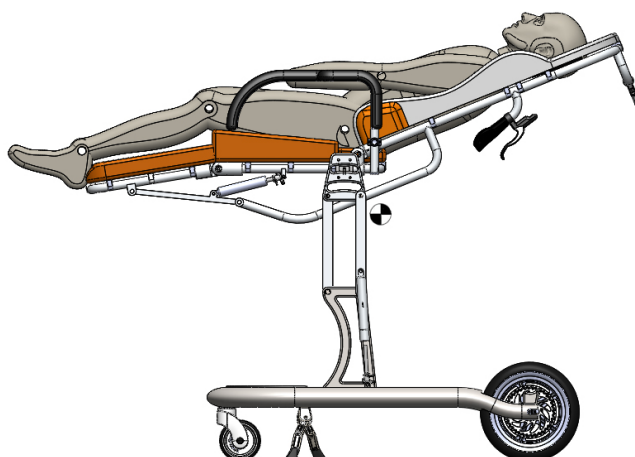
Como se puede apreciar, si el paciente se desplazará un poco lateralmente podría provocar el vuelque de la silla, y más considerando la altura a la que queda el centro de masas, por ello se emplean dos soportes laterales que aumenten el área de seguridad y dificulte mucho más el vuelque de la silla, véase figura 4.71



**Figura 4.71.** Representación de la zona de seguridad y posición del centro de gravedad con la aplicación de los dos soportes laterales.

### 4.8.3. Posiciones límite

A continuación se observará donde se sitúa el centro de gravedad cuando la silla está totalmente basculada, figura 4.72:



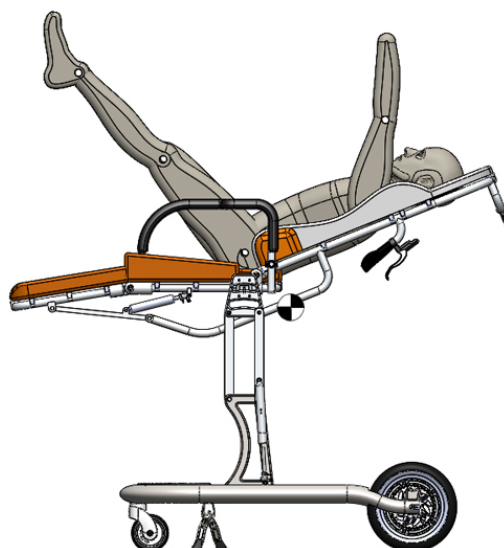
**Figura 4.72.** Representación de la zona en el que se encuentra el centro de gravedad

La posición del centro de masas queda dentro de la zona de seguridad tal y como se muestra en la figura superior.

Se presentan algunas situaciones que se creen críticas que se pueden dar durante el uso de la silla, pero como se puede apreciar en la figura 4.73 y 4.74, no hay peligro puesto que el centro de gravedad queda dentro de la zona de seguridad



**Figura 4.73.** Situación en la que el paciente se inclina hacia adelante.



**Figura 4.74.** Situación en la que el paciente se inclina hacia atrás.

# PLIEGO DE CONDICIONES

## 5. PLIEGO DE CONDICIONES

### 5.1. Conjunto condiciones y características

Para poder satisfacer la necesidad que motiva el proyecto, la silla dispondrá de las siguientes características para permitir un aseo de forma cómoda para cuidador y paciente:

- *Facilitar los trasposos del paciente*, muchas veces el paso de la silla de ruedas o de la cama a la silla de ducha o viceversa es muy peligroso por el tipo de paciente, ya sea por peso o por otras dificultades.
- *Elevación de la silla verticalmente*, para reducir cargas en la espalda del cuidador puesto que de esta forma se evitan malas posturas.
- *Basculación de la silla hacia atrás del paciente*, facilitando con ello un mayor acceso a las zonas genitales por parte del cuidador.
- *Reposacabezas adaptable*, puesto que los actuales son pequeños para el tamaño de la cabeza del paciente, lo cual le provoca incomodidad e incluso daños.
- *Facilitar la higiene de la espalda* sin necesidad de inclinar al paciente hacia delante, puesto que requiere de mucho esfuerzo por parte del cuidador.
- *Reposabrazos abatibles* para facilitar las transferencias de los pacientes de la cama a la silla de ducha o de la silla de ruedas a la silla de ducha.
- *Estabilidad estática*, la silla debe estar diseñada para que no pueda volcar con un ángulo máximo de 20° hacia delante, lateralmente o hacia atrás.
- *Durabilidad*, la silla debe resistir el ambiente húmedo al cual estará sometida además de los agentes químicos de los jabones.
- *Silla totalmente segura*, la silla no deberá contribuir al desarrollo de úlceras debido a la presión, causar daños al paciente durante la transferencia o deslizarse en ambiente húmedos. Por ello se requiere un diseño más envolvente.

- *Posicionamiento de la silla sobre el inodoro*, la silla debe permitir posicionarse encima del inodoro para permitir defecar al paciente en él, evitando con ello que lo hagan en el suelo.
- *Buena maniobrabilidad*, debe poder manejarse con soltura y sin tener que ejercer una fuerza superior a 100 N por parte del cuidador, se debe tener en cuenta que en algunos casos los usuarios pueden doblar el peso de sus cuidadores.
- *Peso del paciente* entre 50 a 120 kg.
- *Facilidad de mantenimiento* y recambios de fácil adquisición.
- *Cumplimiento de las normativas*.
- *Uso de materiales* inocuos, resistentes a ambientes húmedos (evitar la corrosión), antideslizantes en aquellas zonas de contacto con el paciente y agradables al tacto.
- *Reposapiés más seguros*, los actuales provocan que los pacientes se hagan daño cuando realizan movimientos bruscos puesto que se golpean contra ellos, se recomienda emplear una placa, preferentemente a reposapiés individuales.
- *Incorporar un freno permanente*, de esta forma se desbloquearía sólo cuando se deseara, permitiendo el movimiento de la silla, aportando más seguridad y comodidad para el cuidador.
- *Destinada a uso individual*, no se considera una silla con capacidad para poder asear a dos personas a la vez.
- *Incorporar compartimento para guardar accesorios* como el gel, champú, esponja y crema hidratante. Además, incorporar zona para aguantar el mango de la ducha.
- *Fácil uso para el cuidador*, la silla debe ser intuitiva para evitar malestar en el cuidador por no entender su funcionamiento. A la vez se debe evitar hacer piezas extraíbles puesto que pueden llevar a la pérdida de la pieza.

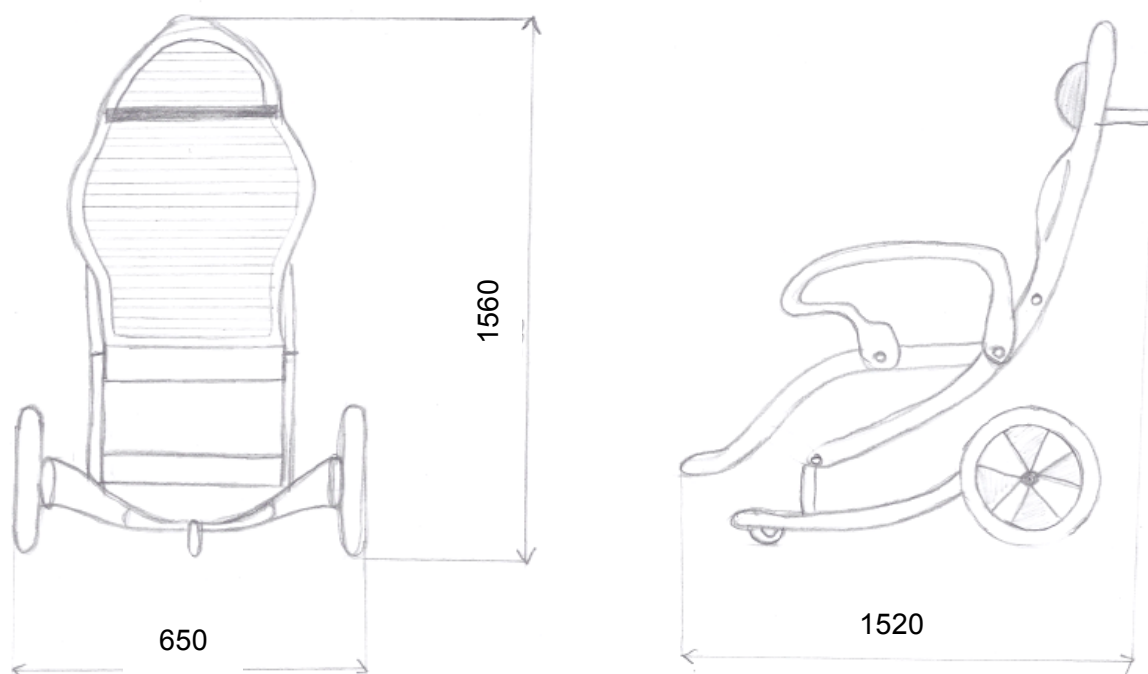
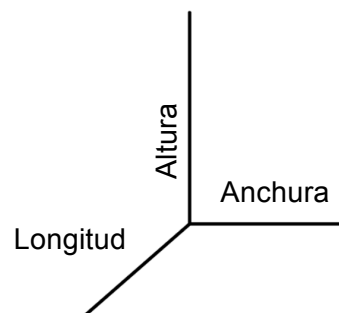


### 5.1.1. Dimensiones externas del producto

No se determino por parte del demandante unas dimensiones concretas por ello se han tenido en cuenta la normativa y algunas sillas con las dimensiones más elevadas en el mercado, tal y como se puede apreciar en la Tabla 5-1.

**Tabla 5-1.** Dimensiones máximas del producto que no se podrán sobrepasar.

Recorrido de elevación (del asiento)	550 mm
Altura del asiento, posición más baja	510 mm
Máxima longitud total	1600 mm
Máximo anchura total	850 mm
Máxima altura total	1560 mm



**Figura 5.1.** A la izquierda las dimensiones máximas de la silla, anchura y altura; la anchura está determinada por la anchura de las puertas (900 mm), y la anchura de un inodoro (385 mm). La altura se ha pensado en función de la comodidad del cuidador; A la derecha longitud máxima de la silla.

## 5.2. Selección de materiales

Se ha detallado los materiales para los diferentes componentes, no normalizados, que conforman la silla con el fin de proporcionar estabilidad, seguridad, comodidad, resistencia y larga vida del producto

El siguiente apartado se distribuye de la siguiente manera: en la primera parte se presentarán los conjuntos que conforman la silla y después se estudiarán uno por uno en más detalle, véase la figura 5.2, 5.3 y la tabla 5-2.



**Figura 5.2.** Representación de los conjuntos que se han de fabricar en vista isométrica frontal



**Figura 5.3** Representación de los conjuntos que se han de fabricar en vista isométrica frontal

**Tabla 5.2.** Elementos de la silla con las propiedades requeridas por el material y la elección del material final

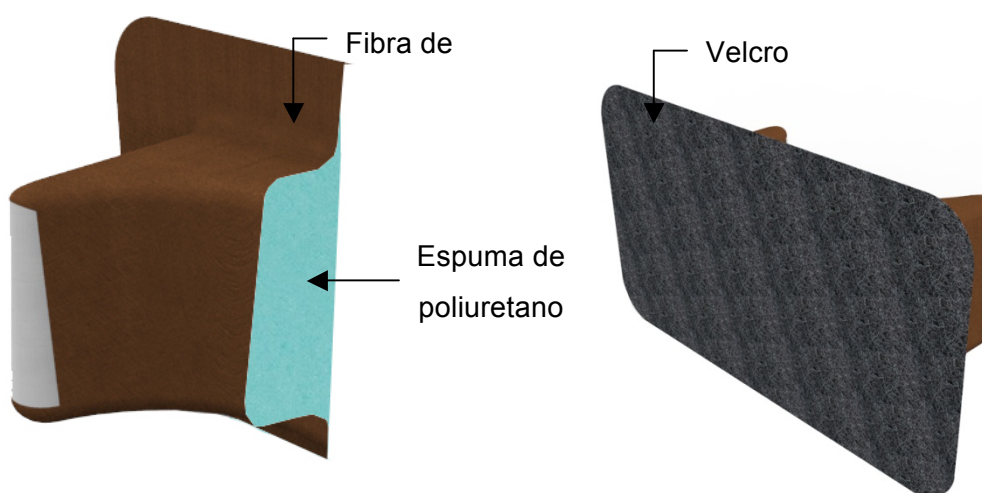
Numeración	Elemento de la silla	Material/es
1	Conjunto reposacabezas	- Acolchado con espuma de poliuretano de alta densidad. - Recubrimiento de tejido de poliuretano. -Unión al respaldo mediante velcro adhesivo
2	Conjunto cuadrilátero articulado sistema de basculación	Aluminio 6063 T6
3	Conjunto cuadrilátero articulado sistema de elevación	Aluminio 6063 T6

4	Conjunto base	Acero S355J2H
5	Conjunto reposapiés	-Plancha de nylon 66 - Revestimiento de caucho
6	Conjunto reposapiernas	-Plancha de aluminio 6063 T6
7	Conjunto asiento	- Acolchado con espuma de poliuretano de alta resistencia. - Recubrimiento de fibra de poliuretano.
8	Conjunto reposabrazos	- Tubos de aluminio 6063 T6 - Acolchado con espuma de poliuretano de alta resistencia. - Recubrimiento de fibra de poliuretano.
9	Conjunto tiras respaldo	-Fibra de poliuretano
10	Conjunto respaldo	-Plancha de aluminio T6 Acolchado de - Acolchado con espuma de poliuretano de alta resistencia. - Recubrimiento de fibra de poliuretano.
11	Conjunto simbolización	-Papel adhesivo transparente
12	Conjunto bolsillo	- Malla de red de poliéster - Tapacosturas de cinta de poliéster
13	Cinturón de seguridad	- Velcro

### 5.2.1. Conjunto reposacabezas

Este conjunto está formado por un total de 3 elementos tal y como se ha mostrado en la tabla 5-1. La espuma de poliuretano de alta resistencia es para proporcionar acolchado cuando el usuario posicione la cabeza en el interior del elemento. El recubrimiento de fibra de poliuretano es para proporcionar un material impermeable, resistente a microorganismos, hongos y bacterias. Resistente al desgaste y de fácil limpieza, manteniendo la solidez del color y apta para revestimientos en el sector salud.

Finalmente la unión de velcro adhesivo permite una gran facilidad para adaptar el reposacabezas al usuario, además de ser mucho más higiénico puesto que permite extraerlo para realizar un lavado más en profundidad, véase figura 5.4:



**Figura 5.4.** A la izquierda sección del reposacabezas, donde se puede apreciar la espuma de poliuretano; vista posterior del reposacabezas donde se aprecia el velcro.

### 5.2.2. Conjunto cuadrilátero articulado sistema de basculación

Para este conjunto, véase figura 5.5, se desea un material con resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, maleable y ligero, con una baja densidad. Por lo tanto se decide trabajar con aluminio, pero para poder decidir que tipo de aleación se requiere hay que observar que aleaciones proporciona la empresa Lumetal para los tubos redondos con un  $\varnothing_{ext}= 25$  mm y el  $\varnothing_{int}=15$ , véase tabla 5-3:

**Tabla 5-2.** Aleaciones disponibles de la empresa Lumetal según dimensiones

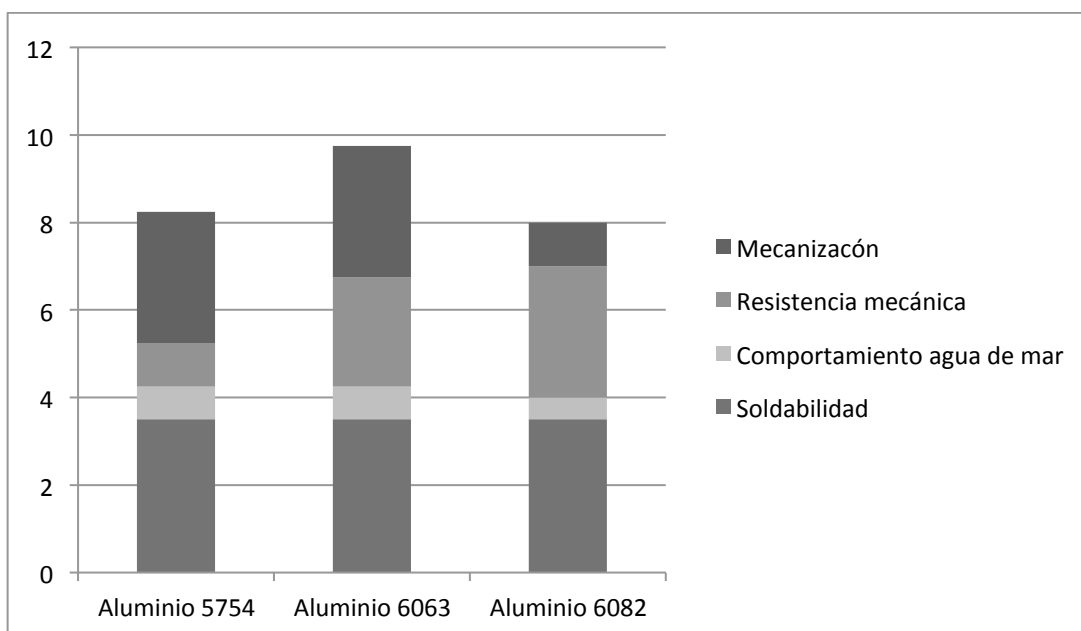
EXT mm (A)	INT mm (B)	PARED mm (C)	PESO kg/m	ALEACIONES DISPONIBLES SEGÚN MEDIDAS
25	15	5	0,88	5754 - 6060/6063 - 6082



**Figura 5.5.** Imagen del conjunto que conforma el cuadrilátero articulado del sistema de basculación.

Para poder escoger entre los tres tipos de aluminio, se comparan las propiedades que proporciona el fabricante, tales como la soldabilidad, comportamiento en el agua de mar, resistencia mecánica y mecanización. Con ello se realiza una gráfica donde se comparan dichas propiedades, gráfica 5-1:

**Gráfica 5-1.** Comparación de las distintas aleaciones de aluminio



Finalmente el material escogido es el aluminio 6063 T6 denominado así por la Aluminium Association (AA), el cual, según norma UNE se denomina L-3441, puesto que es el que mejor propiedades requeridas presenta.

La composición química del aluminio 6063 T6, sus propiedades mecánicas y físicas (tabla 5-4) se muestran a continuación:

**Tabla 5-4.** Composición química, propiedades mecánicas y físicas del aluminio 6063 T6

Aleaciones	% Si	% Fe	% Cu	% Mn	% Mg	% Zn	% Ti	% Pb	% Cr	% Varios	% Otros	% Al
6063	0,2-0,6	0,35	0,1	0,1	0,45-0,9	0,1	0,1		0,1		0,15	Resto

<b>Prestaciones mecánicas del aluminio 6063</b>	
Límite elástico $R_p$ 0,2 (MPa)	210
Resistencia a la tracción (MPa)	240
Alargamiento (%)	6
Módulo de elasticidad (GPa)	70
<b>Prestaciones físicas del aluminio 6063</b>	
Densidad ( $Kg/m^3$ )	2700

### 5.2.3. Conjunto cuadrilátero articulado sistema de elevación

Para estos elementos se requiere un material con resistencia mecánica capaz de soportar los esfuerzos a los que está sometido el mecanismo y ha de tener una resistencia a la oxidación y a corrosión.

Por ello se decide trabajar con el mismo aluminio 6063 T6, para evitar generar cualquier par galvánico, utilizando chapas de este material para realizar el mecanismo, figura 5.6:




**Figura 5.6** Conjunto que conforma cuadrilátero articulado de elevación

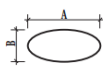
### 5.2.4. Conjunto base

El material seleccionado es el Acero S 355 J2 H según la normativa Europea EN 10210-1. Este material se ha decidido ya que la empresa que proporciona tubos elípticos, Protubsa, lo hace con este tipo de acero, tal y como se muestra a continuación:

TUBOS ELÍPTICOS (S355 J2 H)



Dimensiones nominales milímetros		Dimensiones reales milímetros		Espesores milímetros								
A	B	A	B	3,2	4	5	6	8	10	12	14	
120	60	117	60									
150	75	149	70									
180	90	178	90									
220	110	220	106									
250	125	248	109									
320	160											
400	200											
480	240											



Dimensiones standard en stock

Dimensiones standard

Dimensiones bajo demanda

**Figura 5.7** Catálogo de tubos elípticos de la empresa Protubsa, indica material y dimensiones



Explicación de las siglas anteriores:

**S:** Hace referencia a que se trata de un acero construcción.

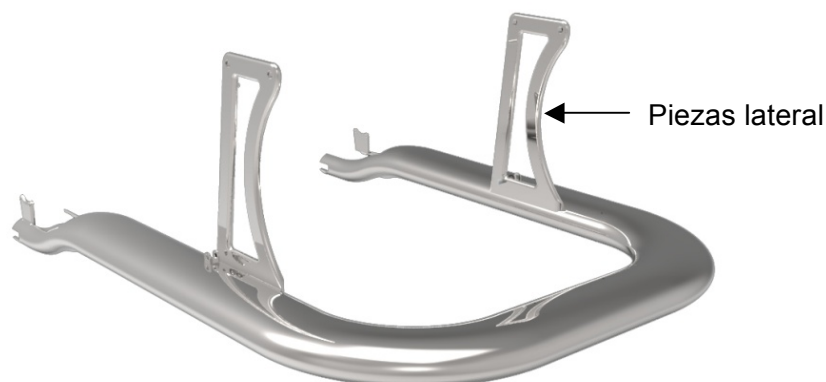
**355:** Hace referencia al valor mínimo del límite elástico aparente ( $N/mm^2$ )

**J2:** Hace referencia a características de energía de rotura de 27 J mínimo a  $-20^{\circ}C$

**H:** Hace referencia a perfiles huecos

Este tipo de material se caracteriza por estar conformado en caliente, lo cual no impide la soldabilidad del material evitando con ello grietas y fragilidad del material. Además también permite que no se produzca deformación de la pieza durante el proceso de galvanizado en caliente.

El punto de la soldabilidad es muy importante, puesto que se deberán adherir al tubo elíptico dos chapas del mismo acero (para evitar la aparición de un par galvánico), tal y como se muestra en la figura 5.8:



**Figura 5.8** Conjunto que conforma la base, con el tubo elíptico y las piezas laterales

Se trata de un acero al carbono, es decir, está conformado por menos de un 3% de elementos aleados que no son ni carbono ni hierro, tal y como se puede apreciar en la composición química del material proporcionada por el fabricante:

**Tabla 5-5.** Composición química según EN 10210-1

	<b>C%<sub>máx.</sub></b>	<b>Si%<sub>máx.</sub></b>	<b>Mn%<sub>máx.</sub></b>	<b>P%<sub>máx.</sub></b>	<b>S%<sub>máx.</sub></b>
<b>S 355 J2 H</b>	0,22	0,55	1,60	0,035	0,035

Esto implicará que se le tendrá que realizar algún tratamiento de recubrimiento, puesto que en estas condiciones está totalmente expuesto a la corrosión, puesto que en su composición no aparecen elementos inoxidables como el Cr o el Zn.

