

# **PROYECTO FIN DE CARRERA**

Ingeniero Industrial

## **DISEÑO, DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE ANCLAJE DE SILLA DE RUEDAS PARA VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE PERSONAS**



**Universidad  
Zaragoza**



**Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
Universidad Zaragoza**



**Universidad de Zaragoza**

**Escuela de Ingeniería y  
Arquitectura**

**Dpto. Ingeniería de  
Diseño y Fabricación**

**Director de proyecto:**

Rubén Rebollar Rubio

**Autor:**

Miguel Sanz Serrano

Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación

Área de Proyectos de Ingeniería

Septiembre de 2011



## RESUMEN DEL PROYECTO

El fin de la realización de este proyecto es el de diseñar un nuevo sistema de retención de sillas de ruedas para vehículos de transporte de personas. Su uso principal se centra en transporte ferroviario y en los vehículos catalogados por la Directiva CEE (70/156/CEE) como M (M1, M2 y M3).

Para ello se ha continuado con el diseño conceptual realizado por un grupo de alumnos de Ingeniería Industrial, dentro del cual se encontró el autor de este documento, recogido en un informe de la asignatura “Proyectos de Mejora en la Empresa”. Así pues, a partir de la información obtenida con la realización de este informe y la posterior ampliación de esta, se ha realizado un diseño básico del sistema de anclaje con el objetivo de fabricar un prototipo y realizar pruebas de funcionalidad con él.

Debido a que se trata de un prototipo con el que comprobar la funcionalidad y que no debe resistir grandes solicitaciones, el diseño se basó en el uso de materiales disponibles en el taller y en una forma simple que permitiese una fabricación rápida.

Tras realizar este primer diseño, se fabricó el prototipo para realizar las pruebas. Con la ayuda de una silla de ruedas se comprobó que el sistema fijaba la silla, sin embargo era necesario realizar modificaciones para afianzar el funcionamiento y evitar incidencias por falta de seguridad. Una vez modificado el prototipo, se realizaron nuevas pruebas de fijación de silla de ruedas y se ajustó el sistema. Las pruebas fueron satisfactorias por lo que se continuó con la realización de un nuevo diseño que evitase los problemas del anterior diseño y que además incluyese mejoras de versatilidad y de resistencia estructural.

Actualmente el sistema se encuentra pendiente de aprobación de patente y se está fabricando un nuevo prototipo con el que realizar pruebas más exhaustivas de funcionamiento y así homologar el producto.

---





## AGRADECIMIENTOS

Al Director de Proyecto Doctor D. Rubén Rebollar Rubio por toda la ayuda y consejos prestados, al Profesor Doctor D. Iván Lidón López por su apoyo y recomendaciones, a D. Jesús Paz por echar una mano en el taller cuando ha sido necesario, al profesor D. José Igancio García por sus consejos en el diseño del circuito neumático, a la Fundación de Disminuidos Físicos de Aragón y en su representación a D. Antonio Pérez por ayudar en la recolección de información y prestar una silla de ruedas con la que realizar las pruebas, a D. Juan Saqués, comercial de la empresa HINEUMAJ, por prestar su ayuda en la elección de componentes neumáticos y en modificaciones del circuito neumático, al técnico del taller D. Pedro por su ayuda en la fabricación del prototipo y a mi familia por su apoyo, gracias a todos.

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1. Definición del proyecto . . . . .	3
1.2. Objetivos del proyecto . . . . .	4
1.3. Alcance del proyecto . . . . .	5
1.4. Contenido del documento . . . . .	6
<b>2. Búsqueda y análisis de información</b>	<b>7</b>
<b>3. Diseño conceptual</b>	<b>14</b>
3.1. Especificaciones del diseño . . . . .	14
3.2. Soluciones a las especificaciones . . . . .	15
3.3. Descripción del diseño inicial . . . . .	16
3.4. Descripción del funcionamiento . . . . .	17
<b>4. Diseño Base del Sistema</b>	<b>18</b>
4.1. Sistema de accionamiento . . . . .	18
4.1.1. Control por final de carrera: . . . . .	20
4.1.2. Control por presión . . . . .	22
4.1.3. Control con temporizador . . . . .	24
4.1.4. Selección de la opción utilizada . . . . .	25
4.1.5. Selección de materiales para el circuito . . . . .	26
4.2. Diseño de las piezas . . . . .	29
<b>5. Prototipo funcional</b>	<b>31</b>
5.1. Proceso de construcción . . . . .	31
5.2. Pruebas, problemas y modificaciones del prototipo . . . . .	34
<b>6. Rediseño y solución de problemas</b>	<b>38</b>
6.1. Resolución de los problemas del anterior diseño . . . . .	38
6.2. Cálculo y diseño de las piezas . . . . .	41
6.2.1. Estructura . . . . .	42