Detalle de las propiedades mecánicas y físicas del material (Tabla 5-6):

**Tabla 5-6.** Prestaciones mecánicas y físicas del acero S 355 J2 H

<b>Prestaciones mecánicas del acero S 355 J2 H</b>	
Calidad del acero	ST 52.3
Límite elástico $R_p 0,2$ (MPa)	$\geq 355$
Resistencia a la tracción (MPa)	490-630
Alargamiento (%)	$\geq 23$
Módulo de elasticidad (GPa)	205
<b>Prestaciones físicas del acero S 355 J2 H</b>	
Densidad ( $\text{Kg/m}^3$ )	7850

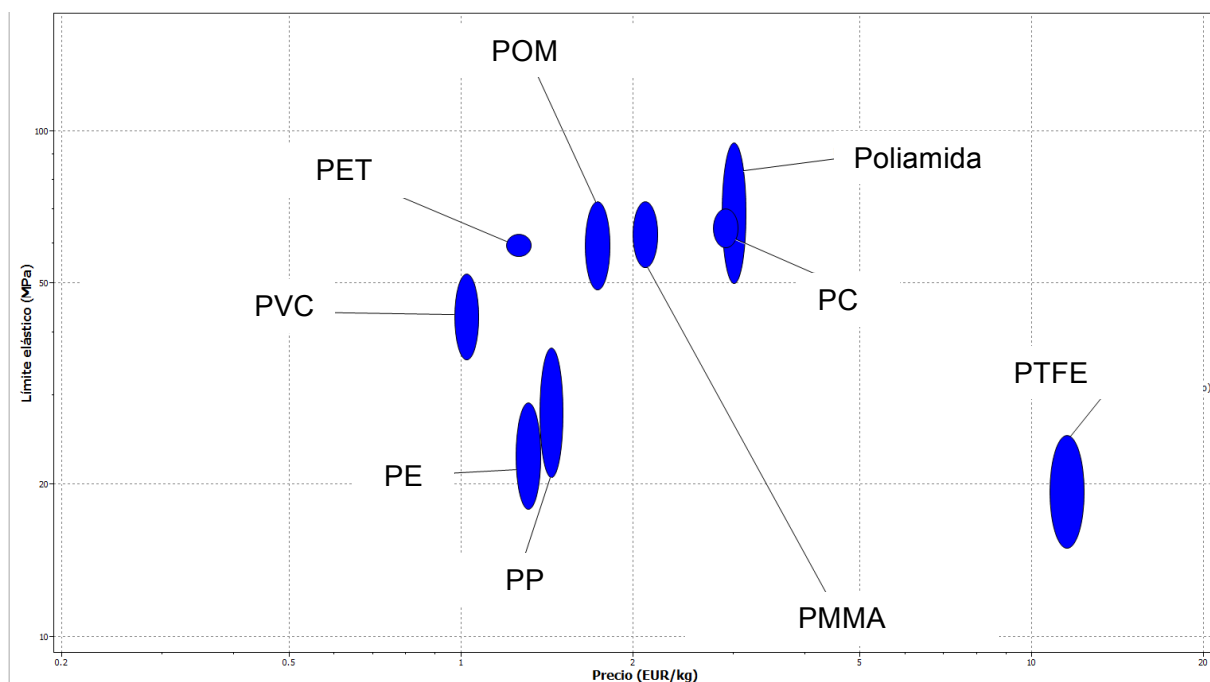
### 5.2.5. Conjunto reposapiés

Para la selección de este material se tenía que tener en cuenta que tuviera un límite elástico capaz de soportar el peso del paciente de 120 kg e incluso el de la mitad de un cuidador también de 120 kg.

Por ello se decide instalar una plancha de algún material plástico, para evitar el par galvánico y que además fuera capaz de soportar dicho peso con un espesor máximo de 20 mm, puesto que un espesor mayor sería demasiado aparatoso.

Los materiales de las planchas de las cuales dispone el proveedor Lumetal son de Nylon, POM, Policarbonato, Polipropileno, Polietileno, PVC, PTFE, PMMA y PET. Por lo tanto se ha decidido comparar mediante el software CES Edupack los límites elásticos y el precio entre ellos para decidir cuál es el que mejor se adapta.

**Gráfica 5-2.** Comparación entre el límite elástico y el precio de termoplásticos



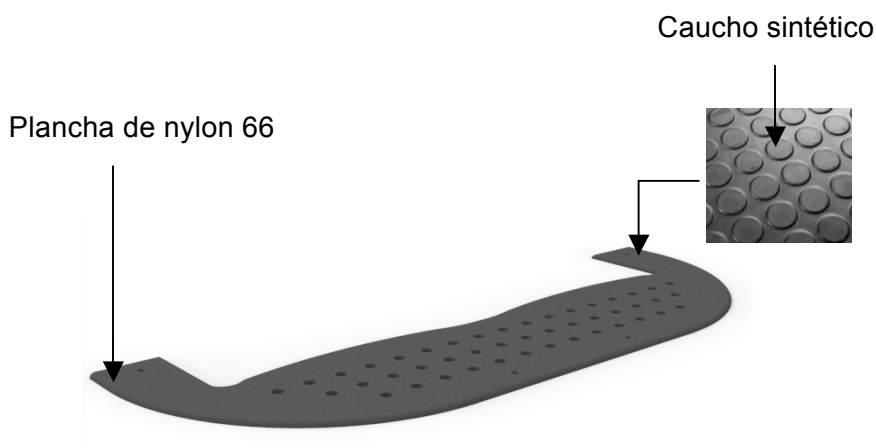
Como se puede apreciar el que tiene mayor límite elástico es la poliamida, aunque es de las más caras, pero como se puede apreciarlos precios oscilan entre 1 y 3 euros el kg, a excepción del PTFE. Como se trata de una pieza de pequeñas dimensiones se opta por emplear el nylon 66 para este conjunto.

Además con este material el fabricante permite escoger entre una variedad de colores, destacando entre ellos el negro que es el elegido, tabla 5-6:

**Tabla 5-7.** Espesores y colores de las placas de nylon de la empresa Lumetal

ESPESOR MM (A)	PA6 BLANCO	PA6G BLANCO	PA6 NEGRO	PA6G NEGRO	PA6 + oil VERDE
0,5	•				
0,8	•				
1	•				
1,5	•				
2	•				
2,5	•				
3	•				
4	•				
5	•				
6	•		•		
8	•		•		
10	•	•	•	•	•
12	•	•	•	•	•
16	•	•	•	•	•
20	•	•	•	•	•

Hay que tener en cuenta que el nylon tiene un coeficiente de fricción muy bajo, lo cual es muy peligroso para la función que ha de realizar en el conjunto de la silla. Por este motivo se requiere de un revestimiento antideslizante que impida que el usuario se pueda resbalar, se ha optado por el caucho sintético por su facilidad de instalación, el antideslizamiento que proporciona y su fácil mantenimiento, véase figura 5.9:



**Figura 5.9** Conjunto que conforma el reposapiés, con la plancha de nylon y el revestimiento de caucho sintético.

### 5.2.6. Conjunto reposapiernas y asiento

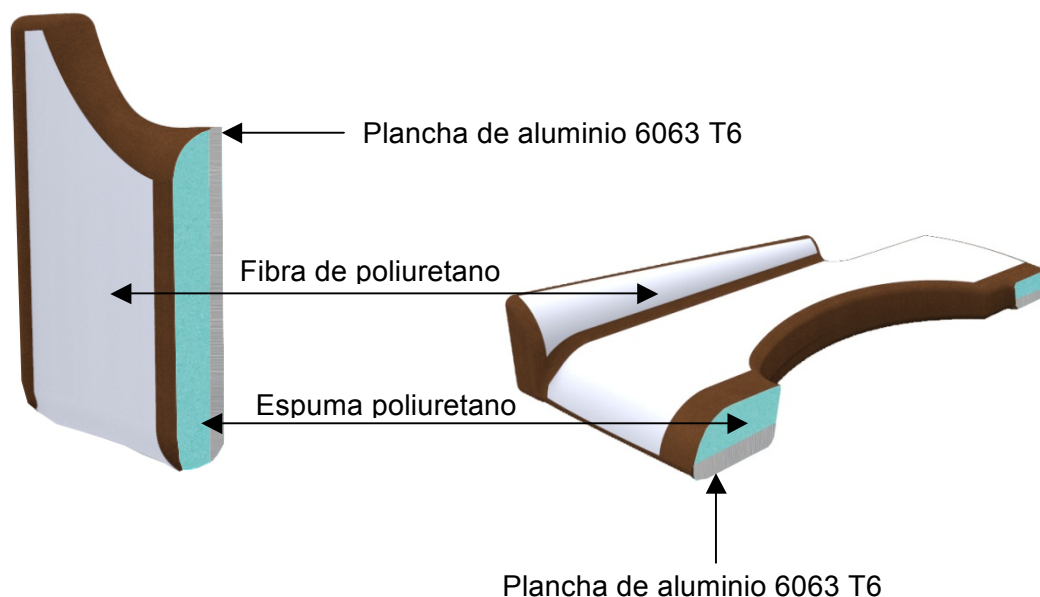
Todos estos tres conjuntos están formados por tres elementos principales: la fibra de poliuretano, la espuma de poliuretano de alta resistencia y una plancha de aluminio 6063 T6. Como se puede apreciar se ha decidido emplear el mismo tipo de aluminio tanto en tubos como planchas para reducir al máximo la posibilidad de crear un par galvánico.

La plancha de aluminio 6063 T6 es la encargada de soportar todos los esfuerzos a los que se someterán los distintos elementos. Se decanta por este material debido a su resistencia a la corrosión, su densidad inferior a la del acero y la capacidad de soportar los esfuerzos requeridos.

La espuma de poliuretano proporcionará la comodidad para el usuario distribuyendo de manera uniforme su peso por toda la superficie, evitando con ello la aparición de úlceras por presión.

Finalmente la fibra de poliuretano es la encargada de proporcionar suavidad al tacto, seguridad (debido a que es antideslizante), estética visual y finalmente evitar que el agua penetre en su interior debido a su impermeabilidad.

Conformación de ambos elementos en su interior, figura 5.10:

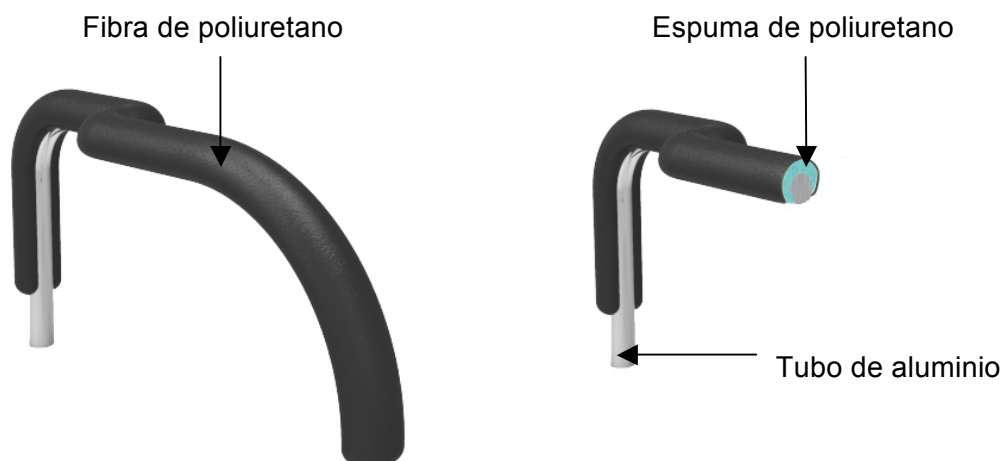


**Figura 5.10** Conjunto que conforma el reposapiés y el asiento, con la plancha de aluminio, revestimiento de fibra de poliuretano y acolchado de espuma de poliuretano

### 5.2.7. Conjunto reposabrazos

Los reposabrazos estarán formados por tres elementos claramente diferenciados, un perfil tubular de aluminio de 6063 T6 acolchado de espuma de poliuretano y con un recubrimiento de poliuretano.

Es similar al conjunto reposapiernas y asiento, pero en vez de usar un plancha de aluminio se ha empleado un tubo cilíndrico, como en la estructura, véase figura 5.11



**Figura 5.11** Conjunto reposabrazos, con el tubo de aluminio, revestimiento de fibra de poliuretano y acolchado de espuma de poliuretano

### 5.2.8. Conjunto tiras respaldo

Para las tiras que conforman el respaldo se ha decidido emplear la fibra de poliuretano, para homogeneizar el conjunto de la silla. Además se trata de un material elástico que se adapta a la columna vertebral de cada paciente propiedad muy importante puesto que asegurará mayor confort al usuario.

Se trata de material agradable al tacto, antideslizante e impermeable, motivos por los cuales se ha decidido aplicarlo en esta zona.

El inconveniente es que posee un límite elástico, pero al haber un total de 4 tiras el peso máximo del paciente (120 kg), se encuentra repartido entre ellas y el material lo soportará.

En la figura 5.12 se muestra una imagen de las tiras:



**Figura 5.12** Tiras del respaldo

Las propiedades del poliuretano se muestran en la tabla 5.8:

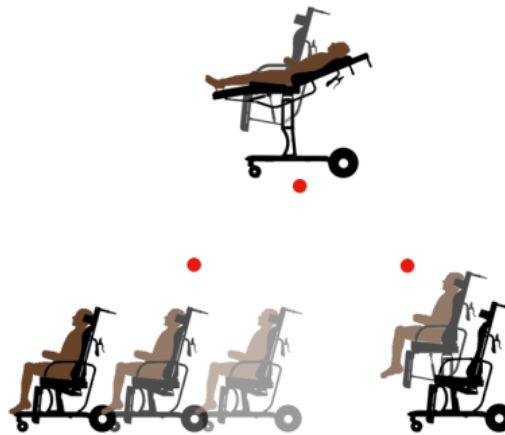
**Tabla 5.8.** Prestaciones mecánicas y físicas del poliuretano

<b>Prestaciones mecánicas del poliuretano</b>	
Límite elástico $R_p$ 0,2 (MPa)	53,8
Resistencia a la tracción (MPa)	62
Alargamiento (%)	60-550
Módulo de elasticidad (GPa)	2,07
<b>Prestaciones físicas del poliuretano</b>	
Densidad ( $Kg/m^3$ )	1120

### 5.2.9. Conjunto simbolización

El material escogido para realizar la señalización ha sido vinilo adhesivo transparente recortado, puesto que es resistente al agua, se puede colocar tanto en el interior como en el exterior, es de fácil aplicación y a diferencia del adhesivo impreso, proporciona un cuidado acabado, ya que no deja fondos ni bordes blancos. Se ha colocado sobre la plancha del respaldo para poder ser fácilmente visualizada por la persona encargada del manejo de la silla.

Por todos estos motivos se ha decidido emplear dicho material, véase figura 5.13:

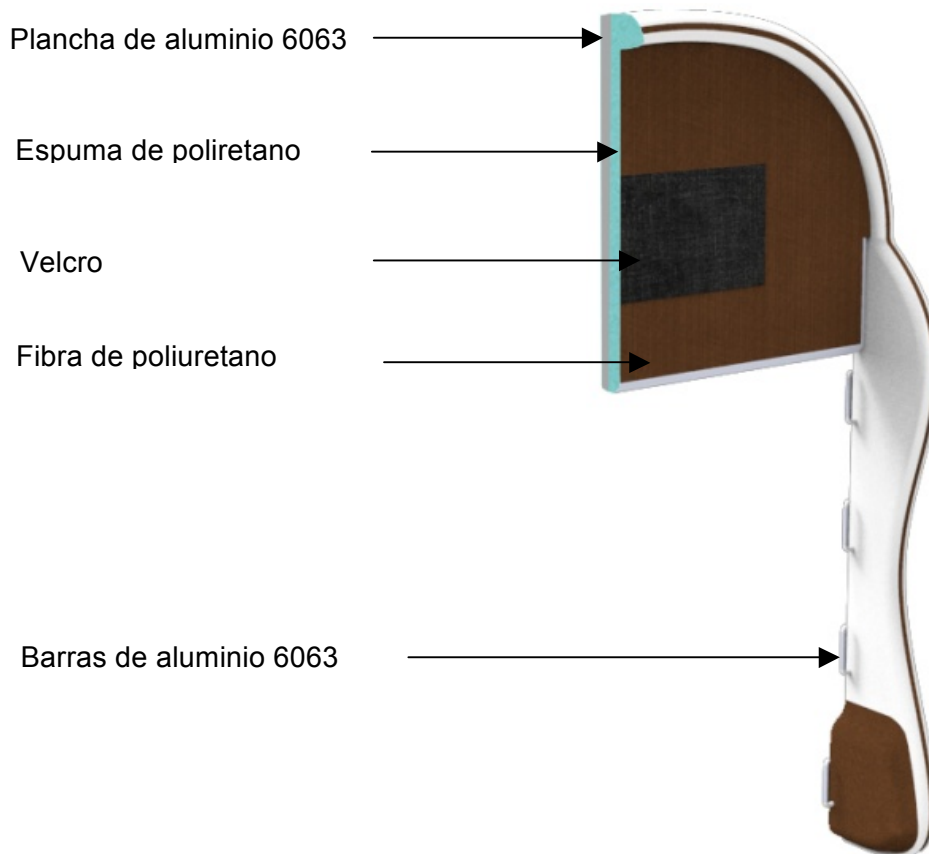


**Figura 5.13** Señalización del funcionamiento de la silla



### 5.2.10. Conjunto respaldo

El respaldo está conformado por los mismos materiales que el conjunto reposapiernas y asiento. Plancha de aluminio 6063 T6, espuma de poliuretano de alta resistencia y fibra de poliéster de revestimiento. Este elemento también incorpora el velcro que permite la adherencia del reposacabezas y barras cilíndricas del mismo aluminio para poder incorporar las tiras de del respaldo, véase figura 5.14:



**Figura 5.14** Conjunto que conforma el respaldo, con la plancha de aluminio, revestimiento de fibra de poliuretano y acolchado de espuma de poliuretano. Además también se muestra el velcro y las barras cilíndricas de aluminio

### 5.3. Tratamientos térmicos y superficiales

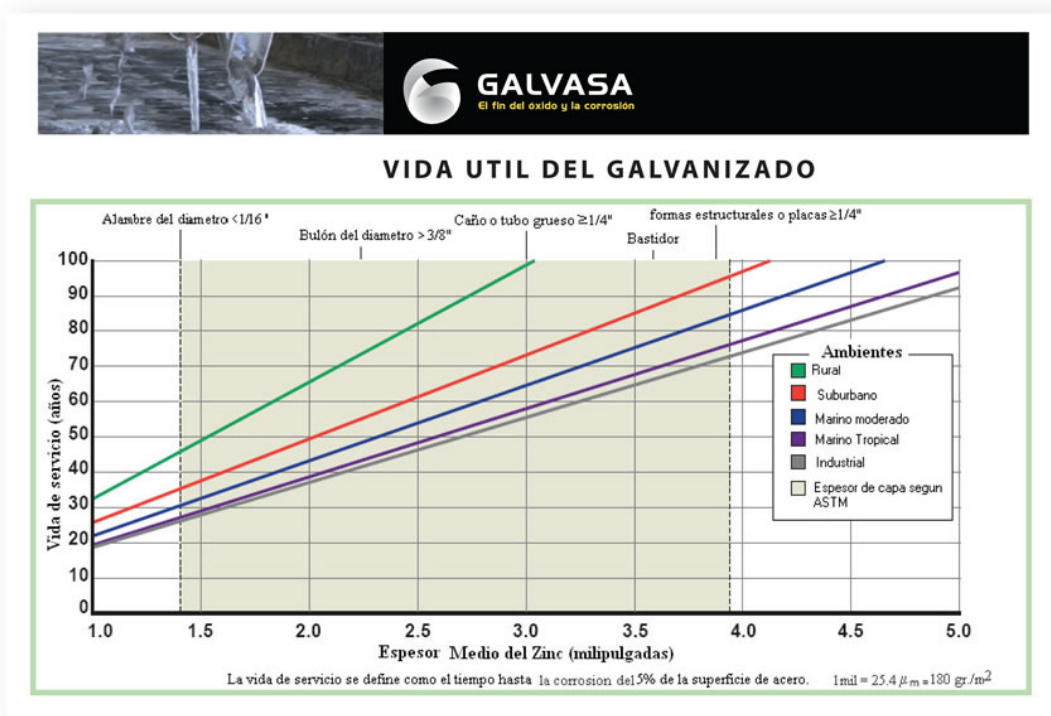
#### 5.3.1. Galvanizado

El galvanizado es un proceso electroquímico por el cual se cubre el material con una capa exterior que protege la superficie del metal a tratar, en el caso del acero se le añade una serie de capas de Zinc que evita su oxidación, aumentando su resistencia a golpes, ralladuras y abrasión, aumentando la vida de la pieza galvanizada. Este tratamiento superficial también proporciona un aspecto satinado que hace la pieza más estética y atractiva.

Es el proceso más económico para la protección a largo plazo del acero, a la vez que fiable, es fácil de soldar y permite el posterior reciclaje.

Por estos motivos es el tratamiento escogido para recubrir la base de acero, alargando su duración, protegiéndolo a oxidación durante la exposición al agua y la humedad del aseo, a la vez que de posibles golpes o ralladuras.

El proceso escogido para galvanizar el acero es el la inmersión de la pieza mecanizada en zinc fundido a unos 450°C, esto proporciona un conjunto de capas de aleación zinc-hierro cada vez más duras al aproximarse a la superficie.



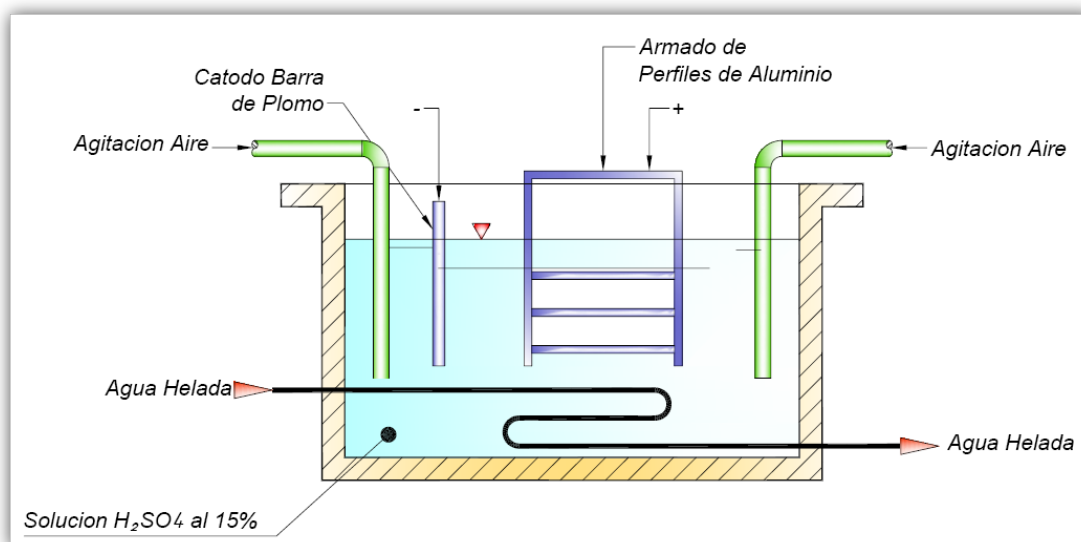
**Figura 5.15** Gráfico del aumento de vida de la pieza por galvanizado

### 5.3.2. Anodizado

El proceso de recubrimiento por anodizado consiste en aumentar la capa de óxido natural por medio de procedimientos electroquímicos sobre las piezas metálicas, es empleado de forma habitual sobre el aluminio, para crear una capa de óxido protector, conocido como alúmina, que proporciona una mayor resistencia y durabilidad y reduce notablemente la oxidación y corrosión. También proporciona un bonito acabado e incluso durante el proceso se puede colorear con diferentes técnicas.

Por este motivo se ha decidido adonizar todas las piezas de Aluminio del producto, para alargar su vida, aumentando su resistencia a la oxidación por exposición a ambientes con agua y humedad de forma habitual, proporcionando también una mayor resistencia y dureza, a la vez que mejorando su aspecto haciéndolo más atractivo.

El proceso consiste en sumergir el aluminio en ácido (generalmente sulfúrico), se hace pasar corriente para liberar un oxígeno que con el ánodo reacciona con el aluminio generando una capa de óxido. Hay que mencionar que el espesor de dicha capa depende de la intensidad de la corriente eléctrica aplicada, la temperatura del baño y la duración del tratamiento. Para finalizar el proceso se sumerge en agua caliente para los poros, para una exposición a condiciones de humedad y agua directa se ha escogido un espesor igual o superior a  $20\mu\text{m}$ .



**Figura 5.16** Esquema del proceso de adonizado del aluminio.

# CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

## 6. CÁLCULOS

En este apartado se muestran todos los cálculos realizados en la silla de ducha con el objetivo de dimensionar las piezas de una forma que resistan los esfuerzos a los que se verán sometidos, y ayudar a escoger los pistones de elevación y basculación más convenientes para reducir el esfuerzo a realizar por parte del cuidador.

### 6.1. Cálculos analíticos

#### 6.1.1. Cálculo de fuerzas del mecanismo de elevación

Se ha estudiado la fuerza del pistón necesaria para elevar al usuario y la fuerza requerida por el cuidador para poder elevar el respaldo con el paciente. El cálculo se realiza para los dos casos extremos, para el usuario de 50kg y para el usuario de 120 kg.

Previamente al cálculo, se deberá calcular el peso segmentario del usuario, el cual se obtiene mediante la siguiente tabla proporcionada por la Universidad Ramon Llull:

**Tabla 6.1.** Peso segmentario en relación al peso corporal en diferentes estudios en cadáveres

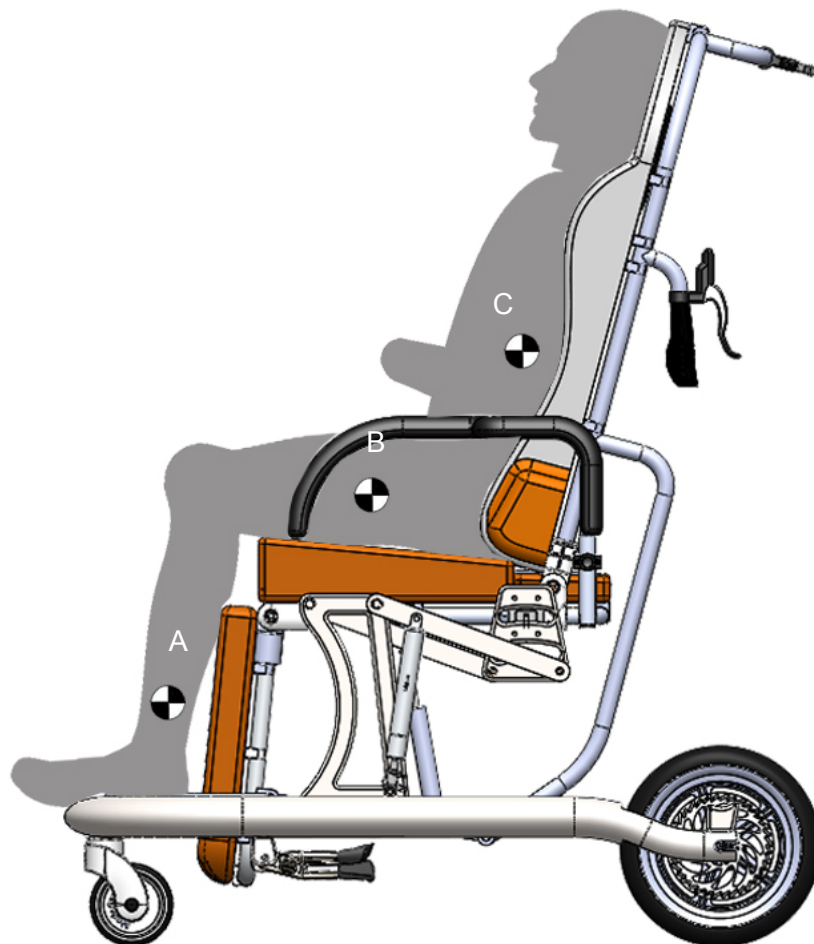
Fuente	Porcentaje %
Cabeza	7.3
Tronco	50.7
Brazo	2.6
Antebrazo	1.6
Mano	0,7
Extremidad superior	4,9
Antebrazo y mano	2,3
Muslo	10,3
Pierna	4,3
Pie	1,5
Extremidad inferior	16,1
Pierna y pie	5,8

En la figura 6.1 se muestran los centros de gravedad de las partes del cuerpo, englobadas en 3. A continuación se puede apreciar a que partes del cuerpo engloban los centros de gravedad A, B y C.

Centro de gravedad A: piernas y pies.

Centro de gravedad B: muslos.

Centro de gravedad C: Cabeza, troco, brazo, antebrazo y mano.



**Figura 6.1.** Centros de gravedad de distintas partes del cuerpo humano

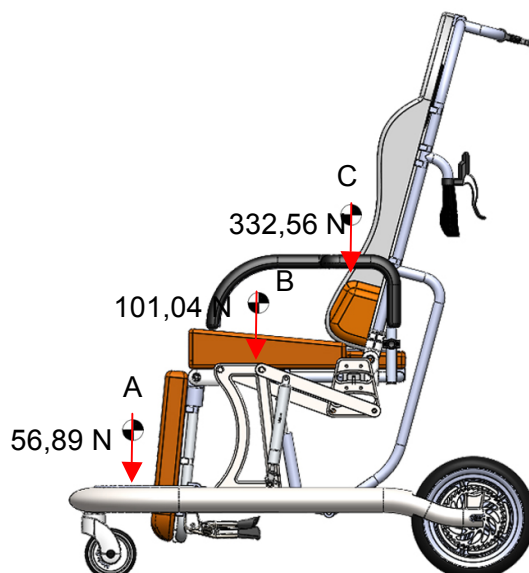
**6.1.1.1. Cálculos para usuarios de 50 kg****6.1.1.1.1. Cálculo del peso en los centros de gravedad A, B y C:**

Teniendo en cuenta la Tabla 6.1 se procede al cálculo del peso en los centros de gravedad mencionados anteriormente:

**Tabla 6-2** Cálculo del peso de los centros de gravedad A, B y C para usuario de 50 kg

C.G.	Cálculo	Resultado
A	$50\text{kg} \times 2 \times (1,50+4,30)/100= 5,80 \text{ kg}$	$5,80\text{kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2= 56,89 \text{ N}$
B	$50\text{kg} \times (2 \times 10,30)/100= 10,30 \text{ kg}$	$10,30\text{kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2= 101,04 \text{ N}$
C	$50\text{kg} \times (7,3+50,7+2 \times (0,7+1,6+2,6))/100=33,90\text{kg}$	$33,90\text{kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2= 332,56 \text{ N}$

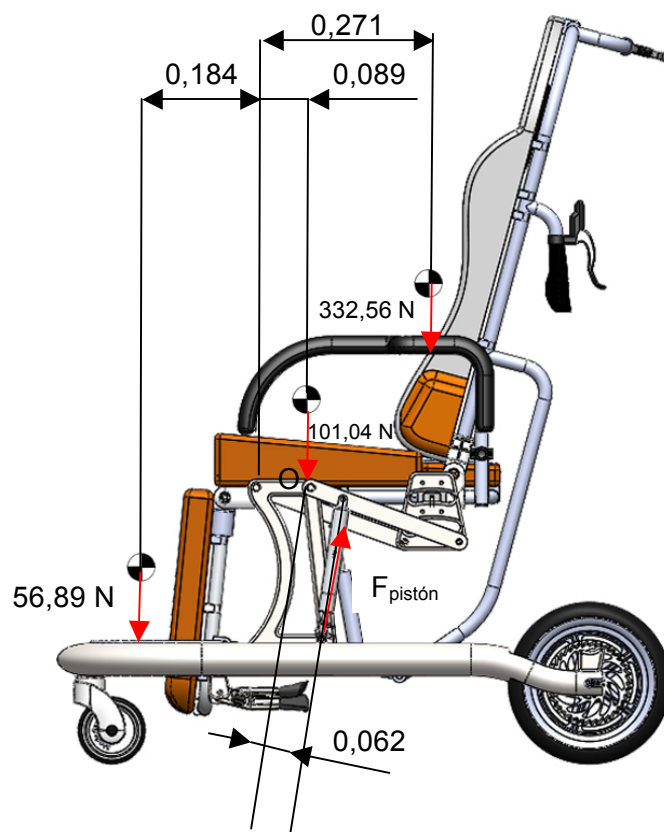
A continuación se muestran las fuerzas aplicadas en sus centro de gravedad para mayor claridad, hay que mencionar que los cálculo se ha obviado la masa de las barras que conforman el mecanismo:



**Figura 6.2.** Centros de gravedad de distintas partes del cuerpo humano con las fuerzas aplicadas para una persona de 50 kg de peso

Una vez determinadas las fuerzas implicadas, se procede al cálculo de las distancias de éstas respecto al punto de articulación de la manivela con la bancada, la cual lleva unida el

pistón, el cual se ha denominado punto O en la figura 6.3:



**Figura 6.3.** Centros de gravedad de distintas partes del cuerpo humano con las fuerzas aplicadas para una persona de 50 kg y las distancias en metros respecto del punto O

#### 6.1.1.1.2. Cálculo de la fuerza del pistón

Para el cálculo de la fuerza del pistón se utiliza la ecuación 6.1, obteniendo con ello el siguiente resultado:

$$\Sigma M = 0 \quad (6.1)$$

$$\Sigma M_O = 0$$

$$F_{\text{pistón}} \times 0,062 + 56,89 \times 0,184 = 101,04 \times 0,089 + 332,56 \times 0,271$$

$$F_{\text{pistón}} \times 0,062 + 56,89 \times 0,184 = 99,116$$

$$F_{\text{pistón}} = (99,116 - 56,89 \times 0,184) / 0,062 = 1429,81 \text{ N}$$

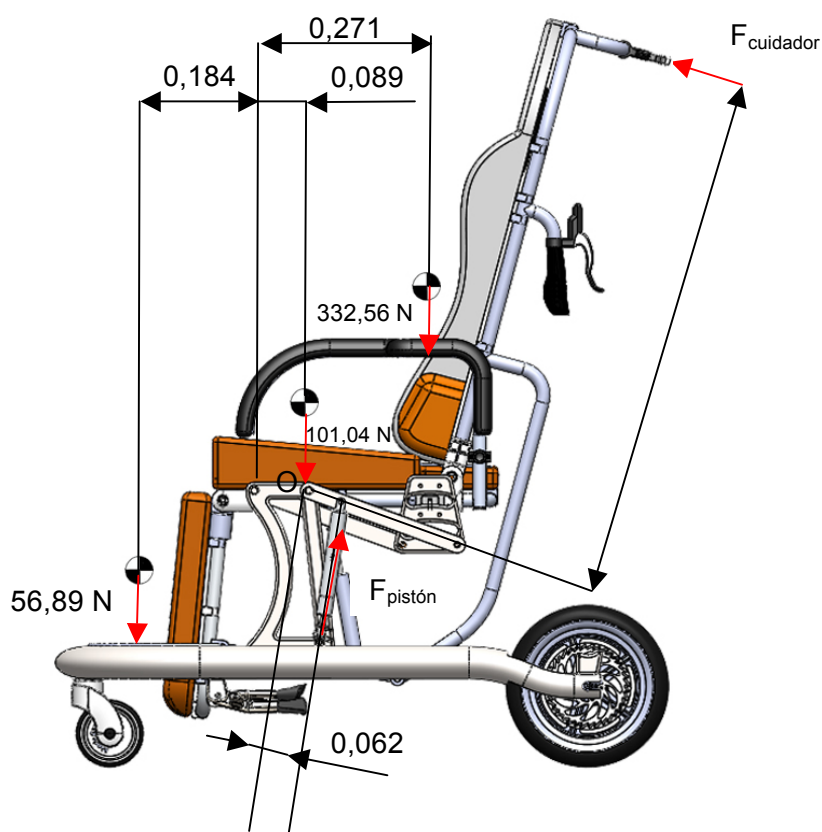
Obviamente no hay ningún pistón con esa exacta medida de Newtons, por lo tanto se deberá escoger alguno que esté por encima o por debajo de ese valor, teniendo en cuenta las consecuencias presentadas en la tabla 6.3:



**Tabla 6-3.** Consecuencias de la fuerza del pistón

Si $F_{\text{pistón}} < 1429,81 \text{ N}$	El pistón ayuda a elevar la silla, mientras que después bajará por su propio peso.
Si $F_{\text{pistón}} > 1429,81 \text{ N}$	El pistón elevará la silla automáticamente una vez se desbloqué el pistón.

En este caso lo que se pretende es que el pistón ayude a elevar la silla, teniendo en cuenta que los pistones del mercado tienen una fuerza de extensión entre 200 N y 1200 N, si se aplicara un sólo pistón de 1000 N entonces la fuerza que debería de hacer el cuidador para elevar la silla sería la siguiente:



**Figura 6.4.** Centros de gravedad de distintas partes del cuerpo humano con las fuerzas aplicadas para una persona de 50 kg y las distancias en metros respecto del punto O

**6.1.1.1.3. Cálculo de la fuerza del cuidador**

Para el cálculo de la fuerza del cuidador se utiliza la ecuación 6.1, obteniendo con ello el siguiente resultado:

$$\text{Si } F_{\text{pistón}} = 1000\text{N}$$

$$\Sigma M_O = 0$$

$$F_{\text{cuidador}} \times 0,993 + F_{\text{pistón}} \times 0,062 + 56,89 \times 0,184 = 101,04 \times 0,089 + 332,56 \times 0,271$$

$$F_{\text{cuidador}} \times 0,993 + F_{\text{pistón}} \times 0,062 = 88,64$$

$$F_{\text{cuidador}} = (88,64 - 1000 \times 0,062) / 0,993 = 26,836 \text{ N}$$

**6.1.1.2. Cálculo de la fuerza del pistón en usuarios de 120 kg**

Una vez se ha calculado la fuerza del pistón y la fuerza que ha de realizar el cuidador para una persona de 50kg, se procede al cálculo de los mismos datos pero para una persona de 120 kg, manteniendo el pistón de 500 N.

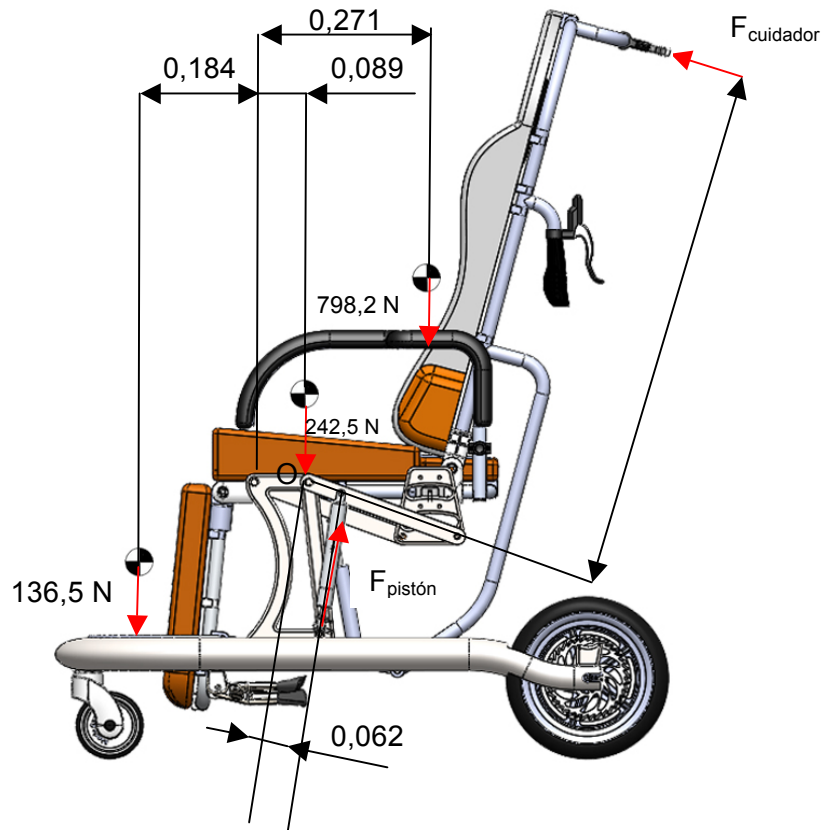
**6.1.1.2.1. Cálculo del peso en los centros de gravedad A, B y C:**

Teniendo en cuenta la Tabla 6.1 se procede al cálculo del peso en los centros de gravedad mencionados anteriormente:

**Tabla 6-4** Cálculo del peso de los centros de gravedad A, B y C para usuario de 50 kg

C.G.	Cálculo	Resultado
A	$120\text{kg} \times 2 \times (1,50+4,30)/100 = 13,92 \text{ kg}$	$13,92\text{kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 136,5 \text{ N}$
B	$120\text{kg} \times (2 \times 10,30)/100 = 24,72 \text{ kg}$	$24,72\text{kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 242,5 \text{ N}$
C	$120\text{kg} \times (7,3+50,7+2 \times (0,7+1,6+2,6))/100 = 81,36\text{kg}$	$81,36\text{kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 798,2 \text{ N}$

A continuación se muestran las fuerzas aplicadas en sus centro de gravedad para mayor claridad, hay que mencionar que para este cálculo se ha obviado la masa de las barras que conforman el mecanismo. También se incluyen las distancias respecto al punto de articulación de la manivela con la bancada, la cual lleva unida el pistón, denominado punto O en la figura 6.5:



**Figura 6.5.** Centros de gravedad de distintas partes del cuerpo humano con las fuerzas aplicadas para una persona de 120 kg y las distancias en metros respecto del punto O

#### 6.1.1.2.2. Cálculo de la fuerza del cuidador

Para el cálculo de la fuerza del cuidador se realiza  $\Sigma M_O = 0$ , obteniendo con ello el siguiente resultado:

$$\Sigma M_O = 0$$

$$F_{\text{pistón}} = 1000 \text{ N}$$

$$F_{\text{cuidador}} \times 0,993 + F_{\text{pistón}} \times 0,062 + 136,5 \times 0,184 = 242,5 \times 0,089 + 798,2 \times 0,271$$

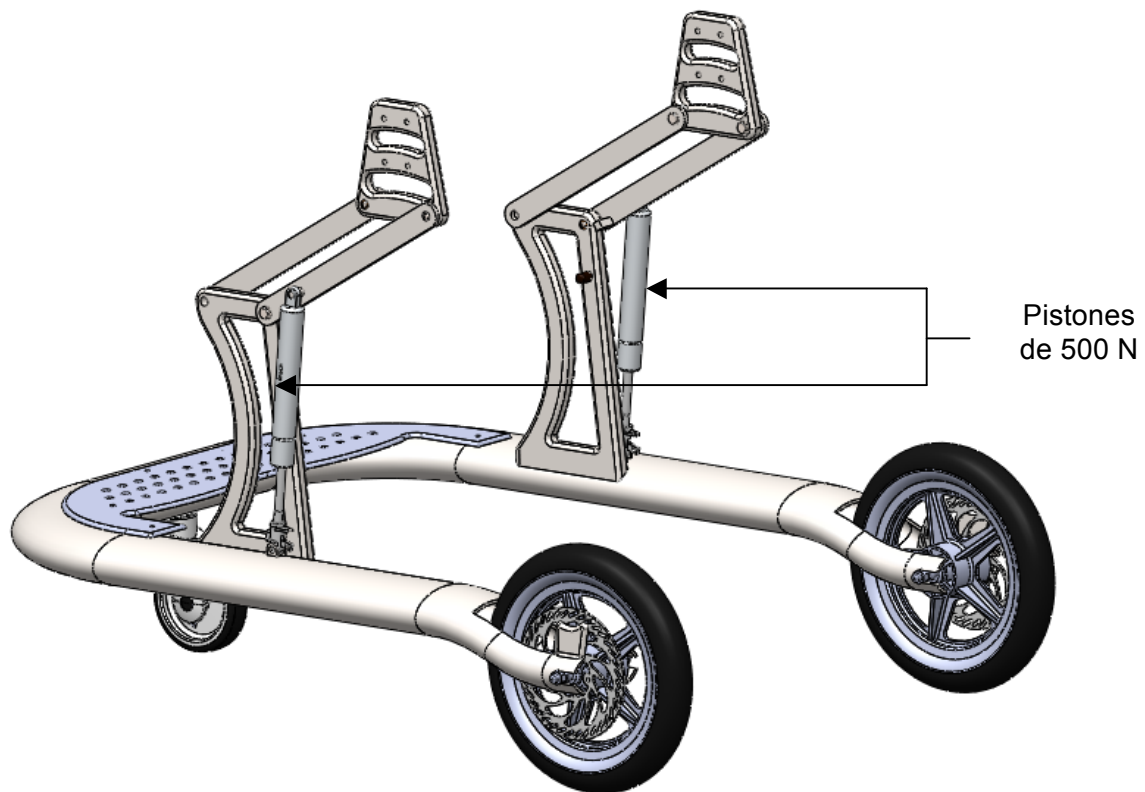
$$F_{\text{cuidador}} \times 0,993 + F_{\text{pistón}} \times 0,062 = 227,42$$

$$F_{\text{cuidador}} = (227,42 - 1000 \times 0,062) / 0,993 = 166,58 \text{ N}$$

### 6.1.1.8 Conclusiones

La fuerza que tiene que realizar el cuidador con una persona de 120 kg es de 166,58 N, mientras que la realizada para una persona de 50 kg es de 26,84 N, valores asumible para el cuidador-

Por lo tanto se plantea la siguiente opción, en lugar de instalar un solo pistón de 1000 N, se decide poner dos pistones de 500 N, adquiriendo con ello una fuerza total en extensión de los pistones de 1000 N tal y como se muestra en la imagen siguiente 6.6:



**Figura 6.6.** Representación de ambos pistones en el mecanismo de elevación

Además, esta opción permite que durante el proceso de elevación se adquiera más estabilidad y simetría que si sólo se usara un sólo pistón, una mejor repartición de los esfuerzos y sollicitaciones.

### 6.1.2. Cálculo de fuerzas del mecanismo de basculación

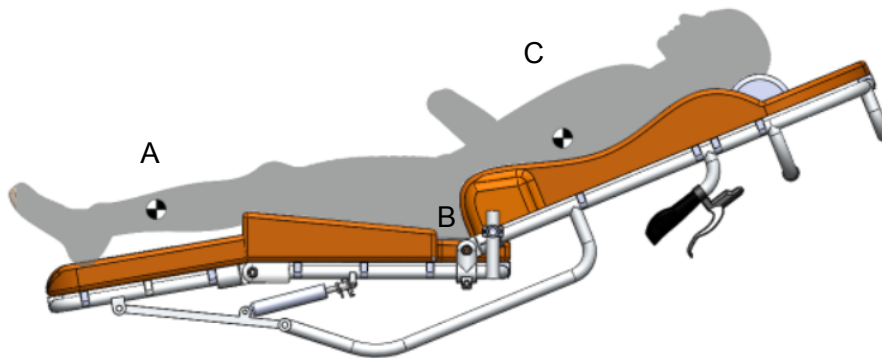
El estudio se centra en la posición tumbada de la silla con el usuario pesado, al ser la más crítica, ya que en esta posición el cuidador deberá hacer una fuerza en sentido opuesto a la gravedad. Mencionar que el cálculo se realiza para los dos casos extremos, para el usuario de 50kg y para el usuario de 120 kg.

#### 6.1.2.1 Esquemmatización del mecanismo

El peso puntual de los muslos no influye en el movimiento de basculación, por lo que ha sido calculada la fuerza resultante en función de las otras dos masas puntuales y del momento que generan, las cuales se representan en la figura 6.7:

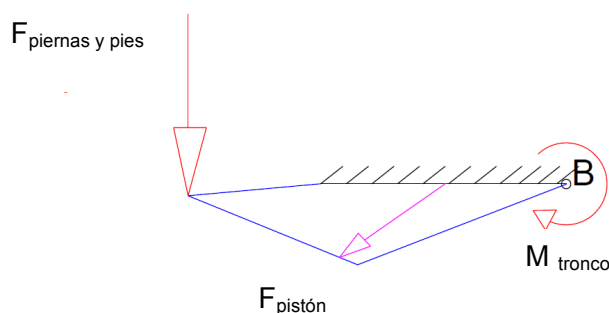
Centro de gravedad A: piernas y pies.

Centro de gravedad C: cabeza, troco, brazo, antebrazo y mano.



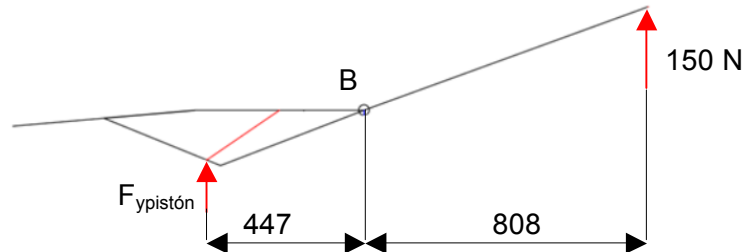
**Figura 6.7.** Posición más crítica con la representación de los centros de gravedad A y C, junto con el punto de rotación B.

Para simplificar el cálculo, se decide esquematizar el mecanismo:



Para conocer la fuerza necesaria que debe ejercer el resorte se ha calculado inicialmente la fuerza del cuidador, que según se ha establecido deberá ser alrededor de 150N, para que cualquier cuidador pueda manejarla sin problemas.

Por descomposición gráfica se encuentra como se descompone en la fuerza de activación del pistón., utilizando la ecuación 6.1:



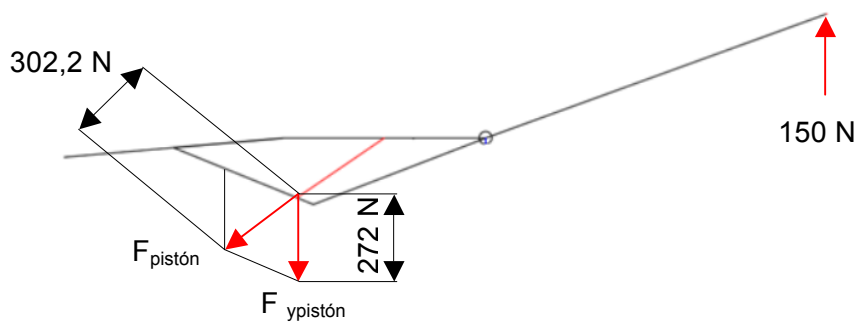
$$\Sigma M_b=0$$

$$150 \cdot 0,808 = F_{ypistón} \cdot 0,447$$

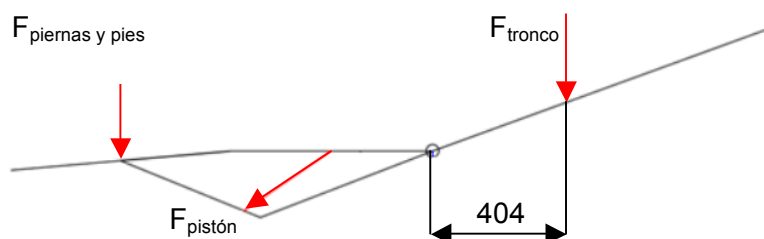
$$F_{ypistón} = 272 \text{ N}$$

A partir de la componente vertical se ha encontrado la fuerza en la dirección del pistón

$$F_{pistón} = 302,2 \text{ N}$$



A continuación se procederá al cálculo del momento originado por el tronco,:



Ha sido calculado el Momento que genera el peso del tronco, para los pesos extremos de los pacientes.