6.2.2. Ganchos . . . . .	45
6.2.3. Porta ganchos . . . . .	48
6.2.4. Subconjunto empujador . . . . .	48
<b>7. Espectativas de futuro</b>	<b>49</b>
<b>8. Conclusiones</b>	<b>51</b>
<b>A. Herramientas utilizadas</b>	<b>54</b>
<b>B. Informe de la Asignatura de «Proyecto de Mejora en la Empresa»</b>	<b>55</b>
<b>C. Planos de prototipos</b>	<b>91</b>
C.1. Prototipo funcional . . . . .	92
C.2. Segundo prototipo . . . . .	103

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Definición del proyecto

Uno de los problemas a resolver en la actualidad es el del transporte. Todos los días se realizan movimientos tanto de materiales y productos como de personas de manera naval, aérea y terrestre. En esta memoria se va a tratar el problema del transporte de personas, y más concretamente de personas de movilidad reducida (PMR) y discapacitados ya que, además de que existe una gran afluencia de este tipo de usuarios, según la Ley 13/1982, de 7 de abril, de integración social de los minusválidos, es obligatorio adaptar los transportes públicos colectivos para permitir la movilidad de los minusválidos («Artículo 59 Al objeto de facilitar la movilidad de los minusválidos en el plazo de un año se adoptarán medidas técnicas en orden a la adaptación progresiva de los transportes públicos colectivos»[10]).

El transporte público colectivo se realiza mediante vehículos pertenecientes tanto a empresas privadas como a empresas de ámbito público. Éstos suelen ser de un mayor número de plazas y por tanto de mayor tamaño. Los más utilizados son el ferrocarril y los vehículos tipo M1, M2 y M3 según la directiva de la CEE (70/156/CEE)[6]. Éstos son:

Categoría M1: Vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, ocho plazas sentadas como máximo.

Categoría M2: Vehículos destinados al transporte y personas que tengan, además del asiento del conductor, más de ocho plazas sentadas y que tengan un peso máximo que no supere las 5 toneladas.

Categoría M3: Vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, más de ocho plazas sentadas y que tengan un peso máximo que supere las 5 toneladas.

Dado que en este caso no existe una adaptación personalizada a cada usuario, es necesario un sistema versátil que pueda fijar el mayor número de modelos de sillas y que no excluya a ningún usuario por sus condiciones físicas.

Por esto, el proyecto no va a tratar solamente de diseñar un nuevo sistema de retención de sillas de ruedas, sino que además se va a diseñar de manera que se adapte a los vehículos de transporte público, que implique una autonomía del usuario prácticamente total y que permita la integración de la PMR.

El proyecto ha sido desarrollado en la Universidad de Zaragoza, en el Área de Proyectos de Ingeniería del Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación.

## 1.2. Objetivos del proyecto

El fin de la realización de este proyecto es el de diseñar un nuevo sistema de retención de sillas de ruedas para vehículos de transporte de personas. Será utilizado en transporte ferroviario y en los vehículos catalogados por la Directiva CEE (70/156/CEE) como M (M1, M2 y M3).

El dispositivo diseñado estará sujeto a las siguientes características:

1. Anclaje seguro: debe cumplir con las especificaciones de diseño y resistencia que se exponen en la normativa correspondiente (ISO 10542) ya que, para que pueda ser utilizado en un vehículo, el diseño tiene que superar los ensayos de homologación.
2. Sistema autónomo y de simple funcionamiento: en la actualidad un operario se ocupa de posicionar, anclar y soltar al usuario. Para evitarlo se necesita que el nuevo sistema sea fácil de instalar, de bajo mantenimiento y pueda ser accionado por el propio usuario de manera que se obtenga una completa integración de éste con el resto de usuarios que no se sirven de sillas de ruedas.
3. Velocidad de actuación del anclaje: los sistemas que actualmente se utilizan en las empresas de transporte requieren de un tiempo de fijación demasiado alto (de cinco a diez minutos). Este hecho provoca que, al circular un vehículo en ruta, el tiempo desde la salida hasta la llegada es de horas tan solo para recorrer unos pocos kilómetros. Además de pérdidas de tiempo, también se provocan molestias a los usuarios. Así pues, el nuevo sistema debe anclar la silla en el menor tiempo posible.
4. Sistema versátil: actualmente existe una gran cantidad de diseños de sillas de ruedas y todas diferentes. Se ha comprobado estadísticamente que los usuarios del transporte adaptado a PMRs utilizan en mayor parte (sobre un 80 %) un mismo tipo de diseño de silla y el resto son diseños que generan problemas para fijar con cualquier tipo de anclaje ya que tienen formas complejas (por ejemplo sillas deportivas, eléctricas, etc.). El nuevo sistema de anclaje se debe adaptar al mayor número de modelos posible sin perder efectividad ni perder alguna de las otras características requeridas.
5. Sistema compacto: al ser un equipo que va a ser utilizado en vehículos con alta concurrencia de público es necesario que el anclaje no ocupe mucho espacio o que bloquee a los demás usuarios.
6. Integración en el vehículo: el anclaje diseñado debe tener una estética que se adapte al vehículo y no dé sensación de exclusión para el usuario.

7. Coste: el nuevo sistema debe ser lo menos costoso posible, es decir, se debe encontrar un diseño con todas las características requeridas y con un coste de producción mínimo.

### **1.3. Alcance del proyecto**

Los hitos a alcanzar con la realización de este proyecto, en orden cronológico, son los siguientes:

1. Búsqueda y análisis de información: sistemas de anclaje en uso, patentes, normativas, etc.
2. Especificación del sistema: se establecerán las características y requerimientos concretos del anclaje.
3. Diseño conceptual: definición del principio de funcionamiento del sistema de anclaje.
4. Diseño básico: definición de las cotas más relevantes, modelado inicial, cálculos estructurales iniciales y diseño del sistema de actuación.
5. Prototipado: construcción de un prototipo y comprobación experimental de su correcto funcionamiento.
6. Rediseño: definición de todas las piezas que componen el sistema y cálculo estructural aproximado mediante el método de elementos finitos.

## 1.4. Contenido del documento

En este documento se incluye:

Memoria donde se describe el proceso de diseño, fabricación de prototipo y resultado de las pruebas del sistema de anclaje. También se incluye un rediseño del sistema que resuelve los problemas que se detectaron tras las pruebas y además, incluye ciertas modificaciones que mejoran las características de seguridad, compacidad y versatilidad del sistema.

En el Anexo A se exponen las herramientas utilizadas para la realización de este proyecto.

En el Anexo B se incluye el informe de la asignatura de «Proyectos de Mejora en la Empresa» realizado en el curso 2009-2010.

En el Anexo C se incluyen los planos de cada una de las piezas del diseño de la parte estructural, así como las listas de las piezas que las componen y planos de conjunto.

## Capítulo 2

# Búsqueda y análisis de información

En este apartado se va a exponer la información más importante y que repercute más sobre el proceso de diseño recogida de los documentos consultados durante el proceso de búsqueda de información. A continuación se expone qué información se ha obtenido de cada grupo.

1. Sistemas de anclaje en uso:

Dentro de la página web de las marcas de productos dedicados a la adaptación de espacios para minusválidos (UNWIN[5] y Q'straint[6]), podemos encontrar que los sistemas más utilizados para anclar las sillas de ruedas son las fijaciones por cinturón por cuatro puntos, fijación por garras, sistema tipo acoplamiento y un sistema que pertenece a la marca UNWIN llamado Easisit. En la normativa ISO 10542 [11] se describen las características que han de tener estos sistemas (exceptuando el Easisit). Estos anclajes son los siguientes:

- a) Fijación por garras:

Se trata de un sistema compuesto por una barra con dientes mecanizados que sirve de guía y una pieza con forma de garra ajustable a lo largo de ésta. Su funcionamiento es el siguiente: se coloca la silla en posición y se fijan los anclajes en las guías donde convenga. A continuación se varía la posición de la garra para ajustarla a la barra de la silla que sirva de soporte de fijación (figura 2.1). Para anclar la silla correctamente es necesario colocar un juego de dos ganchos como mínimo.





Figura 2.1: Sistema de Garras

b) Fijación por cinturón de cuatro puntos:

Se trata de un sistema de cuatro cinturones fijados a las guías del autobús como se muestra en la figura 2.2. Tras situar la silla en posición se anclan los cinturones y se tensan para inmovilizar la silla. Tienen un mejor ajuste que el sistema de dos puntos de manera que lo hace más fiable y más rápido de colocar. Sin embargo, hay que colocar cuatro puntos en lugar de dos.



Figura 2.2: Fijación por cinturón de cuatro puntos

c) Sistema tipo acoplamiento:

Se trata de un sistema fijado al suelo que funciona como hembra de una pieza colocada en la silla de ruedas. El problema de este sistema es que cada usuario debe modificar su silla para poner esta pieza ya que ningún diseño de silla de ruedas la incluye. En la figura 2.3 se muestra una imagen de este sistema.



Figura 2.3: Sistema tipo acoplamiento

d) Easisit:

Se trata de un asiento de autobús plegable que fue lanzado al mercado hace unos años. Se ancla a las guías con un sistema de fijación similar al de los asientos y es ajustable a diferentes distancias entre guías. El asiento se pliega y permite a un usuario con silla de ruedas utilizarlo como apoyo. Un auxiliar ancla la silla con un par de cinturones incluidos en el asiento y la silla queda fijada. Además, incluye un cinturón de seguridad para el usuario del asiento que puede ser utilizado también por el usuario con silla de ruedas. Es, por tanto, un sistema más rápido y cómodo que los descritos anteriores. Sin embargo se trata de un sistema de un precio muy elevado (entorno a los 3000 €).



Figura 2.4: Easisit

## 2. Patentes:

Dado que los productos comerciales mencionados anteriormente tienen protección intelectual, es necesario consultarlas para evitar posibles contingencias que puedan causar un rechazo a la hora de patentar el nuevo sistema. A continuación se muestran las imágenes de las patentes importantes:

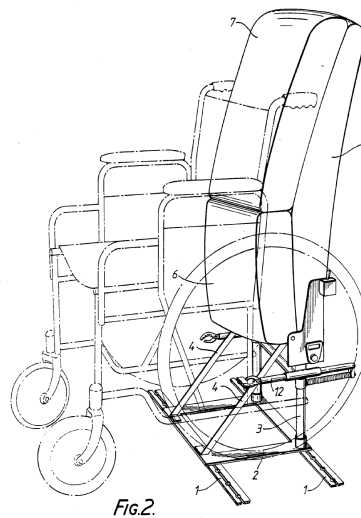


Figura 2.5: Patente WO 92/15270

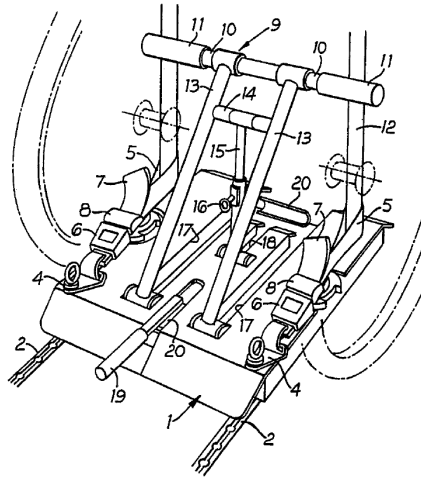


Figura 2.6: Patente GB 2 197 628 A

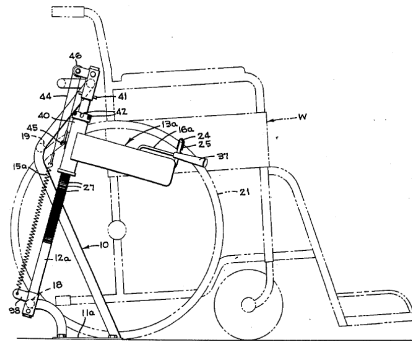


Figura 2.7: Patente US4019752

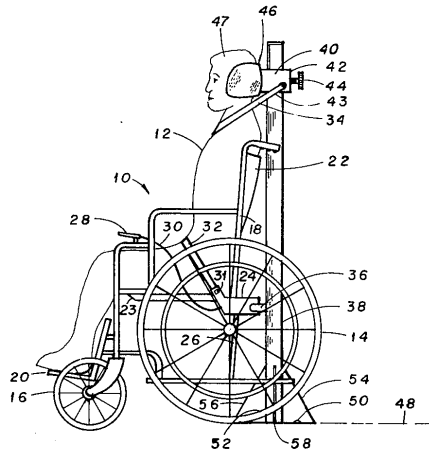


Figura 2.8: Patente US4265478

3. Directiva:

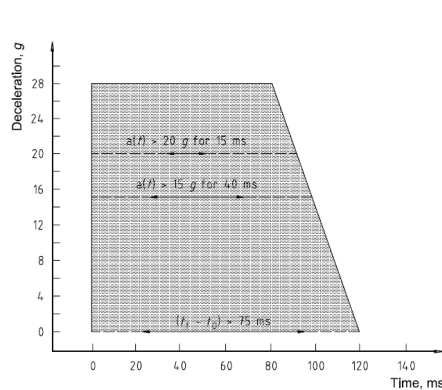
Antes de comenzar a diseñar, es necesario saber dónde va a ser utilizado el sistema. Para ello es necesario consultar la Directiva CE 70-156 titulada “Homologación de vehículos a motor y sus remolques”. En ella se expone la definición de vehículo, los tipos de vehículos existentes, las características de estos para ser homologados y qué se debe obtener para conseguir homologar un vehículo. Así pues, de esta directiva obtenemos que los vehículos a los que vamos a destinar nuestro sistema serán de tipo M1, M2 y M3.

4. Normativa: La principal norma que rige el diseño de anclajes para sillas es la ISO10542. Esta norma recoge, a parte de las características de los anclajes comentados anteriormente, los requisitos y métodos de prueba (parte 1 de la norma) a los que deben ser sometidos todos los sistemas de anclaje para poder ser homologados y, por tanto, poder ser instalados legalmente en vehículos. Esta normativa incluye además en uno de sus apartados las características y forma de instalación de los cinturones de seguridad. La información más importante obtenida de esta normativa se encuentra recogida en la parte 1 y explica el procedimiento a realizar en las pruebas a las que debe ser sometido el anclaje (texto traducido al español):

«El simulador de impacto que se use debe incluir lo siguiente:

- a) Una plataforma de impacto deslizante plana, horizontal, estructuralmente rígida donde se pueda montar el sistema de retención de sillas de ruedas (SWC), y donde los cinturones de seguridad (WTORS) puedan fijarse.
- b) Una estructura rígida adjunta a la plataforma de impacto donde se pueda anclar el cinturón del torso de la forma y geometría especificada por los fabricantes WTORS.
- c) Una forma para llevar a cabo un cambio de velocidad de la plataforma deslizante de impacto de 48+20 km/h.

- d) Un medio de acelerar o decelerar la plataforma deslizante y la configuración de prueba de manera que el tiempo del pulso en el proceso de aceleración (deceleración)
- 1) esté dentro del área sombreada de la figura A.1
  - 2) exceda 20g durante un periodo de 15 ms
  - 3) exceda 15g durante un periodo de 40 ms, y
  - 4) tenga una duración de al menos 75 ms desde  $t_0$  a  $t_1$ ;
- e) un Hybrid II o Hybrid III con una masa total de 76.3 kg  $\pm$  1 kg;
- f) una silla de ruedas con las especificaciones del anexo E.
- g) Una manera de medir los movimientos de la silla de ruedas como se especifica en 6.5.5 con una tolerancia de  $\pm$  5mm
- h) Una manera de medir la aceleración o deceleración en acuerdo con la ISO 6487 y una precisión de  $\pm$  0.5g.»



*Figura 2.9: Requerimientos de aceleración/deceleración*

5. Informe: El informe más interesante que se encontró fue el titulado como “Diseño y validación experimental de anclajes y asientos de vehículos destinados al transporte de personas en sillas de ruedas” [1]. En este informe se presentan los resultados de unas pruebas realizadas a los sistemas de retención de silla de ruedas de garras y de cinturón por cuatro puntos. Los ensayos realizados en este estudio intentan comprobar la resistencia de dichos anclajes mediante una aproximación estática de los esfuerzos requeridos en las pruebas dinámicas sobre plataformas móviles descritas en la ISO 10542 parte 1. Debido a que no es posible la realización de un ensayo dinámico por la Universidad de Zaragoza, se ha señalado como la información más destacada las características del método de ensayo presentado. Un resumen de esta información puede encontrarse en el Anexo 2 del informe de la asignatura de “Proyectos de mejora en empresas” (anexo B) de este tomo.