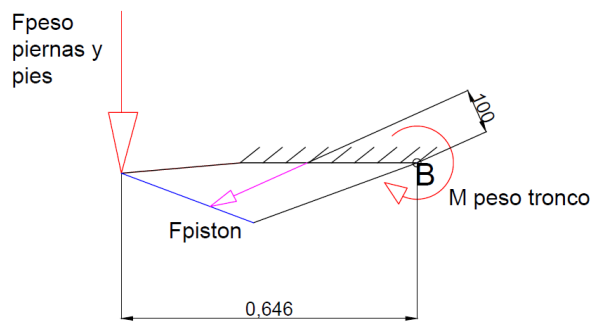
Caso paciente pesado:

$$M_{\text{tronco}} = 798,2\text{N} \cdot 0,404 \text{ m} = 322,48 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Caso paciente ligero:

$$M_{\text{tronco}} = 332,6\text{N} \cdot 0,404 \text{ m} = 134,37 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Una vez encontrado como actúa la fuerza del cuidador sobre el pistón, buscaremos la fuerza total que ha de ejercer el pistón para vencer el peso máximo, para así justificar la elección del pistón.



$$\Sigma M_b = 0$$

$$M_{\text{tronco}} - F_{\text{piernas}} \cdot (0,646\text{m}) = F_{\text{pistón}} \cdot 0,1\text{m}$$

Para el caso del usuario más pesado:

$$F_{\text{PISTÓN}} = \frac{322,48 - 136,5\text{N}(0,646\text{m})}{0,100} = 2326,7\text{N}$$

Para el caso del usuario más ligero:

$$F_{\text{PISTÓN}} = \frac{134,37 - 56,9\text{N}(0,646\text{m})}{0,100} = 969,3\text{N}$$

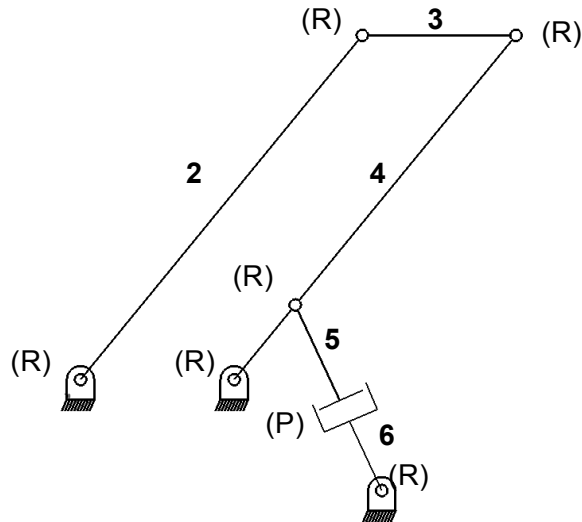
Se ha escogido un sistema de dos pistones colocados de forma simétrica, de 1000N de fuerza de activación para poder incorporar a la persona más pesada, el tipo de pistón es de fuerza regulable, por lo que el cuidador puede determinar la fuerza máxima que ofrece el pistón, siempre por debajo de los 1000N de máxima. El pistón es de recorrido progresivo para evitar movimientos demasiado bruscos en caso de una carga mucho menor que la fuerza liberada por el pistón.

$$F_{\text{cuidador}} = F_{\text{necesaria}} - F_{\text{pistón}} = 2326,7 - 2 \cdot 1000\text{N} = 326,7\text{N}$$

Como se ha determinado anteriormente, los 150N en dirección vertical se traducen en 302N que recibe el pistón por lo que se trata de una fuerza asequible para el cuidador, dentro del rango que hemos considerado mínimo.

### 6.1.3. Cálculo de los grados de libertad del mecanismo de elevación

Para realizar el estudio de los grados de libertad, previamente se ha sintetizado el mecanismo para poder realizar el cálculo, como se puede apreciar está formado por un total de 6 barras unidas entre sí mediante un total de 7 uniones de un grado libertad. En la figura 6.8 se puede observar con mayor claridad donde están situados:



**Figura 6.8.** Síntesis del mecanismo con las uniones y el número de barras.

Una vez observado el número de barras y de uniones, se procede a aplicar el criterio de Grübler-Kutzbach (ecuación 6.2), dónde se cumple:

$$M = 3(n-1) - 2J_1 - J_2 \quad (6.2)$$

M: Grados de libertad

n: número de elementos (eslabones, barras, piezas, etc.) de un mecanismo.

$J_1$ : número de uniones de 1 grado de libertad

$J_2$ : número de uniones de 2 grados de libertad

Aplicando la fórmula anterior se obtiene el siguiente resultado:

n: 6 barras

$J_1$ : 6 de revolución + 1 prismática

$J_2$ : 0 uniones

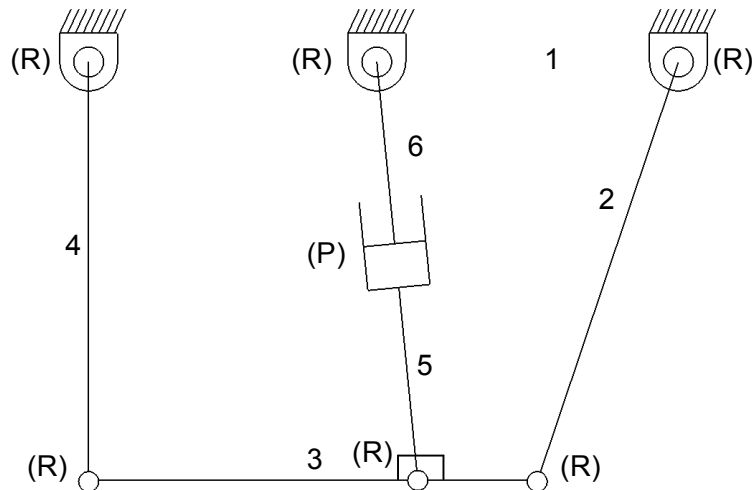
$M = 3(6-1) - 2 \cdot 7 - 0 = 15 - 14 = 1$  grado de libertad

El mecanismo tendrá un grado de libertad, de ahí que sólo haya un pistón.



#### 6.1.4. Cálculo de los grados de libertad del mecanismo

Para realizar el estudio de los grados de libertad, previamente se ha sintetizado el mecanismo para poder realizar el cálculo, como se puede apreciar está formado por un total de 6 barras unidas entre sí mediante un total de 7 uniones de un grado libertad. En la figura 6.9 se puede observar con mayor claridad donde están situados:



**Figura 6.9.** Síntesis del mecanismo con las uniones y el número de barras

Una vez observado el número de barras y de uniones, se procede a aplicar el criterio de Grübler-Kutzbach, mediante la ecuación 6.2, obteniendo con ello el siguiente resultado:

$n$ : 6 barras

$J_1$ : 6 de revolución + 1 prismática

$J_2$ : 0 uniones

$M = 3(6-1) - 2 \cdot 7 - 0 = 15 - 14 = 1$  grado de libertad

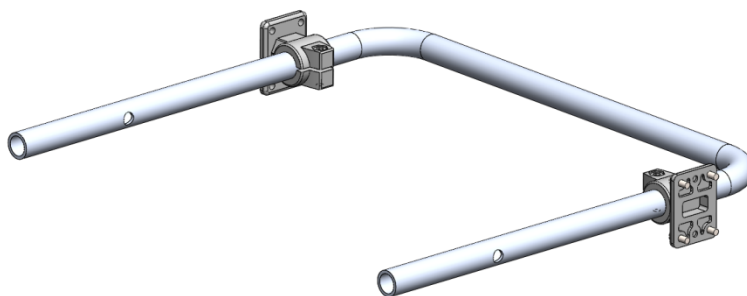
El mecanismo tendrá un grado de libertad, de ahí que también.

### 6.1.5. Cálculo justificativo de la sección del tubo del asiento

En este apartado se procederá a calcular mediante una hipótesis si la sección escogida para el tubo del asiento soportará los esfuerzos a los cuales se verá sometidos cuando el paciente se sienta en la silla.

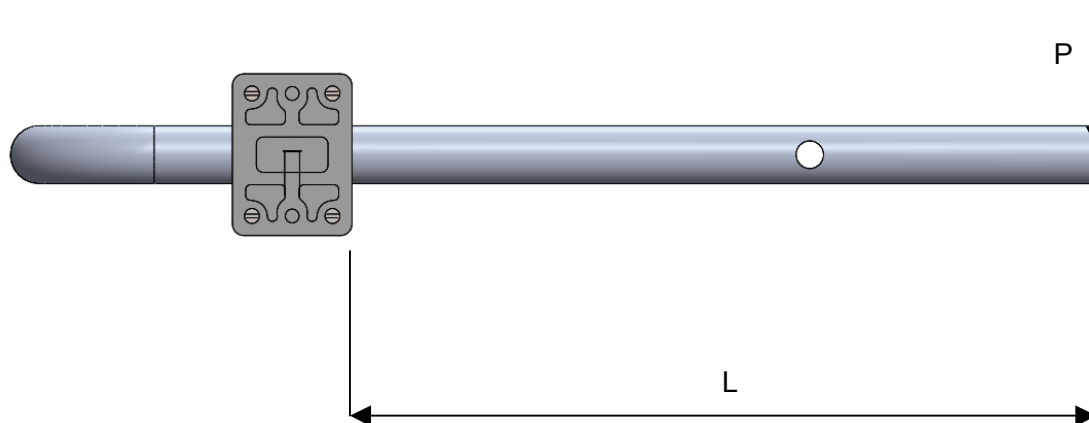
#### 6.1.5.1. Hipótesis para calcular la resistencia del tubo

El tubo del asiento se encuentra en actualmente sujeto mediante dos abrazaderas tal y como se muestra en la figura 6.10:



**Figura 6.10.** Tubo sujeto a las abrazaderas

Teniendo la figura 6.10 en mente, se decide simplificar dicha estructura a una viga empotrada, tal y como muestra la figura 6.11, trabajando solamente con la mitad del tubo.



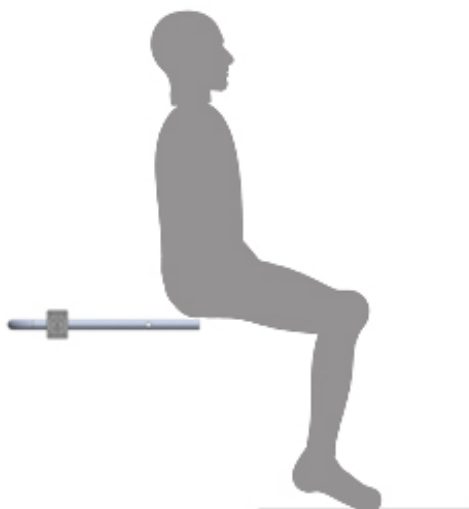
P= Peso que se aplica (N)

L= Distancia de aplicación de la fuerza respecto la bancada (mm)

**Figura 6.11.** Esquema de la viga empotrada

En la hipótesis se estudiará la resistencia del tubo teniendo en cuenta la posición más crítica que se puede crear. Esta posición se refiere cuando el paciente se sienta en el extremo del

asiento, tal y como se muestra en la figura 6.12:



**Figura 6.12.** Situación más crítica para el tubo asiento

Como se puede observar en la figura 6.12, las fuerzas que actúan en la posición más crítica son las suma del peso de la cabeza, el tronco, los brazos, los antebrazos y las manos; el de las extremidades inferiores y los muslos no intervienen ya que van directamente a bancada.

#### 6.1.5.2. Cálculo del peso final que se aplicará

Se procede a la suma de porcentajes de las partes del cuerpo que actuarán en la situación crítica, tal y como muestra la tabla 6-5, a partir de la tabla 6.1:

**Tabla 6-5.** Cálculo del porcentaje del peso total del paciente que intervendrá en la situación crítica.

Fuente	Porcentaje %
Cabeza	7.3
Tronco	50.7
Brazo	$2.6 \times 2 = 5.2\%$
Antebrazo	$1.6 \times 2 = 3.2 \%$
Mano	$0,7 \times 2 = 1.4 \%$
<b>TOTAL</b>	<b>67,8 %</b>

Por lo tanto, teniendo en cuenta que el peso máximo admisible del paciente es de 120 kg, ya se puede realizar el cálculo:

$$P_{\text{máximo del paciente}} = 120 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 1176 \text{ N}$$

$$P = 1176 \text{ N} \times 0,678 = 797,3 \text{ N}$$

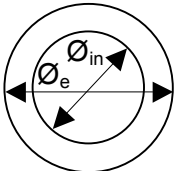
Pero hay que recordar que esta fuerza se divide en dos, puesto que se aplica en ambos extremos del tubo:

$$P_{\text{final}} = 797,3/2 = 398,7 \text{ N}$$

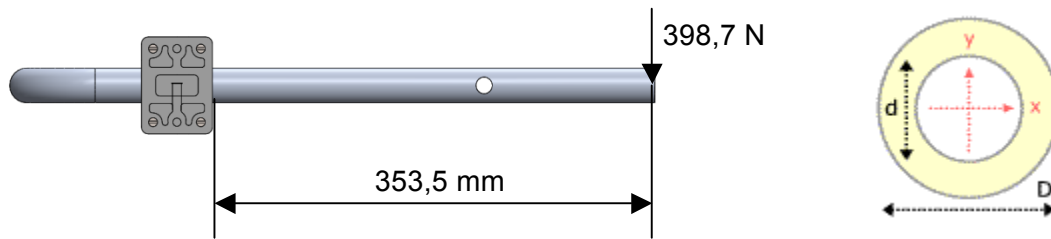
### 6.1.5.3. Cálculo de la resistencia del tubo

Para poder realizar el cálculo, previamente se calculará el momento flector para comprobar si la tensión que produce es inferior a la tensión admisible. Por ello se deben agrupar todos los datos que se requieren para el cálculo (tabla 6.6):

**Tabla 6.6.** Datos requeridos para el cálculo de la resistencia del tubo del asiento

Dato	Denominación	Unidad	Valor
P	Peso	N	398,7
L	Longitud	mm	353,5 mm
R <sub>p</sub> 0,2	Límite elástico	MPa	220
Cs	Coefficiente de seguridad	-	2
σ <sub>adm</sub>	Tensión admisible	MPa	R <sub>p</sub> 0,2/ Cs = 220/2= 110 (6.3)
Sección	 <p>Sección circular                      Ø<sub>ext</sub>= 25 mm                      Ø<sub>int</sub>= 19 mm</p>		
Material	Aleación de aluminio 6063 T6		

Se decide aplicar un coeficiente de seguridad de 2 debido a que el comportamiento de las fuerzas analíticamente no es el mismo al de realidad, por lo tanto se desea asegurar.



**Figura 6.13.** Tubo del asiento con la longitud de la fuerza aplicada

Como se ha mencionado anteriormente, primero se ha de calcular el momento flector del tubo, el cual se calcula mediante la ecuación 6.4:

$$M_{flec} = P \times L \quad (6.4)$$

$M_{flec}$  = Momento flector (N·mm)

P = peso (N)

L = longitud (mm)

$$M_{flec} = 398,7 \times 353,5 = 140940,4 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Seguidamente y teniendo en cuenta la ley de Navier, expresada en la ecuación 6.5

$$\sigma_{adm} = M_{flec} \times Y_{m\acute{a}x} / I_x \quad (6.5)$$

$\sigma_{adm}$  = Tensión admisible

$M_{flec}$  = Momento flector

$Y_{m\acute{a}x}$  = Distancia máxima del eje "x" de la sección hasta la altura máxima de la sección

$I_x$  = Momento de inercia sección transversal respecto el eje x

Se tendrá que:

$$\sigma_{adm} = 110 \text{ MPa}$$

$$M_{flec} = 140940,4 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Y_{m\acute{a}x} = 12,5 \text{ mm}$$

$$I_x = I = \pi (D^4 - d^4) / 64 = 12777,6 \text{ mm}^4$$

Para que el tubo resista se debe cumplir la siguiente expresión:

$$\sigma_{adm} \geq M_{flec} \times Y_{m\acute{a}x} / I_x$$

Teniendo en cuenta esta expresión se obtiene lo siguiente:

$$110 \geq 140940,4 \times 12,5 / 12777,6$$

$$110 \text{ MPa} \not\geq 137,8 \text{ MPa}$$

Este tubo será capaz de soportar el peso del paciente, pero se queda fuera de los parámetros de seguridad establecidos ya que el la tensión admisible se ve superada por el esfuerzo realizado por el momento flector.

#### 6.1.5.4. Selección de otro tubo para el asiento

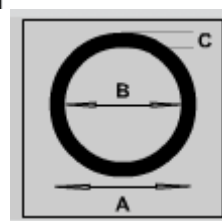
Una vez visto que el tubo previamente seleccionado no cumplirá con los requerimientos establecidos, se procede a escoger cual de los que ofrece el proveedor Lumetal será el adecuado.

Se decide cambiar el diámetro interior puesto que no afectará al resto del conjunto de la silla, como sí lo pudiera hacer el diámetro exterior, en relación de abrazaderas, grapas y uniones.

Teniendo en cuenta que la diferencia es de 27,8 MPa se decide escoger el diámetro interior de 15 mm:

**Tabla 6-7.** Secciones de los tubos de la empresa Lumetal

EXT mm (A)	INT mm (B)	PARED mm (C)	PESO kg/m	ALEACIONES DISPONIBLES SEGÚN MEDIDAS
25	23	1	0,21	6060/6063
25	22	1,5	0,31	5754 - 6060/6063 - 6082 - 7020
25	21	2	0,40	2024 - 5754 - 6060/6063 - 6082 - 6082* - 7020
25	20	2,5	0,49	5083 - 6060/6063 - 6082 - 6082* - 7020
25	19	3	0,58	5754 - 6060/6063 - 6082 - 7020
25	18	3,5	0,66	6060/6063
25	17	4	0,74	6060/6063
25	15	5	0,88	5754 - 6060/6063 - 6082
25	13	6	1,00	2007



Por lo tanto, se vuelve a calcular si este tubo soportará el esfuerzo solicitado siguiendo los mismos pasos anteriores, con la única diferencia de que el diámetro interior pasa de 19 mm a 15 mm. Con ello se obtiene

$$\sigma_{adm} \geq M_{flec} \times Y_{m\acute{a}x} / I_x$$

Teniendo en cuenta esta expresión se obtiene lo siguiente:

$$110 \geq 140940,4 \times 12,5 / 16689,7$$

$$110 \text{ MPa} \geq 105,6 \text{ MPa}$$

Este tubo sí que cumplirá con los parámetros de seguridad establecidos, además no afecta en nada al cálculo puesto que está disponible la misma aleación de aluminio, 6063 T6.

A continuación se procede al cálculo de la deflexión producida.

#### 6.1.5.5. Cálculo de la deflexión del tubo del asiento

Para este caso en concreto, la deflexión se puede calcular mediante la ecuación 6.6 que se corresponde con una viga en voladizo:

$$y = FL^3/3EI \quad (6.6)$$

Donde:

y= deflexión (mm)

F= fuerza aplicada (N)

L= longitud a la que se aplica la fuerza respecto la bancada

E= Módulo de Young (GPa)

I= Momento de inercia de la sección transversal respecto de la fibra neutra

Por lo tanto se tiene que:

y= incógnita

F= 398,7 N

L= 353,5 mm

E= 70 GPa

I=  $\pi (D^4 - d^4) / 64 = \pi (25^4 - 15^4) / 64 = 16689,7 \text{ mm}^4$

Substituyendo en la ecuación:

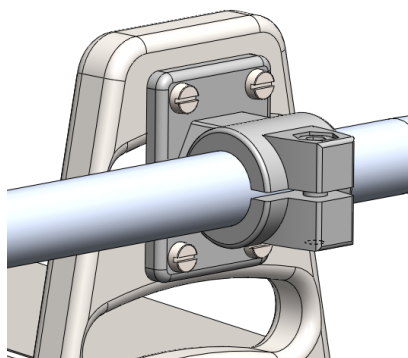
$$y = (398,7 \times 353,5^3) / 3 \times 70 \times 10^3 \times 16689,7 = 5 \text{ mm}$$

La máxima deflexión del tubo será de 5 mm

### 6.1.6. Cálculo de la resistencia de los tornillos de la acopladora

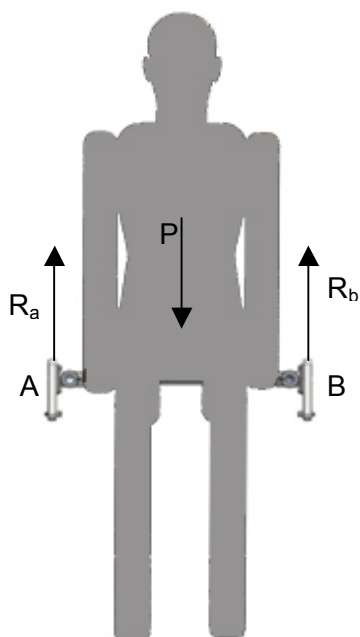
#### 6.1.6.1. Hipótesis planteada para el cálculo

Estos tornillos se corresponden a los empleados en la unión de la abrazadera con el acoplador, empleando un total de 4 por cada una, los cuales son proporcionados por la pieza (figura 6.14):



**Figura 6.14.** Distribución de los 4 tornillos DIN 7380

Para poder realizar el cálculo, la hipótesis que se plantea en este apartado es que se considera que la fuerza que tendrán que soportar los tornillos será el peso de un paciente de 120 kg, tal y como se muestra en la figura 6.15:



**Tabla 6.8.** Datos de la hipótesis planteada

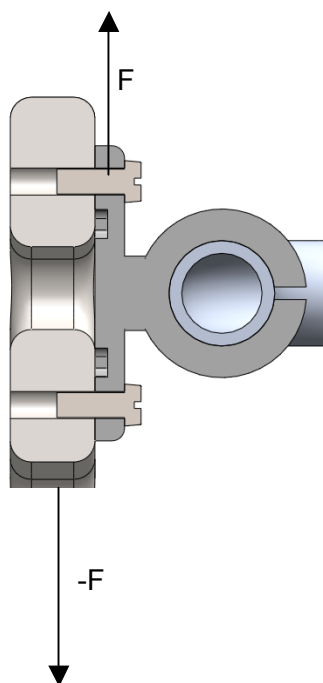
Datos	Cálculo
P (peso)	$P = 120 \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 1176 \text{ N}$
$R_a$ (reacción en A)	$R_a = P/2 = 1176/2 = 588 \text{ N}$
$R_b$ (reacción en B)	$R_b = P/2 = 1176/2 = 588 \text{ N}$

**Figura 6.15.** Hipótesis de trabajo planteada de la resistencia de los tornillos de la abrazadera



### 6.1.6.2. Cálculo analítico de la resistencia de los tornillos

Una vez conociendo las reacciones en A y en B se procede a estudiar sólo una de las dos partes, puesto que ambos puntos son simétricos. Se decide trabajar con la reacción en A teniendo como resultado el siguiente esquema de la figura 6.16:



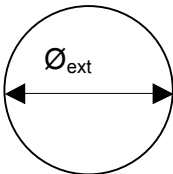
Hay que recordar que la Reacción en A se ha de dividir entre 4 tornillos, por lo tanto la reacción en A se dividirá entre ellos:

$$F = R_a / 4 = 588 / 2 = 147 \text{ N}$$

**Figura 6.16.** Esquema de fuerzas que actúan sobre los tornillos ISO 1207

Se recopilan todos los datos en la tabla 6-9:

**Tabla 6-9.** Datos requeridos para el cálculo de los pasadores del mecanismo de elevación

Dato	Denominación	Unidad	Valor
U	Fuerza cortante	N	147
Sección del pasador	 Sección circular $\varnothing_{\text{ext}} = 5 \text{ mm}$		
A	Área	mm <sup>2</sup>	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 6,25 \pi$
Material	Acero Inoxidable A4		
Grado	4.8		
U <sub>adm</sub>	Tensión cortante admisible	MPa	320

Estos tornillos trabajan principalmente a cizalladura, por lo tanto, se debe cumplir la ecuación 6.7 :

$$\tau_{adm} \geq \frac{U}{A} \quad (6.7)$$

Donde

$\tau_{adm}$  = tensión admisible a cizalladura (viene determinada por el proveedor), en este caso al tratarse de un tornillo de grado 4.8, significa que soporta 400 MPa al 80%, de ahí que sea 320 MPa de  $\tau_{adm}$ .

Se calcula con los datos de la tabla 6.9 y se obtiene:

$$320 \geq \frac{147}{6,25 \pi} = 23,52 \text{MPa}$$

Como se puede apreciar, los tornillos soportarán esta tensión muy fácilmente.

### 6.1.7. Cálculo de las reacciones del mecanismo de elevación

En este apartado se procederá al cálculo analítico de los esfuerzos a los que están sometidos los distintos puntos articulados del mecanismo de elevación.

Previamente al cálculo, se deberá esquematizar el mecanismo para facilitar los cálculos a realizar, figura 6.17.

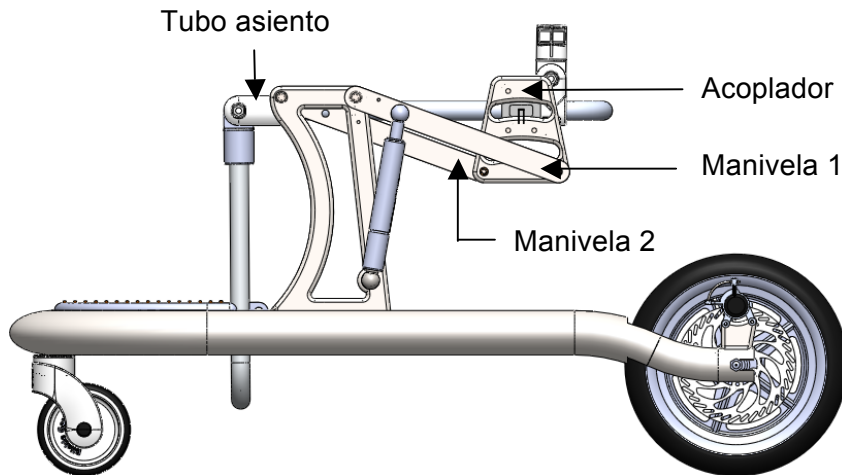


Figura 6.17. Mecanismo a esquematizar.

En el esquema, figura 6.18, se considera que el tubo del asiento, junto con el acoplador, forma una misma barra. En este caso no se tiene en cuenta la fuerza del pistón, puesto que todo el peso se mantiene en los topes:

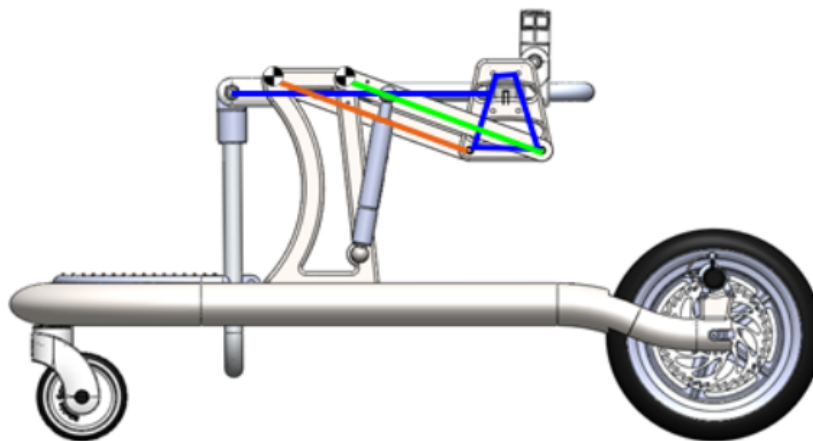
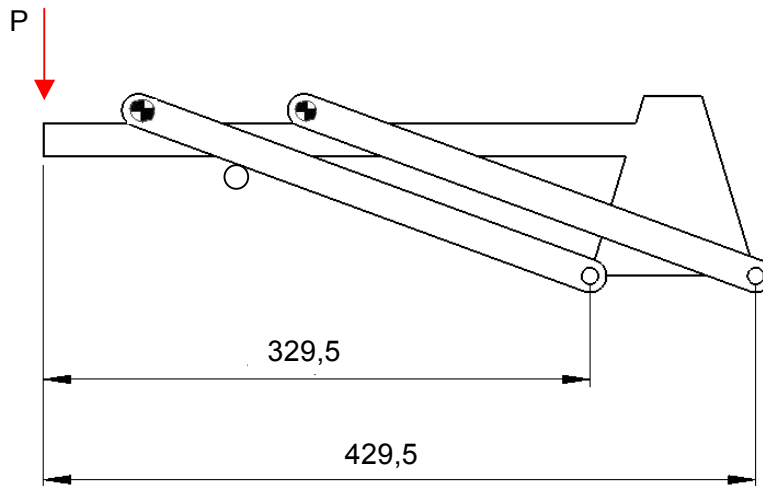


Figura 6.18. Mecanismo esquematizado, donde se representan las distintas barras de un color y la bancada

Teniendo esto en consideración se procede a plantear la hipótesis de estudio, con las fuerzas que actuarán.

### 6.1.7.1. Hipótesis para calcular la resistencia del tubo

A continuación se muestra la posición más crítica para el paciente, que tendrá que soportar la estructura:

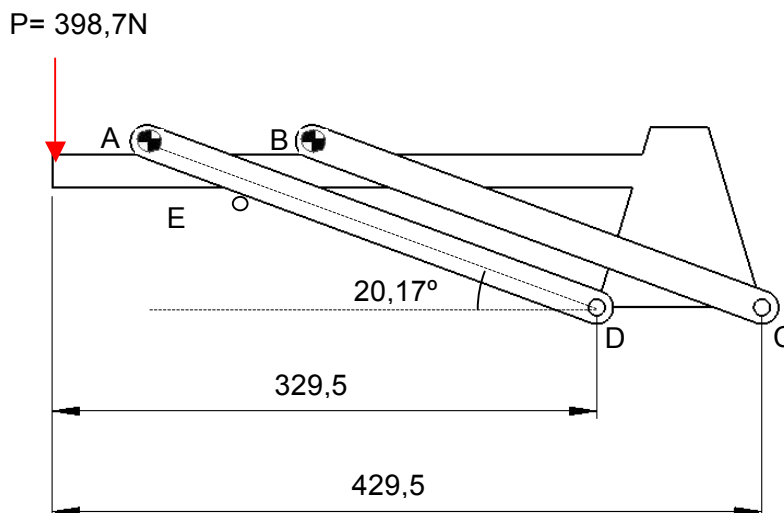


**Figura 6.19.** Mecanismo esquematizado con la fuerza P a aplicar y las dimensiones

El peso que se aplicará será el mismo que en los estudios anteriores

$$P = 797,3/2 = 398,7 \text{ N}$$

Por lo tanto, el estudio a realizar será el siguiente, calculando las reacciones en los puntos A, B, C, D y E:



**Figura 6.20.** Mecanismo esquematizado con la fuerza P a aplicar definitiva

### 6.1.7.2. Cálculo de las reacciones A, B, C, D y E:

Teniendo en mente la figura se procede al cálculo de las reacciones, realizando el diagrama del cuerpo libre de cada una de las partes del mecanismo. En primer lugar se estudiará la pieza que conforma el tubo del asiento y el acoplador.

#### 6.1.7.2.1 Diagrama del cuerpo libre de la pieza tubo asiento y acoplador

El peso de la pieza se considera menospreciable

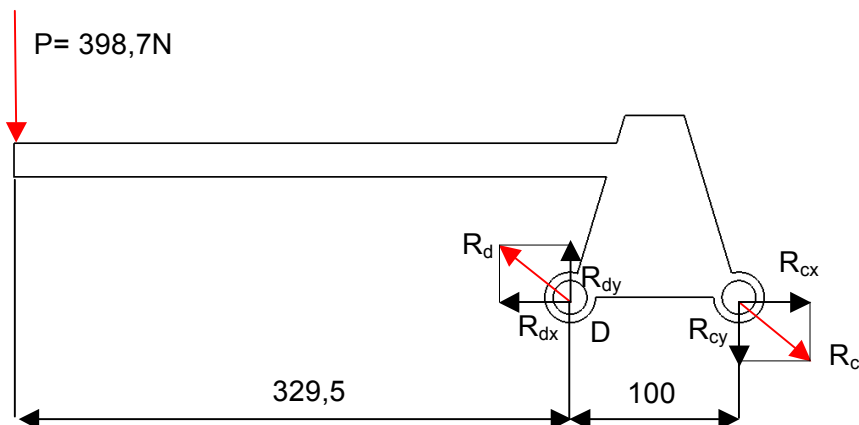


Figura 6.21. Diagrama del cuerpo libre de la pieza tubo asiento y acoplador

Teniendo en cuenta que se debe cumplir la ecuación 6.8:

$$\sum F_x=0; \sum F_y=0; \sum M=0 \quad (6.8)$$

$$\sum F_x=0;$$

$$R_{cx} - R_{dx} = 0$$

$$\sum F_y=0;$$

$$R_{dy} = P + R_{cy}$$

$$\sum M_d=0;$$

$$P \times 0,33 - R_{cy} \times 0,10 = 0$$

Se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$R_{dy} = 398,7 \text{ N} + R_{cy}$$

$$398,7 \times 0,33 = R_{cy} \times 0,10$$

Por lo tanto,

$$R_{cy} = 398,7 \times 0,33 / 0,10 = 1315,71 \text{ N}$$

$$R_{dy} = 398,7 + 1315,71 = 1714,41 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta que el ángulo es de  $20,17^\circ$  se pueden obtener las reacciones en x

$$\text{Tang}(20,17^\circ) = 1315,71 / R_{cx}$$

$$R_{cx} = 3581,78 \text{ N}$$

Recordando que  $R_{dx} = R_{cx}$

$$R_{dx} = -3581,78 \text{ N}$$

Finalmente se calculan los módulos de las fuerzas

$$R_c = \sqrt{R_{cx}^2 + R_{cy}^2} = \sqrt{3581,78^2 + 1315,71^2} = 3815,79 \text{ N}$$

$$R_d = \sqrt{R_{dx}^2 + R_{dy}^2} = \sqrt{3581,78^2 + 1714,41^2} = 3970,93 \text{ N}$$

#### 6.1.7.2.2 Diagrama del cuerpo libre de la manivela 2:

El peso de la pieza se considera menoscupible

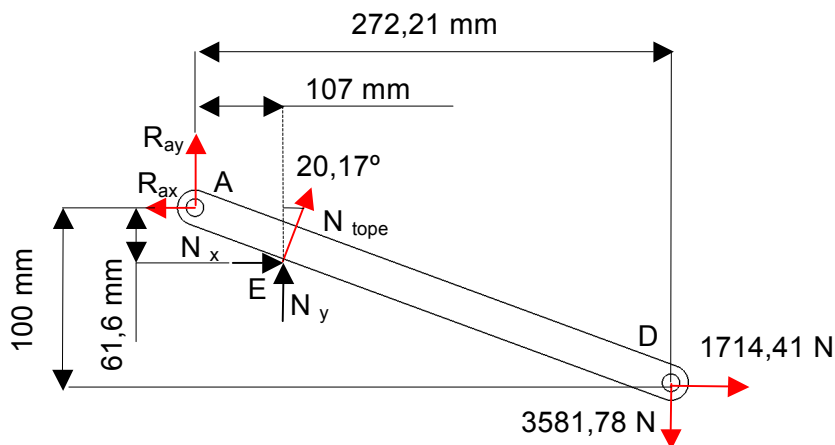


Figura 6.22. Diagrama del cuerpo libre de la manivela 2

Teniendo en cuenta que se debe cumplir que,

$$\sum F_x = 0; \sum F_y = 0; \sum M_d = 0$$

$$\sum F_x = 0;$$

$$R_{ax} = N_x + 1714,41$$

$$\sum F_y = 0;$$

$$R_{ay} + N_y = 3581,78$$

$$\sum M_a = 0;$$

$$N_y \times 0,107 + N_x \times 0,616 + 1714,41 \times 0,1 = 3581,78 \times 0,272$$

En primer lugar se calculará la fuerza normal en el punto E, provocada por el tope mediante la ecuación de los momentos:

$$N_y \times 0,107 + N_x \times 0,616 + 1714,41 \times 0,1 = 3581,78 \times 0,272$$

$$N_{\text{tope}} \cdot \cos(20,17^\circ) \cdot 0,107 + N_{\text{tope}} \cdot \sin(20,17^\circ) \cdot 0,616 + 1714,41 \cdot 0,1 = 3581,78 \cdot 0,272$$

$$N_{\text{tope}} = (3581,78 \cdot 0,272 - 1714,41 \cdot 0,1) / (\cos(20,17^\circ) \cdot 0,107 + \sin(20,17^\circ) \cdot 0,616)$$

$$N_{\text{tope}} = 802,80 / 0,313 = 2566,17 \text{ N}$$

Con esto ya se pueden calcular las reacciones en A:

$$R_{ax} = N_x + 1714,41 \text{ N}$$

$$R_{ax} = 2566,17 \cdot \sin(20,17^\circ) + 1714,41 = 2599,24 \text{ N}$$

$$R_{ay} + N_y = 3581,78 \text{ N}$$

$$R_{ay} = 3581,78 - 2566,17 \cdot \cos(20,17^\circ) = 1172,98 \text{ N}$$

Con esto ya se puede calcular el módulo de la reacción en A:

$$R_c = \sqrt{R_{ax}^2 + R_{ay}^2} = \sqrt{2599,24^2 + 1172,98^2} = 2851,65 \text{ N}$$

### 6.1.7.2.3 Diagrama del cuerpo libre de la manivela 1:

El peso de la pieza se considera menoscpreciable.

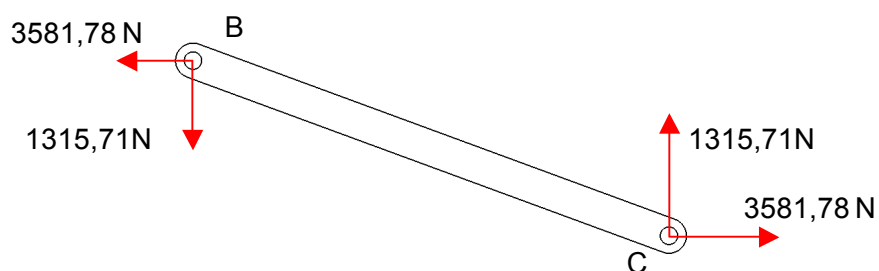


Figura 6.23. Diagrama del cuerpo libre de la manivela 1

Como se puede observar, las reacciones en el punto B serán las mismas que en el punto C pero en sentido contrario.

### 6.1.7.3 Cálculo del esfuerzo a soportar por los pasadores del mecanismo de elevación

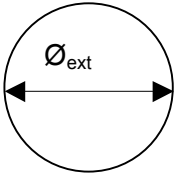
Como se ha podido apreciar en el apartado anterior, cada punto de articulación estará sometido a fuerzas de reacción originadas por el peso del paciente cuando se sitúa en la posición más crítica.

Teniendo en cuenta que la máxima fuerza calculada ha sido de 3970,93 N, de la reacción en el punto D, se trabajará con este dato para poder comprobar si el diámetro actual del que disponen los pasadores soportarán la tensión originada por dicha fuerza.

En principio se parten de pasadores diámetro 8 de aluminio, los cuales se deberán cambiar o permanecer intactos en función del cálculo siguiente.

Se recopilan todos los datos en un cuadro:

**Tabla 6-10.** Datos requeridos para el cálculo de los pasadores del mecanismo de elevación

Dato	Denominación	Unidad	Valor
U	Fuerza cortante	N	3970,93
R <sub>p</sub> 0,2	Límite elástico	MPa	220
Cs	Coficiente de seguridad	-	2
σ <sub>adm</sub>	Tensión normal admisible	MPa	R <sub>p</sub> 0,2/ Cs = 220/2 = 110
U <sub>adm</sub>	Tensión cortante admisible	MPa	0,8 · σ <sub>adm</sub> = 110 · 0,8 = 88
Sección del pasador	 <p>Sección circular Ø<sub>ext</sub> = 8 mm</p>		
A	Área	mm <sup>2</sup>	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 16 \pi$
Material	Aleación de aluminio 6063 T6		

Al tratarse de un pasador, el esfuerzo que habrá que tener más en cuenta será la cizalladura que se generará en este punto, tal y como se muestra en la figura:



Por lo tanto, se debe cumplir la ecuación 6.7 y calcular con los datos de la tabla 6-10, obteniendo con ello el siguiente resultado:

$$88 \geq \frac{3970,93}{16 \pi} = 79\text{MPa}$$

Los pasadores de 8 mm de diámetro soportarán el esfuerzo, como hay una diferencia de 11 MPa se decide mantener este diámetro en vez de reducirlo.

Además, este diámetro es el mínimo que la empresa Lumetal tiene con aluminio 6063 T6, tal y como se muestra a continuación:

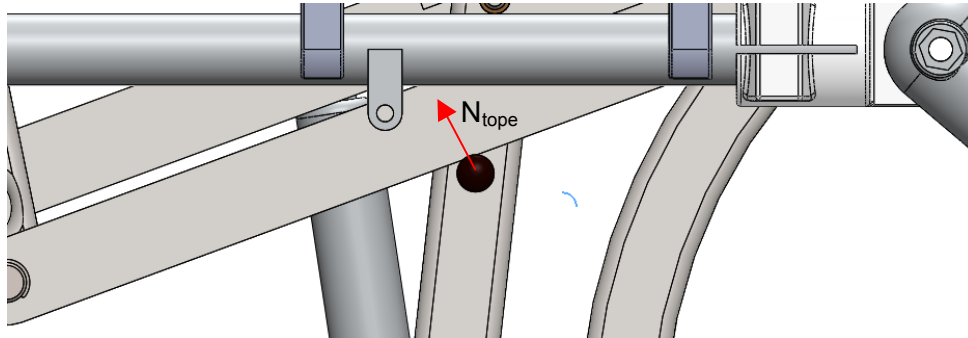
**Tabla 6-11.** Aleaciones disponibles según diámetro de barras redondas de aluminio según empresa “Lumetal S.A”

DIÁMETRO (A) mm	PESO Kg/m	ALEACIONES DISPONIBLES SEGÚN DIÁMETRO
1	0,002	7075
2	0,009	7075
3	0,020	5754 - 6060 - 6061 - 7075
3,2	0,023	1080 - 5754
4	0,036	1050 - 2011 - 6082
5	0,06	2007 - 2011 - 5005
6	0,08	1008 - 2007 - 2011 - 2024 - 5754 - 6012 - 6060 - 6061 - 7020 - 7075
7	0,11	2007 - 2011 - 2024 - 5083 - 5754 - 7075
8	0,14	1008 - 2007 - 2011 - 2024 - 5754 - 6012 - 6060 - 6061 - 6063 - 6082 - 7020 - 7075

### 6.1.8. Cálculo del esfuerzo a soportar por los topes

#### 6.1.8.1. Posición límite inferior

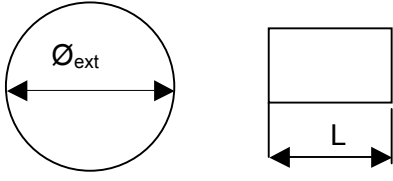
Como en todos los casos anteriores, el punto más crítico será cuando el usuario de 120 kg se sienta en el extremo del asiento. Por ello, se necesita saber cuál es la fuerza que actúa en esta zona, la cual se ha calculado anteriormente, la  $N_{\text{tope}}$  con un valor de 2566,17 N, véase figura 6.3:



**Figura 6.24.** Posición del tope con la fuerza que ha de soportar

Como se puede apreciar en la figura 6.24, el tope trabaja a cizalladura. Por ello se decide calcular si el diámetro actual del tope soportará el esfuerzo solicitado por esta fuerza. Se recopilan todos los datos en una tabla, 6-12

**Tabla 6-12.** Datos requeridos para el cálculo de los topes en la posición más baja del mecanismo

Dato	Denominación	Unidad	Valor
$\tau$	Fuerza cortante	N	2566,17
$R_p 0,2$	Límite elástico	MPa	355
Cs	Coefficiente de seguridad	-	3
$\sigma_{adm}$	Tensión normal admisible	MPa	$R_p 0,2 / Cs = 355/3 = 118,4$
$U_{adm}$	Tensión cortante admisible	MPa	$0,8 \cdot \sigma_{adm} = 118,4 \cdot 0,8 = 94,72$
Sección del tope	 <p>Sección circular  <math>\varnothing_{ext} = 12 \text{ mm}</math>  <math>L = 5 \text{ mm}</math></p>		
A	Área	mm <sup>2</sup>	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 36 \pi$
Material	Acero S 355 J2 H		

Por lo tanto, se debe cumplir la ecuación 6.7 y calcular con los datos de la tabla 6-12, obteniendo con ello el siguiente resultado:

$$94,72 \geq \frac{2566,17}{36 \pi} = 22,69 \text{ MPa}$$

Con el diámetro establecido el tope soportará el peso del paciente, se ha establecido un coeficiente de seguridad de 3 para asegurar esta pieza, puesto que es un elemento vital.

A continuación se comprueba que el momento flector originado no se vea superado teniendo en cuenta la ecuación 6.4

Con ello se obtendrá lo siguiente:

$$\sigma_{adm} = 118,4 \text{ MPa}$$

$$M_{flec} = 12830,85 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$Y_{m\acute{a}x} = 6 \text{ mm}$$

$$I_x = I = \pi D^4 / 64 = 1017,87 \text{ mm}^4$$

Para que el tubo resista se debe cumplir la siguiente expresión:

$$\sigma_{adm} \geq M_{flec} \times Y_{m\acute{a}x} / I_x$$

Teniendo en cuenta esta expresión se obtiene lo siguiente:

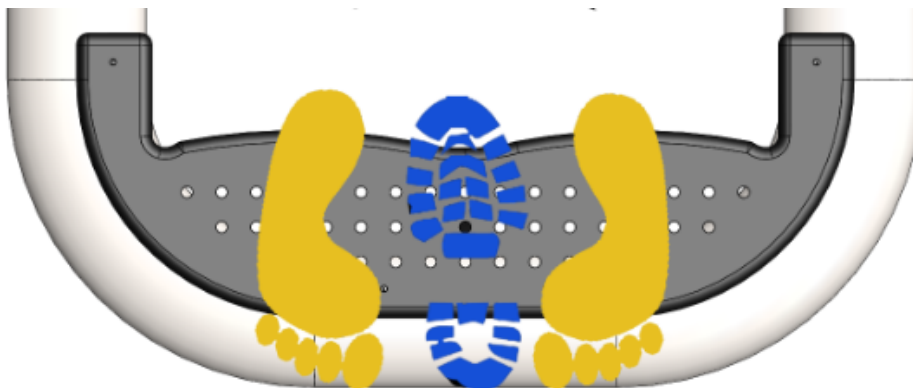
$$118,4 \geq 12830,85 \times 6 / 1017,87$$

$$110 \text{ MPa} \geq 75,63 \text{ MPa}$$

El tope soportará los esfuerzos solicitados.

### 6.1.9. Cálculo del esfuerzo a soportar por el reposapiés y elección de la tornillería

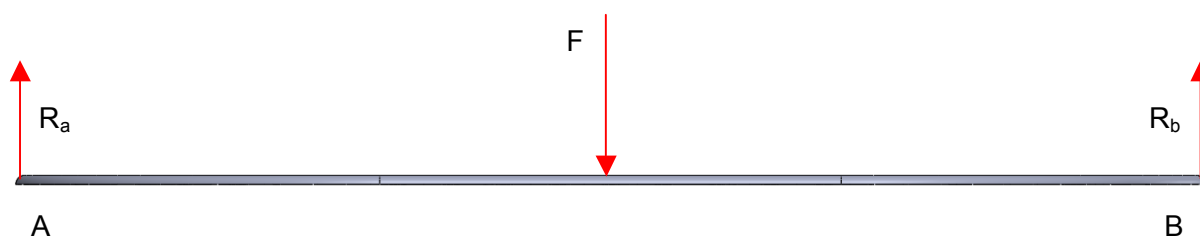
Para el estudio del aparatado del reposapiés se ha tenido en cuenta la situación más crítica, la cual sería cuando el paciente de 120 kg se apoya de pie por completo sobre el reposapiés más el peso de una pierna del cuidador para realizar el traspaso, también se considera de un peso de 120 kg



**Figura 6.25.** Representación de la situación más crítica, siendo los pies de color naranja los del paciente (descalzo) y el azul el del cuidador (calzado)

#### 6.1.9.1. Hipótesis planteada para el cálculo de la tornillería a escoger

Se decide plantear la situación como de una viga biempotrada se tratara, con las fuerzas siguientes aplicadas:



**Figura 6.26.** Diagrama del cuerpo libre de la plancha del reposapiés

Donde,

$$F = 120\text{kg} \cdot 9,8\text{m/s}^2 + 120\text{kg} \cdot 9,8\text{m/s}^2 / 2 = 1764 \text{ N}$$

$$R_a = R_b = F/2 = 882 \text{ N}$$

Los tornillos deberán ser capaces de soportar dicha fuerza, por ello se decide seguir trabajando con los DIN 7380 de grado 4.8 y Acero Inoxidable A4. A continuación se decide que diámetro es el más adecuado:

**Tabla 6-13.** Datos requeridos para el cálculo de los topes en la posición más baja del mecanismo

Dato	Denominación	Unidad	Valor
F	Fuerza	N	882
R <sub>p</sub> 0,2	Límite elástico	MPa	400
C <sub>s</sub>	Coefficiente de seguridad	-	No se decide poner
σ <sub>adm</sub>	Tensión normal admisible	MPa	σ <sub>adm</sub> = R <sub>p</sub> 0,2 · 0,8 = 350
A	Área	mm <sup>2</sup>	A = $\frac{\pi \cdot d^2}{4}$
Material	Acero Inoxidable A4		
Grado	4.8		

Una vez se tienen todos los datos agrupados se procede al cálculo del diámetro del tornillo mediante la ecuación 6.9:

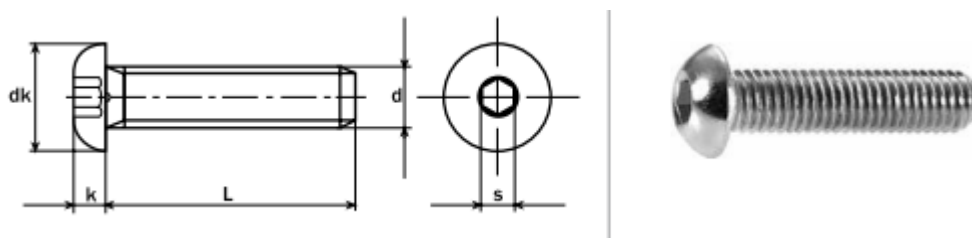
$$\sigma_{adm} \geq \frac{F}{A} \quad (6.9)$$

Por lo tanto el mínimo diámetro que cumpla será el siguiente:

$$350 \geq \frac{882}{A}$$

$$A = 2,52 \text{ mm}^2; d = 1,79 \text{ mm}$$

Teniendo esto en mente, se selecciona el de M4 puesto que la métrica usual más pequeña.

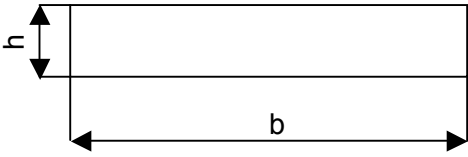
**Tabla 6-14.** Longitudes del tornillo DIN 7380 de la empresa FATOR

d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16
P	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2
dk (max)	5,7	7,6	9,5	10,5	14	17,5	21	28
k (max)	1,65	2,2	2,75	3,3	4,4	5,5	6,6	8,8
s	2	2,5	3	4	5	6	8	10

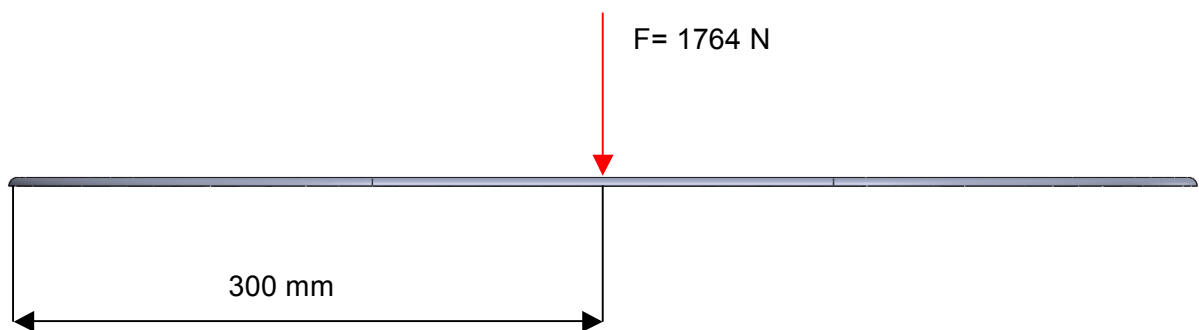
### 6.1.9.2. Hipótesis planteada para el cálculo del espesor de la plancha

Es exactamente la misma que la anterior, pero esta vez se desea calcular si el espesor actual de la placa de polietileno soportará la fuerza de 1764 N.

**Tabla 6-15.** Datos requeridos para el cálculo de los topes en la posición más baja del mecanismo

Dato	Denominación	Unidad	Valor
F	Fuerza	N	1764
R <sub>p</sub> 0,2	Límite elástico	MPa	94,8
Cs	Coefficiente de seguridad	-	1,25
σ <sub>adm</sub>	Tensión normal admisible	MPa	σ <sub>adm</sub> = R <sub>p</sub> 0,2/Cs = 94,8/1,25 = 75,84
Sección reposapiés	 <p>b = 150 mm h = 10 mm</p>		
A	Área	mm <sup>2</sup>	b · h = 1500
Material	Poliamida de nylon 6		

Por ello se decide calcular el momento flector, para asegurar de que no se supera la tensión admisible, teniendo en cuenta la siguiente hipótesis:



**Figura 6.27.** Distancia a la que se aplica la fuerza en el reposapiés

Se procede al cálculo de la resistencia de dicho material mediante la ecuación 6.5:

$$\sigma_{adm} \geq \frac{M_{flec} \cdot y_{max}}{I_x}$$

Substituyendo los parámetros en las ecuaciones se han obtenido estos datos:

$$M_{flec} = 1764 \cdot 300 = 529200 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$y_{max} = 5 \text{ mm}$$

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = 12500 \text{ mm}^4$$

Substituyendo los valores se obtiene el siguiente resultado:

$$75,84 \text{ N} \neq \frac{529200 \cdot 5}{12500} = 211,68 \text{ MPa}$$

El espesor actual de 10 mm no será capaz de soportar este esfuerzo, por eso se decide escoger otra plancha de mayor espesor de la empresa Lumetal:

**Tabla 6-14.** Espesores de las planchas de nylon de la empresa Lumetal

ESPESOR MM (A)	PA6 BLANCO	PA6G BLANCO	PA6 NEGRO	PA6G NEGRO	PA6 + oil VERDE
0,5	•				
0,8	•				
1	•				
1,5	•				
2	•				
2,5	•				
3	•				
4	•				
5	•				
6	•		•		
8	•		•		
10	•	•	•	•	•
12	•	•	•	•	•
16	•	•	•	•	•
20	•	•	•	•	•

Se decide escoger la de 20 mm de espesor y se vuelve a recalcular

$$75,84 \geq \frac{529200 \cdot 10}{100000} = 52,92 \text{ MPa}$$

Con un espesor de 20 mm sí que será capaz de soportar el esfuerzo solicitado.

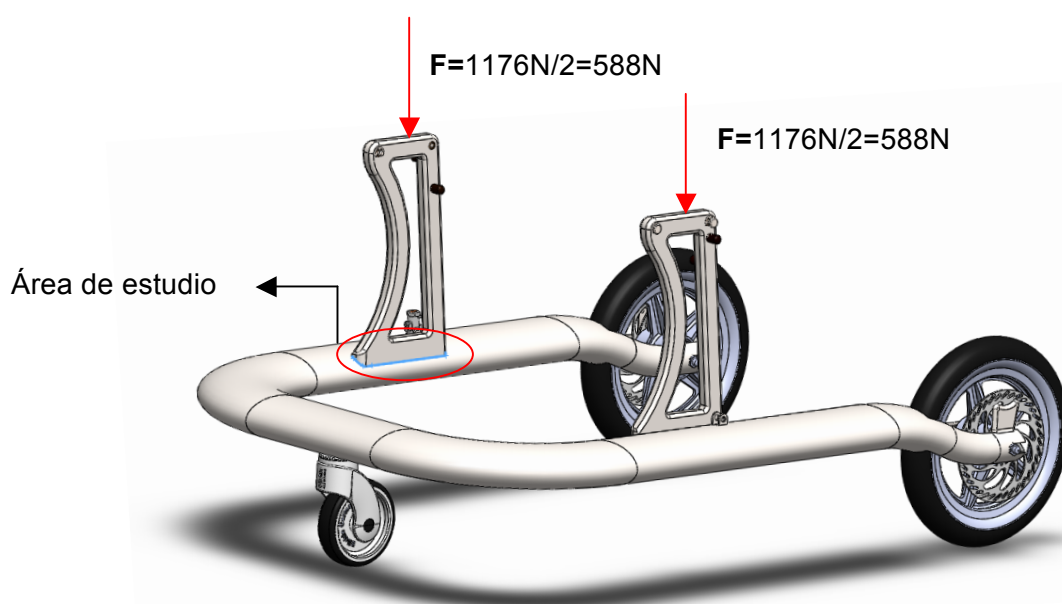
### 6.1.10. Cálculo resistivo de la sección de la base

Para el cálculo resistivo de la sección de la base se ha tenido en cuenta la posición más crítica a la que se expondrá la silla.

#### 6.1.10.1. Hipótesis para calcular la resistencia del tubo elíptico

Se ha calculado la fuerza a cizalla y a torsión que provoca el peso de paciente más pesado (120kg) sobre la base. Se ha estudiado el comportamiento con una distribución idéntica de fuerza entre las dos piezas soldadas sobre la base, la mitad del peso.

Cálculo de la fuerza:  $120\text{kg} \cdot 9,8\text{m/s}^2 = 1176\text{ N}$



**Figura 6.28.** Representación de la situación más crítica que actúa sobre la base, destacando el área que habrá que considerar.

El área de estudio, es la de contacto sobre la base, la cual se muestra a continuación:



$$A = 23 \times 163 = 3749 \text{ mm}^2$$



Este área trabaja a cizalladura, por ello se decide calcular dicha tensión mediante la ecuación 6.8:

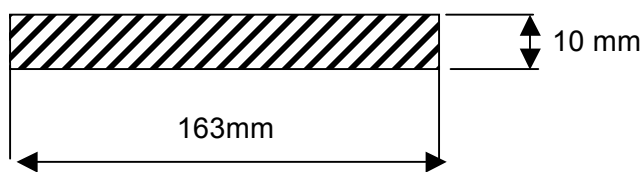
$$\tau = \frac{F}{A_{\text{contacto}}} = \frac{588\text{N}}{3759\text{mm}^2} = 0.15\text{MPa}$$

Al ser tan pequeña en comparación a la resistencia del acero usado se ha considerado que no existirá ni cizalla ni abolladura, por lo tanto se reconsira un redimensionado para reducir material y costes de fabricación.

### 6.1.10.2. Redimensionado de la base

Mediante los anteriores calculos se ha determinado que existe un sobredimensionado, y se ha procedido a redimensionar disminuyendo el espesor, escogiendo un espesor de 10 mm.

Área de contacto sobre la base:



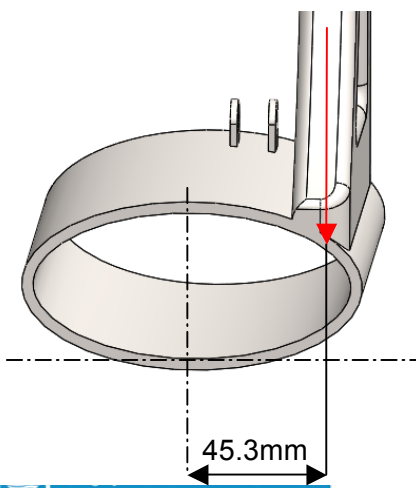
La nueva tensión a cizalla de la base es:

$$\sigma = \frac{F}{A_{\text{contacto}}} = \frac{588\text{N}}{1630\text{mm}^2} = 0,4\text{MPa}$$

A pesar de la reducción de espesor, la pieza seguirá soportando los esfuerzo a cizalladura.

### 6.1.10.3. Cálculo del momento torsor

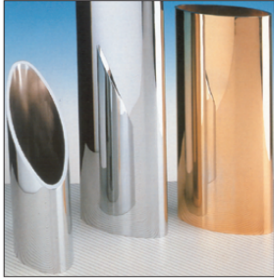
Como la fuerza no esta centrada, se procede a calcular la tensión torsora que provoca esta excentricidad.



**Figura 6.29.** Representación de la fuerza que provoca un momento torsor en la base elíptica.

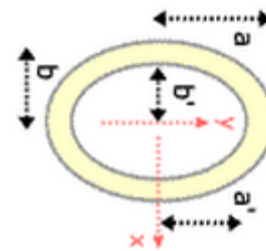
Para poder realizar el cálculo previamente se calculará el área y el módulo resistente del tubo elíptico, con lo que se requieren los datos de las figuras 6.22 y 6.23:

TUBOS ELÍPTICOS (S355 J2 H)



Dimensiones nominales subseries		Dimensiones reales subseries		Espesores subseries							
A	B	A	B	3,2	4	5	6	8	10	12	14
120	60	117	60	★							
150	75	149	70								
180	90	178	90								
220	110	220	106								
250	125	248	109								
320	160										
400	200										
480	240										

Dimensiones standard en stock  
 Dimensiones standard  
 Dimensiones bajo demanda



**Figura 6.30.** Sección del tubo elíptico escogido, datos de fabricante

**Figura 6.31.** Sección de la elipse v distancias respecto eies.

**6.1.10.3.1. Cálculo del área**

Se obtiene mediante la ecuación 6.10:

$$A = \left(\frac{B}{2} \cdot \frac{A}{2}\right) - \left(\frac{B'}{2} \cdot \frac{A'}{2}\right) \tag{6.10}$$

$$A = (60 \cdot 30) - (56 \cdot 26) = 344 \text{ mm}^2$$

**6.1.10.3.2. Cálculo del módulo resistente**

Se obtiene mediante la ecuación 6.11:

$$W_y = \frac{\pi \cdot (a \cdot b^3 - a' \cdot b'^3)}{4 \cdot b} \tag{6.11}$$

$$W_y = \frac{\pi(60\text{mm} \cdot (30\text{mm})^3 - 56\text{mm} \cdot (26\text{mm})^3)}{4 \cdot 30\text{mm}} = 16643,74\text{mm}^3$$

Con estos valores ya se puede calcular el momento torsor que se representaba en la figura 6.29, mediante la ecuación 6.12:

$$\sigma_t = \frac{M_t}{W_y} \tag{6.12}$$

$$\sigma_t = \frac{(588\text{N} \cdot 45.3\text{mm})}{16643,74\text{mm}^3} = 1,6\text{MPa}$$

El valor es demasiado bajo como para considerarlo un punto débil a tener en cuenta.

### 6.1.11. Cálculo del momento flector máximo en la base

Se ha realizado en la posición de elevación máxima y el respaldo a 20° respecto con la vertical, debido que en esta posición la fuerza del peso recae en el punto más alejado entre los apoyos, tal y como se muestra en la figura 6.32:



**Figura 6.32.** Fuerzas y distancias respecto la base.

En esta posición la fuerza del peso genera en la sección base un esfuerzo debido a flexión mediante la ecuación 6.12 y 6.3:

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W_y} = \frac{588\text{N} \cdot 440\text{mm}}{16643,74\text{mm}^3} = 15,54\text{MPa}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{acero}}{C_s} = \frac{355\text{MPa}}{2} = 177,5\text{MPa}$$

La sollicitación mayor es a flexión y es inferior al 10% de la tensión admisible, por lo que es perfectamente resistente, se podría decir que el tubo elíptico está sobredimensionado pero

es la medida mínima de fabricación de este tipo de tubos, y también proporciona una mayor estética.

La disposición de la base no ha sido en el eje fuerte o más resistente de la elipse pero como se ha demostrado es suficiente para soportar todas sollicitaciones y ha sido más cómodo para alojar otros componentes como las ruedas y los discos de freno.

### 6.1.12. Cálculo resistivo de las manivelas

Se ha estudiado el comportamiento de las manivelas que unen el asiento con la base, en dos posiciones críticas.

El material es aluminio 6062 T6.

Dimensiones de la manivelas:

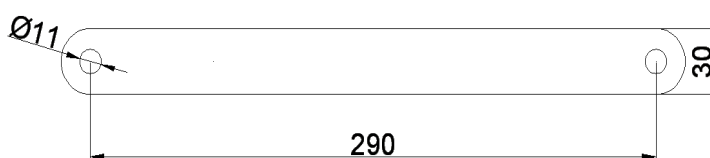


Figura 6.33. Dimensiones de las manivelas

#### 6.1.12.1. Posición crítica 1

Cuando la silla se encuentra a la máxima altura las dos manivelas están sometidas a compresión pura, esta compresión genera una tensión normal y podría producir pandeo, por lo que se ha estudiado para comprobar si se produce una inestabilidad.

Se ha tenido en cuenta la persona más pesada y se ha repartido su peso uniformemente entre las 4 manivelas (dos por cada lado).

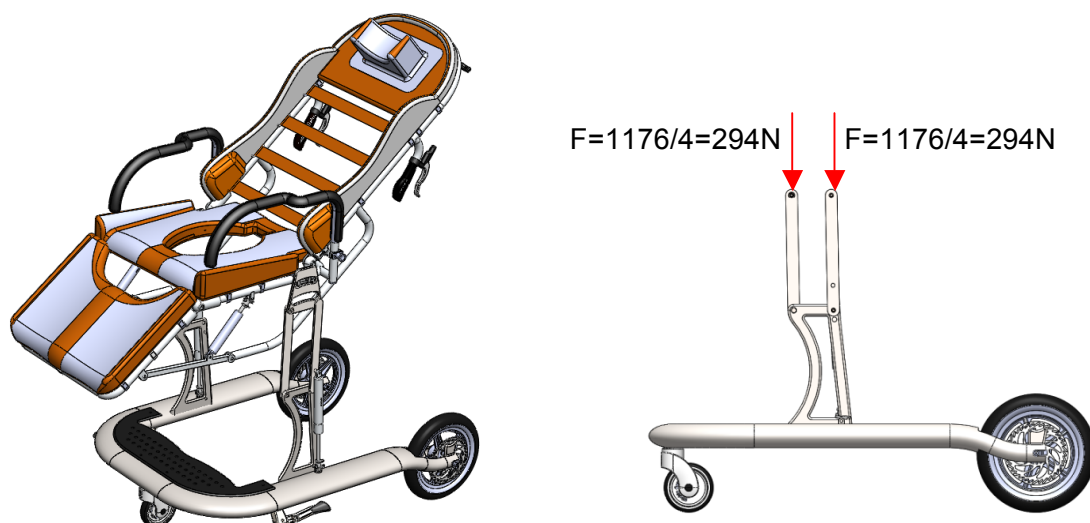


Figura 6.34. Posición 1 más crítica

$$\sigma_N = \frac{F}{A} = \frac{294\text{N}}{(30 \cdot 10)\text{mm}^2 - (11 \cdot 10)\text{mm}^2} = 1.5\text{MPa}$$

La tensión normal a compresión en la zona más crítica, el plano perpendicular a la fuerza centrado en el taladro, tiene un valor de 1.5MPa muy inferior a la tensión admisible del material.

En cuanto al pandeo se ha estudiado como una biga de sección maziza articulada en sus extremos, y se ha calculado la carga crítica para comprobar si se produce un equilibrio inestable. Por ello se emplea la ecuación 6.13:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{L^2} \quad (6.13)$$

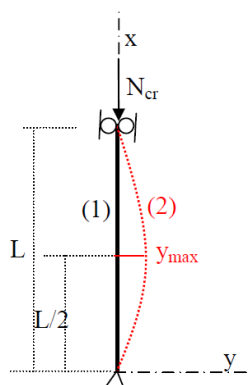
Donde:

$E=70\text{GPa}$

$L= 290 \text{ mm}$

$$I_{min} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{30 \cdot 10^3}{12} = 2500\text{mm}^4$$

Substituyendo los valores en la ecuación 6.13 se obtiene



$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{L^2} = \frac{\pi^2 \cdot 70 \cdot 10^3 \cdot 2500}{290^2} = 20537.22\text{N}$$

Se ha comprobado que el sistema está en equilibrio estable, ya que la carga aplicada es mucho menor que la carga crítica.

### 6.1.12.2. Posición crítica 2

Cuando la carga esta en el punto máximo desplazado respecto al punto de rotación provocando que la tensión debido al momento flector es máxima.

La fuerza que recibe cada manivela, es equivalente al peso máximo entre el número de manivelas  $1176/4=294\text{N}$

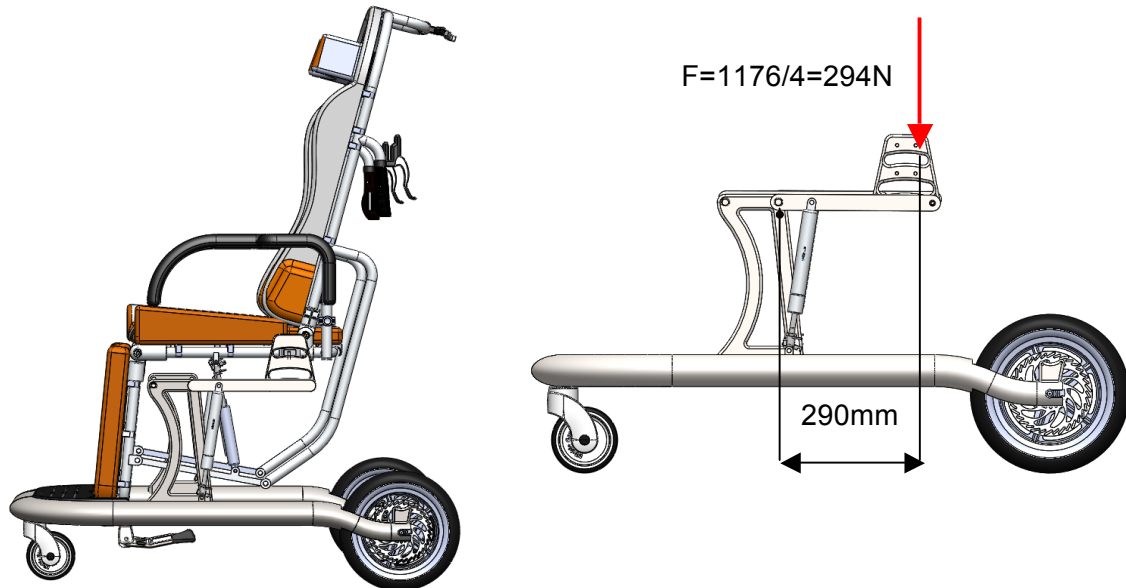
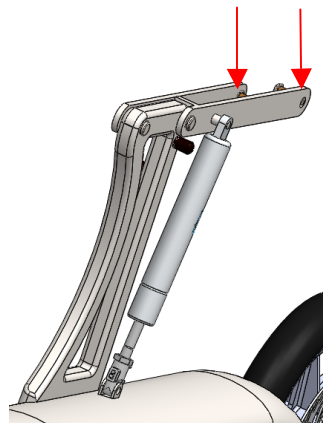


Figura 635. Posición 2 más crítica

$$\sigma_f = \frac{M_f}{I} \cdot y = \frac{294\text{N} \cdot 290\text{mm}}{\frac{10\text{mm} \cdot 30^3\text{mm}^3}{12}} \cdot 15\text{mm} = 56.84\text{ MPa}$$



$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{alum}}{C_s} = \frac{221\text{MPa}}{2} = 110.5\text{MPa}$$

$$\frac{\sigma_{adm} - \sigma_f}{\sigma_{adm}} \times 100 = \frac{110.5 - 56.84}{110.5} \times 100 = 48.5\%$$

Se trata de una tensión importante pero no interfiere en el buen funcionamiento ya que es inferior a la tensión admisible, solo representa un 51.5% de la tensión máxima admisible.

### 6.1.13. Redimensionado

Por los resultados obtenidos se ha procedido a redimensionar las manivelas con el fin de ahorrar material sin que su resistencia a las sollicitaciones existentes se vea disminuida.

El espesor de la manivela se ha reducido a 5mm y se han recalculado las sollicitaciones:

$$\sigma_N = \frac{F}{A} = \frac{294\text{N}}{(30 \cdot 5)\text{mm}^2 - (11 \cdot 5)\text{mm}^2} = 3.1\text{MPa}$$

$$I_{\min} = \frac{30 \cdot 5^3}{12} = 312.5\text{mm}^4$$

$$N_{\text{cr}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{L^2} = \frac{\pi^2 \cdot 70 \cdot 10^3 \cdot 312.5}{290^2} = 2567.15\text{N}$$

$$\sigma_f = \frac{M_f}{I} \cdot y = \frac{294\text{N} \cdot 290\text{mm}}{\frac{5\text{mm} \cdot 30^3\text{mm}^3}{12}} \cdot 15\text{mm} = 113.7\text{MPa}$$

$$C_s = \frac{\sigma_{\text{alum}}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{221\text{MPa}}{114\text{MPa}} = 1.94$$

El sistema sigue en equilibrio estable porque la carga es inferior a la carga crítica, así como las tensiones resultantes son inferiores a la tensión admisible.

### 6.1.14. Cálculo de la resistencia de las tiras

En este apartado se procederá a calcular mediante una hipótesis si la sección de las tiras del respaldo soportará los esfuerzos a los cuales se verá sometidos cuando el paciente se sienta en la silla.

#### 6.1.14.1. Hipótesis para calcular la resistencia de las tiras del respaldo

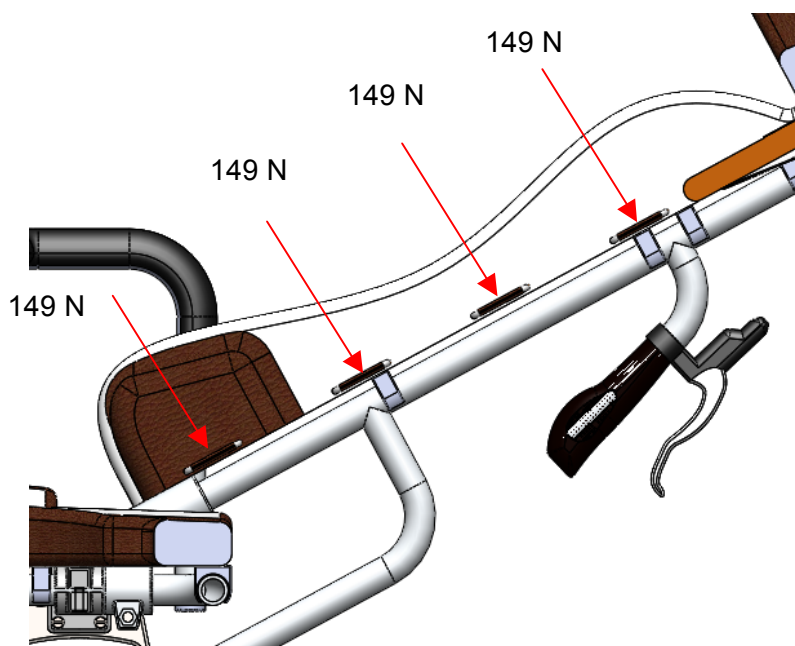
Se tendrá sólo en cuenta el peso del tronco que ejercerá un paciente con el peso máximo de 120 kg. Sólo se considera el tronco puesto que el peso del resto de partes del cuerpo se distribuirá por el resto de elementos de la silla.

Así pues el peso que recibirá cada una de las tiras será el peso del tronco del paciente de 120 kg, el cual representa el 50,7% del total según la tabla 6.1, y se tendrá que dividir por el total de tiras empleadas, en este caso 4:

$$P_{\text{paciente}} = 9,8\text{m/s}^2 \times 120 \text{ kg} = 1176 \text{ N}$$

$$P_{\text{tronco}} = P_{\text{paciente}} \times 0,507 = 1176 \text{ N} \times 0,507 = 596,2 \text{ N}$$

$$F_{\text{tiras}} = P_{\text{tronco}} / 4 = 149 \text{ N}$$

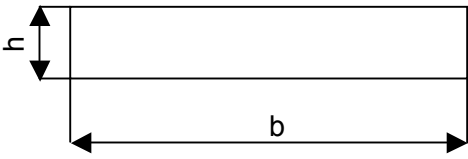


**Figura 6.36.** Representación de la fuerza que recibe cada una de las tiras

Previamente al cálculo se recopilarán los datos en la tabla 6-15

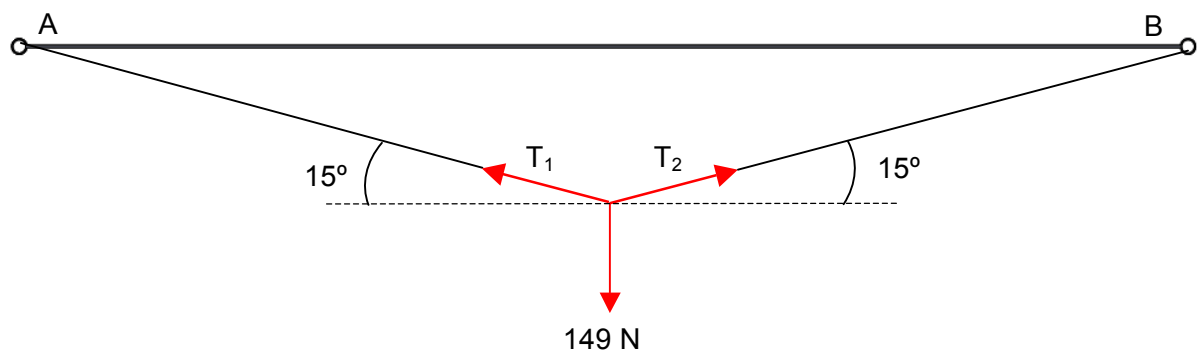


**Tabla 6-15.** Datos requeridos para el cálculo de la resistencia de las tiras del respaldo

Dato	Denominación	Unidad	Valor
F	Fuerza	N	149
R <sub>p</sub> 0,2	Límite elástico	MPa	53,8
C <sub>s</sub>	Coefficiente de seguridad	-	2
σ <sub>adm</sub>	Tensión normal admisible	MPa	σ <sub>adm</sub> = R <sub>p</sub> 0,2/C <sub>s</sub> = 53,8/2 = 26,9
Sección reposapiés	 b = 80 mm h = 2 mm		
A	Área	mm <sup>2</sup>	b · h = 160
Material	Poliuretano		

#### 6.1.14.2. Cálculo de la resistencia a tracción de las tiras

Para ello se debe calcular las reacciones a tracción que provoca la que provoca la fuerza de 149 N en los puntos A y B. Para ello se considera que las tiras realizarán una curvatura de unos 15° que se adaptará a la espalda de la persona:

**Figura 6.37.** Hipótesis planteada para el cálculo de la tiras del respaldo

$$\sum F_x = 0;$$

$$T_1 \cdot \cos 15^\circ = T_2 \cdot \cos 15^\circ$$

$$T_1 = T_2$$

$$\sum F_y = 0;$$

$$T_1 \cdot \sin 15^\circ + T_2 \cdot \sin 15^\circ = 149 \text{ N}$$

$$2 \cdot T_1 \cdot \sin 15^\circ = 149$$

$$T_1 = 287,84 \text{ N}$$

$$T_1 = T_2 = 287,84 \text{ N}$$

Así pues una tira del respaldo deberá soportar 287,84 N. Seguidamente se calcula si soportará la presión provocada por dicha fuerza, mediante la ecuación 6.9:

$$\sigma_{\text{adm}} \geq \frac{F}{A_{\text{contacto}}} = \frac{287,84 \text{ N}}{160 \text{ mm}^2} = 1,80 \text{ MPa}$$

La tira soportará el peso, puesto que la tensión admisible es de 26,9 MPa, lo cual es superior a los 1,80 MPa.

## 6.2 Cálculo por elementos finitos de la plancha del asiento

En este apartado se procede al cálculo por elementos finitos para conocer si el espesor aplicado a la plancha del asiento soportará el peso del paciente de 120 kg. Para ello, se emplea el software Solidworks Simulation, el apartado de análisis estático.

La plancha es de aluminio 6063 T6 con un espesor de 15 mm, y con ello se procede al cálculo siguiendo los siguientes pasos:

### 1- Asignar material

Se le asigna el Aluminio 6063-T6, tal y como se observa en la figura 6.38:

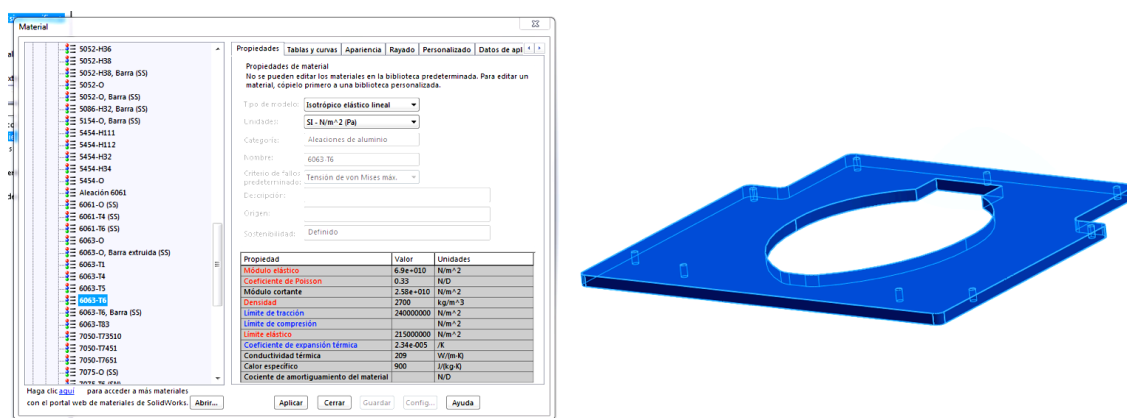


Figura 6.38. Aplicando material a la plancha del asiento

### 2- Aplicar la gravedad

En el sentido que muestra la flecha roja, véase figura 6.39:

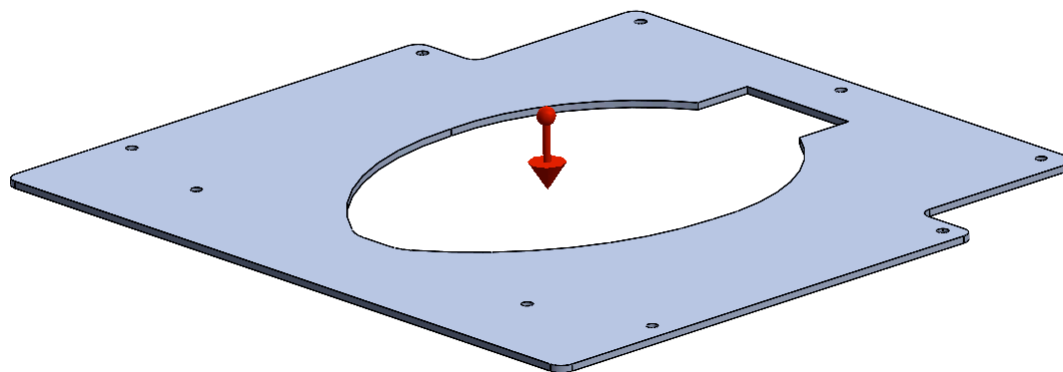


Figura 6.39. Aplicando gravedad a la plancha del asiento

### 3- Marcar las zonas fijas

Se marcan aquellas zonas donde se atornillará la grapa del tubo.

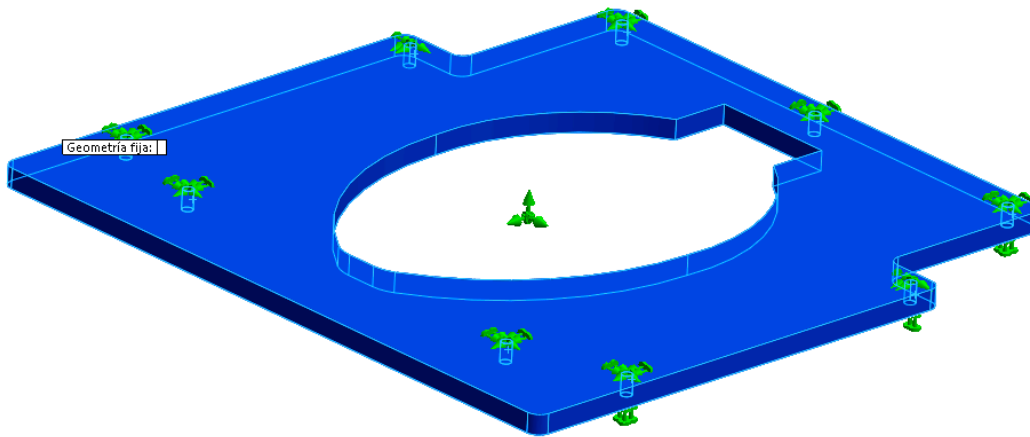


Figura 6.40. Aplicando zonas fijas a la plancha del asiento

### 4- Aplicar la fuerza de 1176 N

Se corresponde con el peso de 120 kg, y se aplica en la cara donde se supone que el usuario se sentará, véase figura 6.41:

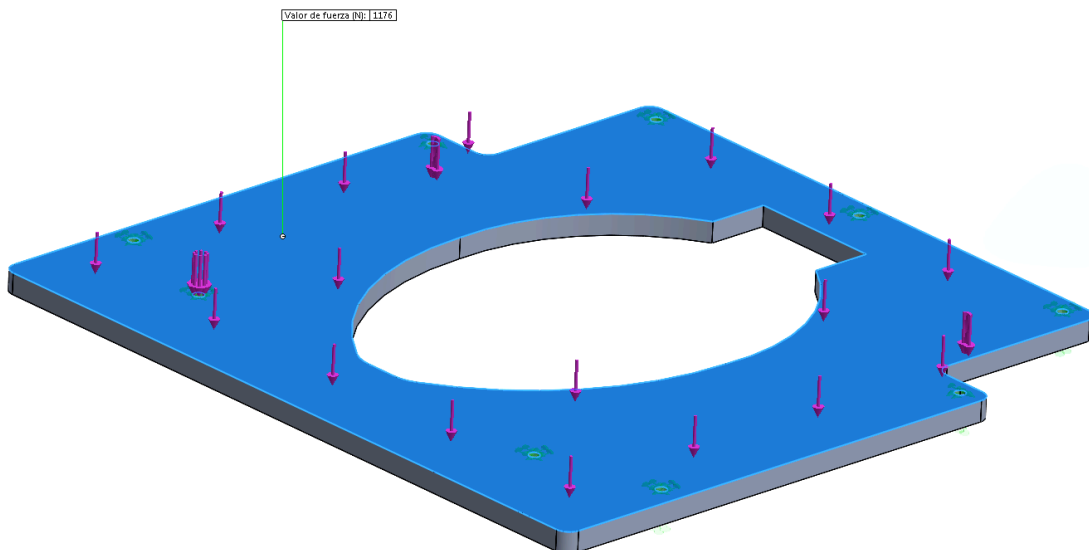


Figura 6.41. Aplicando 1176 a la plancha del asiento

## 5- Mallar el cuerpo

Se emplea un mallado fino para obtener unos datos más precisos.

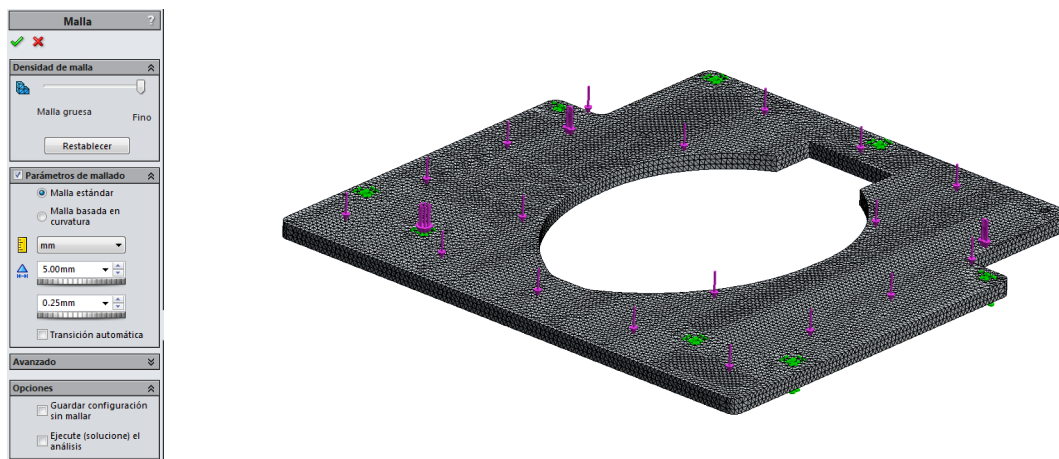


Figura 6.42. Mallando la plancha del asiento

## 6- Interpretación de resultados

Se interpreta el desplazamiento en mm y la tensión máxima de de Von Mises

### Desplazamiento

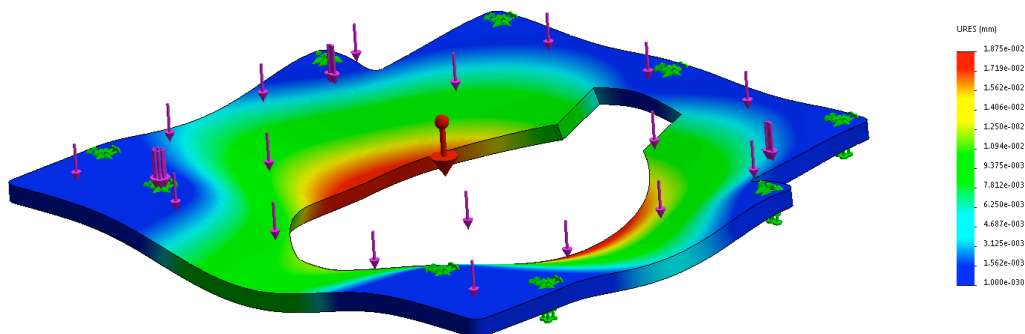


Figura 6.43. Desplazamiento plancha del asiento de 15 mm

El desplazamiento máximo es de  $1.875 \times 10^{-2}$  mm, un valor muy bajo.

### Tensión de Von mises

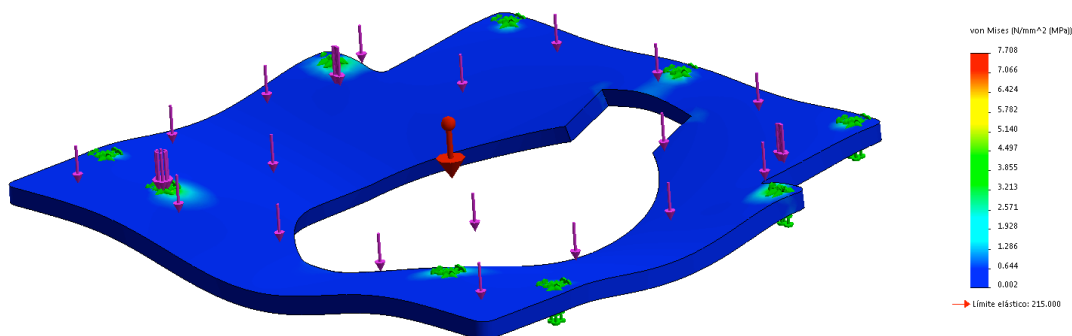


Figura 6.44. Tensiones de Von Mises plancha del asiento de 15 mm

El límite elástico es 30 veces superior a la máxima tensión de Von Mises calculada.

## 7- Rediseño

Como se puede apreciar, 15 mm de espesor está sobre dimensionado, por ello se decide reducirlo a 5 mm, que es el mínimo espesor que ofrece la empresa Lumetal:

## 8- Interpretación de los nuevos resultados

### Desplazamiento

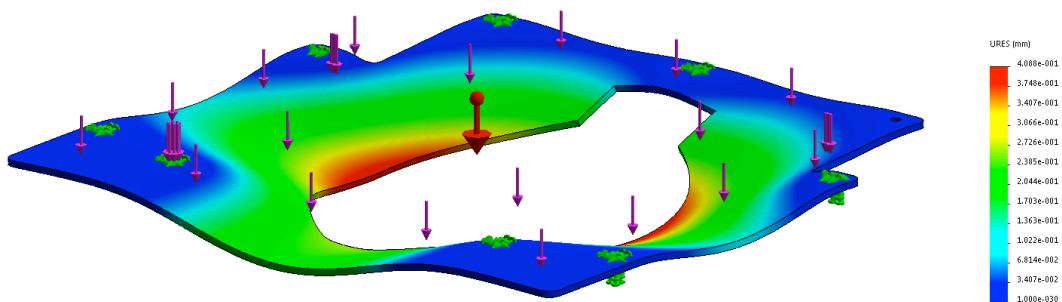


Figura 6.45. Desplazamiento plancha del asiento de 5 mm

El desplazamiento sigue siendo bajo  $4.088 \times 10^{-1}$  mm.

### Tensión de von mises:

Nombre de modelo: plancha asiento 2  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Indeterminado)  
 Tipo de resultado: Análisis estático: tensión von Mises  
 Escala de deformación: 130.872

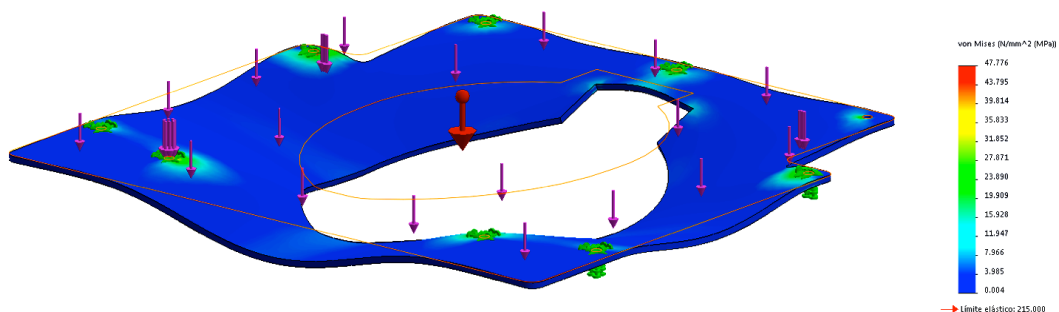


Figura 6.46. Tensiones de Von Mises plancha del asiento de 15 mm

Como se puede apreciar la tensión máxima ha aumentado a casi 50 MPa, pero sigue estando muy por debajo del límite elástico, lo cual proporciona un coeficiente de seguridad de aproximadamente 4.

# PLANOS

## 7. PLANOS

El presente documento tiene una carpeta adjunta en la que se presentan el plano de conjunto e individuales de las piezas correspondientes al diseño de la silla de ducha.

En su interior se podrán encontrar los siguientes:

7.1 Plano de conjunto de la silla de ducha

7.2 Tiras largas del respaldo

7.3 Tubo reposabrazos izquierdo

7.4 Base

7.5 Tubo asiento

7.6 Tubo reposabrazos derecha

7.7 Acolchado de la cabeza

7.8 Velcro reposacabezas

7.9 Acolchado del respaldo

7.10 Acolchado reposabrazos izquierdo

7.11 Acolchado asiento

7.12 Plancha asiento

7.13 Acolchado reposapiernas

7.14 Plancha reposapiernas

7.15 Plancha apoyapiés

7.16 Tubo asiento transversal

7.17 Acoplador basculación

7.18 Acoplador elevación

7.19 Tubo respaldo

7.20 Manivela 1

7.21 Manivela 2

7.22 Plancha respaldo

7.23 Revestimiento apoyapiés

7.24 Unión pistón de basculación

7.25 Acolchado reposabrazos derecho



# PRESUPUESTO

## 8. PRESUPUESTO

### 8.1 Desarrollo del producto

Los costes de desarrollo e ingeniería corresponden a los gastos fijos y se han dividido entre 100 unidades, que corresponde a la previsión de ventas, de esta forma se ha determinado el coste unitario de ingeniería.

**Tabla 8-1.** Costes del desarrollo del producto

### DESARROLLO DEL PRODUCTO

Referencia	Horas de trabajo	Ingeniero del producto	Total	AMORTIZACIÓN DE SOFTWARE	TOTAL RESULTANTE
Conjunto Base	40 h	30,00 €/h	1200,00 €	16,00 €	1216,00 €
Conjunto Elevación	60 h	30,00 €/h	1800,00 €	16,00 €	1816,00 €
Conjunto Basculación	50 h	30,00 €/h	1500,00 €	16,00 €	1516,00 €
Mecanismos	70 h	30,00 €/h	2100,00 €	16,00 €	2116,00 €
Forma y acabado	30 h	30,00 €/h	900,00 €	16,00 €	916,00 €
					<b>7580,00 €</b>

Empleados	Sueldo	Horas de trabajo	Total
Proyectista	22,00 €/h	20,00 h	440,00 €
Departamento compras	10,00 €/h	10,00 h	100,00 €
			<b>540,00 €</b>

Costes de desarrollo	Previsión ventas	COSTE UNITARIO
8120,00 €	100	<b>81,20 €</b>

## 8.2 Pedido de material

En los costes de material se ha desglosado el precio del material en bruto necesario para cada pieza en función de sus dimensiones, peso, y tipo de material, de esta forma se ha obtenido el precio de cada pieza en función de los precios de mercado.

Tabla 8-2. Costes de desarrollo del producto

### PEDIDO MATERIAL

	TUBO	PLANCHA	AREA	PESO	MATERIAL	Precio	Nº piezas	Coste
Estructura respaldo	Ø15x25			3,48 kg	Aluminio 6063 T6	3,40 €/Kg	1 und	11,83 €
Estructura asiento	Ø15x25			0,95 kg	Aluminio 6063 T6	3,40 €/Kg	1 und	3,23 €
Estructura reposapiés	Ø15x25			0,71 kg	Aluminio 6063 T6	3,40 €/Kg	1 und	2,41 €
Reposabrazos izq	Ø15x25			0,38 kg	Aluminio 6063 T6	3,40 €/Kg	2 und	1,29 €
reposabrazos der	Ø15x25				Aluminio 6063 T6			
Plancha asiento		515x505x15		5,74 kg	Aluminio 6063 T6	3,40 €/Kg	1 und	19,52 €
Plancha respaldo		776x526x5		1,65 kg	Aluminio 6063 T6	3,40 €/Kg		5,61 €
Plancha reposapiernas		510X385X4		1,80 kg	Aluminio 6063 T6	3,40 €/Kg	1 und	6,12 €
Acopladora		130X150X10		0,83 kg	Aluminio 6063 T6	3,40 €/Kg	2 und	2,82 €
Biela delantera		350x30x5		0,30 kg	Aluminio 6063 T6	3,40 €/Kg	2 und	1,02 €
Biela trasera			0,30 kg	Aluminio 6063 T6	3,40 €/Kg	2 und	1,02 €	
Barra unión		350x15x15		0,20 kg	Aluminio 6063 T6	3,40 €/Kg	2 und	0,68 €
Base	120X60	2x300x16		41,64 kg	Acero S355J2	1,80 €/Kg	1 und	74,95 €
Reposacabezas		1000x500x30	600000,00 mm2		Espuma poliuretano	12,92€/plancha	1 und	12,92 €
Acolchado respaldo								
Acolchado reposabrazos								
Acolchado asiento								
Acolchado reposapiernas								
Plancha posapiés		700x250x20		0,46 kg	Nylon	3,50 €/Kg	1 und	1,62 €
Revestimiento posapiés		700x250x5	200860,15 mm2		Caucho	23,13€/m <sup>2</sup>	1 und	0,05 €
Tapicería reposapiernas			2000229,46 mm2		Cuerina poliuretano	6,95€/m2		13,90 €
Tapicería asiento								
Tapicería respaldo								
Tapicería de reposabrazos								
Tapicería reposacabezas								
<b>TOTAL</b>								<b>130,51 €</b>

### 8.3. Costes de Fabricación

Los costes de fabricación se han dividido en los costes de pertenecientes a taller mecánico, donde tiene lugar el mecanizado de piezas metálicas (corte láser, soldadura, fresado, torneado, taladrado, etc ) así como su ajuste y posterior montaje. Por otra parte se divide en los costes de taller artesanal, en el cual se lleva a cabo el tallado de los elementos fabricados en espuma de poliuretano y la costura de su correspondiente forro de cuerina de poliuretano.

Tabla.8-3. Costes de fabricación

#### COSTES DE FABRICACIÓN

	HORAS	PRECIO TALLER MECÁNICO	PRECIO TALLER TAPIZADO	TOTAL
Estructura respaldo	1,50h	35 €/h		52,50 €
Estructura asiento	0,50h	35 €/h		17,50 €
Estructura reposapiés	0,25h	35 €/h		8,75 €
Reposabrazos izq	0,25h	35 €/h		8,75 €
Reposabrazos der	0,25h	35 €/h		8,75 €
Plancha asiento	0,50h	35 €/h		17,50 €
Plancha respaldo	0,50h	35 €/h		17,50 €
Plancha reposapiernas	0,25h	35 €/h		8,75 €
Acopladora	0,35h	35 €/h		12,25 €
Biela delantera	0,25h	35 €/h		8,75 €
Biela trasera	0,25h	35 €/h		8,75 €
Barra unión	0,50h	35 €/h		17,50 €
Base	5,00h	35 €/h		175,00 €
Plancha posapiés	0,25h	35 €/h		8,75 €
Revestimiento posapiés	0,25h	35 €/h		8,75 €
Reposacabezas	0,75h		25 €/h	18,75 €
Acolchado respaldo	1,50h		25 €/h	37,50 €
Acolchado reposabrazos DER	0,50h		25 €/h	12,50 €
Acolchado reposabrazos IZQ	0,50h		25 €/h	12,50 €
Acolchado asiento	1,00h		25 €/h	25,00 €
Acolchado reposapiernas	1,50h		25 €/h	37,50 €
Revestimiento reposacabezas	0,50h		25 €/h	12,50 €
Revestimiento respaldo	1,00h		25 €/h	25,00 €
Revestimiento reposabrazos	0,50h		25 €/h	12,50 €
revestimiento posapiés	1,00h		25 €/h	25,00 €
revestimineto asiento	1,00h		25 €/h	25,00 €
tiras largas respaldo	0,15h		25 €/h	3,75 €
tira corta respaldo	0,15h		25 €/h	3,75 €
AJUSTE Y MONTAJE	10,00h	10 €/h		100,00 €
			<b>TOTAL</b>	<b>731,00 €</b>

Precio de procesos de fabricación	731,00 €
descuento por partida de 10und (10%)	73,10 €
<b>PRECIO FINAL</b>	<b>657,90 €</b>

Sobre el precio se ha aplicado 10% de descuento por encargar partidas de 10 unidades, que coincide con el límite de almacenamiento previsto.

## 8.4 Tratamientos de las piezas

Detalla los diferentes tratamientos aplicados para cada pieza así como el precio de este tratamiento por Kg de peso y por tanto por pieza.

**Tabla 8-4.** Costes del tratamiento de las piezas

### TRATAMIENTOS

Pieza	TIPO TRATAMIENTO	Total
Estructura respaldo	ADONIZADO	3,48 €
Estructura asiento	ADONIZADO	0,95 €
Estructura reposapiés	ADONIZADO	0,71 €
Reposabrazos izq	ADONIZADO	0,38 €
Reposabrazos der	ADONIZADO	0,00 €
Plancha asiento	ADONIZADO	5,74 €
Plancha respaldo	ADONIZADO	1,65 €
Plancha reposapiernas	ADONIZADO	1,80 €
Acopladora	ADONIZADO	0,83 €
Biela delantera	ADONIZADO	0,30 €
Biela trasera	ADONIZADO	0,30 €
Barra unión	ADONIZADO	0,20 €
Base	GALVANIZADO	24,98 €
		<b>41,32€</b>

## 8.5 Piezas normalizadas

Listado de los diferentes elementos que existentes en el mercado y por consecuencia no es necesario fabricar, se ha dividido en tortillería, pasadores y arandela de retención.

Tabla 8-5. Coste piezas normalizadas

<b>TORNILLERIA</b>						
Nomenclatura	Referencia	DIN	Unidades	Precio unitario	TOTAL	
Tornillos posapies	Tornillo M4x30	DIN7380	4	0,45 €	1,80 €	
Tornillos abrazaderas	Tornillo M6X20	DIN7380	8	0,35 €	2,80 €	
Tornillos posicionador	Tornillo M4x10	DIN965	4	0,15 €	0,60 €	
Tornillos grapa	Tornillo M6x20	DIN965	26	0,14 €	3,64 €	
Pasador base	Pasador Ø8x16	DIN1473	2	0,52 €	1,04 €	
Pasador pistón basc sup	Pasador Ø8x26	DIN1473	2	0,16 €	0,32 €	
Pasador pistón basc inf	Pasador Ø8x16	DIN1473	2	0,14 €	0,28 €	
Pasador respaldo del	Pasador Ø8x26	DIN1473	4	0,16 €	0,64 €	
Pasador respaldo tras	Pasador Ø8x26	DIN1473	2	0,16 €	0,32 €	
Tuerca fijar pistón	M8 autblocante INOX	DIN985	2	0,17 €	0,34 €	
Arandela de retención	D=8x1	DIN 6799	8	0,02 €	0,16 €	
<b>TOTAL</b>					<b>11,44 €</b>	

## 8.6 Piezas estandarizadas

Listado de los diferentes elementos que existentes en el mercado y por consecuencia no es necesario fabricar.

Tabla 8-6. Coste piezas estandarizadas

<b>ELEMENTOS DE MERCADO</b>						
Nomenclatura	Medida (mm)	Referencia	Material	Unidades	Precio unitario	TOTAL
Maneta Activación	D=25	ALHONGA: H-297PD	Alum+nylon	3	5,34 €	16,02
Empuñadura Maneta	Ø25x100	ALHONGA: B00FOK2DY2	Goma	3	3,87 €	7,74
Posicionador Retractil	Ø6 L=14	ELESA: GN 608.1-6-14	Acero Zinc	1	6,20 €	6,2
Grapas Fijación	D=25	ENGEL AXIL: AC0286E	Nylon	26	0,82 €	21,32
Pinza freno	PACK: 2und	SHIMANO Deore BR-M447	Aluminio	1	18,49 €	18,49
Cable de freno/pistones	1,5+1,5	BANSBACH: 20B1500SPTAP + 20B1500PAKP	Alumi+Teflon	3	8,50 €	25,5
Unión tubos articulada respaldo-base	D=25	ELESA: GN 284-B25-B25-S-1-SW	Aluminio	2	26,20 €	52,4
Abrazadera	D=5	ELESA: GN 146-B25-40-1-SW	Aluminio	2	25,00 €	50
Pistón elevación	D=10/28	STABILUS: 5243HO	Acero Inox	2	37,70 €	75,4
Pistón basculación	D=10/23	BGESPANA: x10JAR12000	Acero Inox	2	48,50 €	97
Casquillo autolubricado	D=8x10x10	OKO: PAP 0810 P10	Bronce	8	4,30 €	34,4
Rueda delantera giratoria	Ø120 H=160	BLICKLE: LWKX-TPA-126XK-FK-ZAX51	TPE + Polipropileno	1	32,00 €	30
Rueda Trasera con freno de disco	D=320	CURRIE TECH: WH-1005-3	Caucho + Aleación	2	44,00 €	88
Cinturón Seguridad	Ancho=70	CLEAN A 828/11		1	32,00 €	32
Pata de Cabra	L=40/60	X-TASY: HX-CA04J	Aluminio	2	9,40 €	18,80
Rejilla posaobjetos	420X250	PICOYA: PY-RED 0033	Nylon	1	6,00 €	6
Velcro	250X100	COSTUKRIK: 221-222	Poliamida	1	5,50 €	5,5
Nylon Sujetacables	20X330	VELCRO: ONE WRAP STRAP 20X330MM	Nylon+Velcro	32	1,20 €	38,4
Pieza union tubos BASE	D=25	ELESA GN 192.1 B25	Aluminio	2	14,30 €	28,6
Tapón tope posición	D=8/16	EGUIA: 0610	polietileno	4	0,37 €	0,74
Tapón reposabrazos	D=25	EGUIA: 06010.025P	Aluminio	2	0,06 €	0,24
Accionamiento pistón	D=10	STABILUS 007409	Acero inox	4	12,20 €	48,8
Unión tubos articulada reposapies-base	D=25	ELESA: GN 286-B25-B25-S-1-SW	Acero inox	2	22,40 €	44,8
Conector tubos para alojar pistón	D=25	ELESA: GN 242-B25-B25-1-SW	Acero inox	2	11,00 €	22
<b>TOTAL</b>					<b>639,75 €</b>	

## 8.7 Precio final del producto

**Tabla 8-7.** Precio final de venta del producto

Detalle	Total
Desarrollo del producto	81,20 €
Coste de producción	657,90 €
Coste de material	130,51 €
Tratamientos	41,32 €
Normalizado	651,19
<b>TOTAL (sin IVA)</b>	<b>1562,12 €</b>

OTROS COSTES		
Imprevistos	10%	156,21 €
Gastos almacenaje	5%	78,11 €
Costes embalaje	1%	15,62 €
Gastos de financiera	3%	46,86 €
<b>COSTE FINAL BRUTO</b>		<b>1858,93 €</b>
Beneficio sobre el coste bruto	20%	371,79 €
Impuesto Sociedades	35%	130,12 €
<b>PRECIO FINAL VENTA</b>		<b>2360,83 €</b>

### CONDICIONES DE PAGO:

- 30% Al Inicio
- 70% En la Entrega

Sobre el coste unitario se han añadido otros gastos como son los imprevistos que pueden surgir durante la fabricación, los gastos de almacenaje y embalaje, y por otra parte los gastos de financiación, que son de un 6% anual, pero como la previsión del periodo de venta es de 6 meses, se aplica el correspondiente 3%.

Sobre el coste bruto aplicamos un beneficio para la empresa de un 20%, posteriormente se aplica el correspondiente impuesto de sociedades que corresponde al 35%, de esta forma se ha obtenido el precio neto de venta.

El Beneficio real corresponde un 13% debido a que sobre el beneficio bruto también se ha aplicado el tributo de impuesto de sociedades.

Los gastos de transporte no se han tenido en cuenta, ya que serán tarificados directamente

al cliente según mercado de empresas externas de transporte.

# CONCLUSIONES





## 9. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un modelo de silla para el aseo de personas con discapacidad que destaca con los productos existentes en el mercado, por su elevado grado de funcionalidad, su elevado número de posiciones y amplitud de ángulo de basculación, por su adaptación al usuario (válida para perfiles de usuarios diferentes), un apariencia distinguida sobria y atractiva, resistente tanto a esfuerzos como a la oxidación por la constante exposición al agua, y todo esto a un precio menor que los antecedentes de mercado.

Se trata de un producto innovador, el uso del cual puede reducir de forma importante las cargas y lesiones de los empleados en los centros de soporte para minusválidos, también minimizar la secuencia de trasposos de las centros de cuidados, a la vez que proporciona al paciente tranquilidad y relajación, al hacer el proceso de lavado más cómodo debido a qué las posiciones que adquiere no son tan violentas como en las sillas que hay en el mercado.

El impacto ambiental del producto es reducido debido a que está constituida por materiales reciclables, tanto los metales; el acero y aluminio (sus respectivos tratamientos no son ningún obstáculo), como la espuma de poliuretano y el cuero sintético de este mismo material, que también son reciclables, de forma mecánica o químicamente.

Finalmente mencionar que este se trata de un primer paso para realizar este producto, y obviamente requerirá de rediseño para mejorarlo, pero esto se realizará una vez se tenga el prototipo. Esto debe a que con él se podrá apreciar si se requieren de cambios para mejorar la interacción usuario producto, haciendo con ello un producto más competitivo.

# AGRADECIMIENTOS

## 10. AGRADECIMIENTOS

Este Trabajo Final de Carrera no podría haberse realizado sin los conocimientos adquiridos en la *Universitat Politècnica de Catalunya*. Este proyecto se ha desarrollado gracias a Fundación Ave María de Sitges, la cual ha estado siempre dispuesta a atendernos para solucionar cualquier duda y/o aportando información de primera mano sobre los usuarios y la problemática con las sillas de ducha actuales. En el contacto con dicha Fundación se debe a la asociación +DI, a la cual se le agradece profundamente esta ayuda.

Por último y no menos importante, sin las orientaciones, consejos y estímulos del profesor Juan José Vázquez Solsona el trabajo tampoco se hubiera podido realizar, al cual se le agradece su disposición para atender las dudas que aparecían durante el desarrollo del trabajo.

# REFERENCIAS

## 11. REFERENCIAS

### 11.1. Bibliografía

- [1] CENTRO DE REFERENCIA ESTATAL DE ATENCIÓN A PERSONAS CON ENFERMEDAD DE ALZHEIMER Y OTRAS DEMENCIAS DE SALAMANCA. *Atención higiénica a personas dependientes*. Salamanca, Gobierno de España, ministerio de sanidad y política nacional
- [2] AZCONA P., PEÑALVER F. *Prevención del dolor lumbar en el personal sanitario*. Medicina del trabajo [<http://pdfs.wke.es/0/1/2/9/pd0000050129.pdf>, 15 de marzo de 2014]
- [3] ALIDES, CEAPAT-IMSERSO, IBV. *Pregúntame sobre accesibilidad*. Inmerso, p.61-69.
- [4] MAR GONDELLE PÁJARO. FISIOTERAPIA. *Cuidados de higiene y aseo en la persona dependiente*. Santiago de Compostela  
[<http://www.clinicarehabilitacion.com/articulos/cuidados-de-higiene-y-aseo-persona-dependiente.pdf>, 1 de marzo de 2014]
- [5] JUNTA DE ANDALUCÍA. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN. *Manual de atención al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo derivadas de la discapacidad intelectual*. Andalucía, Dirección General de Participación y Equidad en Educación, 2010.
- [6] SERVICIO DE MEDICINA DE EE.UU. *Úlceras por presión*. [<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/pressuresores.html>, 15 de marzo de 2014 ]
- [7] García F. [et al], *Úlcera por Presión en región sacra*. Revista clínica de medicina de familia. [<http://www.revclinmedfam.com/articulo.php?art=130>, 15 de marzo de 2014]
- [8] KNIBBE [et al], *Reducing back injuries among nurses; results of a laboratory study*. *Professional Safety*, Noviembre de 1996.
- [9] ANDALUZA DE AYUDAS TÉCNICAS. *Silla basculante Tilt ETALC*. [<http://aat-geriatria.com/silla-de-ducha-clean-minusvalidos-discapacitados-mayores-/923-silla-basculante-mobile-tilt-etac-especial-paraplejicos.html>, 27 de marzo de 2014]
- [10] PANERO J., ZELNIK MARTIN. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. Rústica, 1ª edición 2013, p.57-67 y p.85-102.

- [11] SUNRISE MEDICAL Co. *Consideraciones biomecánicas en la silla de ruedas manual*. [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitación-bio/imagina\_\_biomecanica\_de\_una\_silla\_de\_ruedas.pdf , 30 de marzo de 2014]
- [12] ORTOPEDIA AEROPUERTO. *Sillas de ruedas posicionamiento sedestación* [http://www.ortopediaaerpuerto.com/attachments/article/123/Sillas%20de%20ruedas%20Posicionamiento-Sedestacion.pdf, 2 de abril de 2014]
- [13] CENTRO DE ORTOPEDIA TÉCNICA POZUELO. *Principios de biomecánica para posicionamiento en silla de ruedas* [http://www.ceortec.com/pdf/sillas.pdf, 2 de abril de 2014]
- [14] MORA J. *Paralelogramo articulado* [http://jmora7.com/Mecan/Mecan/index7.htm, 15 de abril de 2014]
- [15] ELEMENTOS DE MÁQUINAS. *Síntesis de mecanismos, mecanismo doble balancín* [http://www.slideshare.net/miguelespitiacastano/sintesis-de-mecanismos, 29 de abril 2019]
- [16] STABILUS. *BLOC-O-LIFT with Rigid Locking in any Mounting Position* [http://www.stabilus.es/bloc-o-lift-with-rigid-locking-any-mounting/, 2 de marzo de 2014]
- [17] SAN METAL, S.A. *Casquillos sinterizados en bronce autolubricado, Información técnica* [http://www.sanmetal.es/docs/SANMETAL-CATALOGO%202011%20Casquillos%20autolubricados.pdf, 7 de junio de 2014]

## 11.2 Otras referencias bibliográficas

### 11.2.1 Información sobre el proceso de lavado

- [1] KNIBBE E. [et al] *Results of a Study on a New Shower Trolley Generation*. The ergonomics Open Journal, 2013
- [2] North Glasgow University Hospitals NHS Division. *Clinical Procedure Manual Section A – General Procedure Guidelines* [http://library.nhsgg.org.uk/mediaAssets/Nursing%20and%20Midwifery/1.1%20-%20Bathing-Showering.pdf, 2 de marzo 2014]

### 11.1.1. Información sobre cómo realizar transferencias

[3] Hospital Aita Menni. *Cambios posturales. De la cama a la silla* [Video, <https://www.youtube.com/watch?v=yBq1n6veqZM>]

[4] Gobierno de Aragón. *Pasar de la silla de ruedas a otro asiento* [Video, [https://www.youtube.com/watch?v=\\_2-lg98D4\\_A](https://www.youtube.com/watch?v=_2-lg98D4_A)]

### 11.2.3 Catálogos de las sillas

[5] Bischoff& Bischoff. *Haiti*

[<http://www.bischoff-bischoff.com/es/produkte/alltagshilfen/badezimmerhilfen/haiti/>, 12 de marzo de 2014]

[6] ManillonsTorrent. *Asiento abatible*

[<http://img.edilportale.com/catalogs/prodotti-69998-catc52a5a2f48d84c24aacd9b8c2df54452.pdf>, 12 de marzo de 2014]

[7] ETAC. *Silla ducha y WC Clean*

[<http://www.etac.com/Documents/www.etac.com/BrochuresPDF/Bath%20and%20Toilet/Spanish/Hygiene--0801-ES.pdf>, 12 de marzo de 2014]

[8] Ayudas dinámicas. *Levina* [<http://www.ayudasdinamicas.com/manual/silla-de-ducha-levina-600.pdf> , 12 de marzo de 2014]

[9] Ayudas dinámicas. *Silla ducha Atlantic* [<http://www.ortopediaaluche.es/index.php/ayudas-de-bano-y-w-c/sillas-ruedas-ducha/423-silla-eco-ad542-anillo-2>, 12 de marzo de 2014]

[10] Rehagirona . *Silla basculante Boris*

[[file:///Users/adrian/Downloads/002\\_04\\_boris\\_catalogo.pdf](file:///Users/adrian/Downloads/002_04_boris_catalogo.pdf), 12 de marzo de 2014]

[11] Promotal. *Silla ducha Ocea* [<http://www.promotal.com/pdf/produit/345.pdf>, 12 de marzo de 2014]

[12] ArjoHunteleigh. *Silla ducha Bolero* [[file:///Users/adrian/Downloads/04.CE.01\\_13ES.pdf](file:///Users/adrian/Downloads/04.CE.01_13ES.pdf), 12 de marzo de 2014, 12 de marzo de 2014]



[13] Pascal Malassigne [et al] *Design of the advanced commode-shower chair spinal cord-injured individuals*, Department of veterans Affairs Mayo/Junio 2000

#### 11.2.4 Ruedas para la silla

[14] Bickle. *Ruedas de material sintético* [<http://www.blickle.de/es/ruedas-de-material-sintetico/productos/LWK-TPA-126G-ZA58/>]

[15] Bickle. *Ruedas neumáticas* [<http://www.blickle.es/es/ruedas-neumaticas/productos/PK-200-20-60G/>]

[16] Alex [<http://www.alex.es/>]

[17] Elesa Ganter [<http://www.elesa-ganter.com/en/2/icat/products/120/eg/>]

[18] - [<http://3tris3tigres.blogspot.com.es/2013/05/tamanos-rueda-bicicleta.html>]

#### 11.2.5 Información sobre corrosión galvánica

[19] Euro-inox. *El acero inoxidable en contacto con otros materiales metálicos* [[http://www.euro-inox.org/pdf/map/Contact\\_with\\_Other\\_SP.pdf](http://www.euro-inox.org/pdf/map/Contact_with_Other_SP.pdf), 25 abril de 2014]

#### 11.2.6 Información sobre el doblado de tubos

[20] Metal actual. *Doblado de tubos*

[[http://www.metalactual.com/revista/29/soladura\\_doblado\\_tubos.pdf](http://www.metalactual.com/revista/29/soladura_doblado_tubos.pdf), 30 de marzo 2014]

#### 11.2.7 Información cinturones de seguridad

[21] Mundo abuelo. *Sujeción abdominal a silla de ruedas con cierre rápido*

[<http://www.mundoabuelo.com/catalogue.php?idfamilia=376&breadcrumb=22,376>, 7 de junio 2014]

#### 11.2.8 Información sobre mecanismos

[22] Universidad de Cantabria. *Síntesis dimensional de mecanismos*

[<http://ocw.unican.es/enseanzas-tecnicas/cinematica-y-dinamica-de-maquinas/cinematica->

y-dinamica-de-maquinas/Tema%20IV%201%20Teoria.pdf, 7 de junio 2014]

[<http://www.mundoabuelo.com/catalogue.php?idfamilia=376&breadcrumb=22,376>, 3 de marzo 2014]

[23] Teoría de máquinas y mecanismos. *Síntesis de eslabonamientos*

[[http://www.imac.unavarra.es/web\\_imac/pages/docencia/asignaturas/tm/libros/SHIGLEY\\_Teoria\\_de\\_Maquinas\\_y\\_Mecanismos/Tema10.pdf](http://www.imac.unavarra.es/web_imac/pages/docencia/asignaturas/tm/libros/SHIGLEY_Teoria_de_Maquinas_y_Mecanismos/Tema10.pdf), 18 de marzo 2014]

# ANEXOS

## **12. ANEXOS**

### **12.1 Folletos/Datasheets de las piezas estandarizadas**

### **12.2 Montaje de la silla**

### **12.3 Normativa**