## Capítulo 3

# Diseño conceptual

En el curso 2009-2010, dentro del programa de “Proyectos de Mejora en la Empresa”, se estableció contacto con la fundación de Disminuidos Físicos de Aragón quienes solicitaron el servicio de los estudiantes de ingeniería Industrial del Centro Politécnico Superior de Zaragoza con el objetivo de desarrollar un nuevo sistema de anclaje de sillas de ruedas para su servicio de transporte. En el informe realizado por el grupo de alumnos (Anexo B), dentro del se encuentra el autor de este proyecto, se exponen las características de los sistemas que se usan actualmente en las empresas de transporte de Personas de Movilidad Reducida (PMR), los requerimientos exigidos por la fundación DFA para el sistema de anclaje a diseñar, los posibles problemas y la solución inicial.

### 3.1. Especificaciones del diseño

El dispositivo diseñado estará sujeto a las siguientes características:

1. Anclaje seguro: debe cumplir con las especificaciones de diseño y resistencia que se exponen en la normativa correspondiente (ISO 10542) ya que, para que pueda ser utilizado en un vehículo, el diseño tiene que superar los ensayos de homologación.
2. Sistema autónomo y de simple funcionamiento: en la actualidad un operario se ocupa de posicionar, anclar y soltar al usuario. Para evitarlo se necesita que el nuevo sistema sea fácil de instalar, de bajo mantenimiento y pueda ser accionado por el propio usuario de manera que se obtenga una completa integración de éste con el resto de usuarios que no se sirven de sillas de ruedas.
3. Velocidad de actuación del anclaje: los sistemas que actualmente se utilizan en las empresas de transporte requieren de un tiempo de fijación demasiado alto (de cinco a diez minutos). Este hecho provoca que, al circular un vehículo en ruta, el tiempo desde la salida hasta la llegada es de horas tan solo para recorrer unos pocos kilómetros. Además de pérdidas de tiempo, también se provocan molestias a los usuarios. Así pues, el nuevo sistema debe anclar la silla en el menor tiempo posible.

4. Sistema versátil: actualmente existe una gran cantidad de diseños de sillas de ruedas y todas diferentes. Se ha comprobado estadísticamente que los usuarios del transporte adaptado a PMRs utilizan en mayor parte (sobre un 80 %) un mismo tipo de diseño de silla y el resto son diseños que generan problemas para fijar con cualquier tipo de anclaje ya que tienen formas complejas (por ejemplo sillas deportivas, eléctricas, etc.). El nuevo sistema de anclaje se debe adaptar al mayor número de modelos posible sin perder efectividad ni perder alguna de las otras características requeridas.
5. Sistema compacto: al ser un equipo que va a ser utilizado en vehículos con alta concurrencia de público es necesario que el anclaje no ocupe mucho espacio o que bloquee a los demás usuarios.
6. Integración en el vehículo: el anclaje diseñado debe tener una estética que se adapte al vehículo y no dé sensación de exclusión para el usuario.
7. Coste: el nuevo sistema debe ser lo menos costoso posible, es decir, se debe encontrar un diseño con todas las características requeridas y con un coste de producción mínimo.

### 3.2. Soluciones a las especificaciones

Las soluciones a las especificaciones anteriores son las englobadas en los siguientes puntos:

- Autonomía:  
Este objetivo se ha logrado mediante el uso de actuadores neumáticos que posicionan los ganchos bloqueadores y posiciona y presiona la silla para fijarla.
- Versatilidad:  
El elemento común encontrado en la mayoría de los diseños de las sillas son las barras verticales de la estructura que bajan del respaldo. A pesar de que algunos modelos no disponen de estas barras, si disponen de ellas la mayoría de los modelos.
- Compacto y ligero:  
A partir del estudio de catálogos de diseños de sillas de ruedas, se han obtenido las medidas máximas de anchura y altura de ellas. Así pues, se han elegido las medidas del sistema de manera que faciliten la aproximación de la silla y aseguren la fijación de la mayoría de las sillas, ocupando el menor volumen posible.
- Económico:  
Para conseguir que el producto tenga un coste moderado se ha trabajado con materiales económicos y disponibles comercialmente (cilindros neumáticos y perfiles de acero seleccionados por catálogo).



### 3.3. Descripción del diseño inicial

A partir de estas soluciones se realizó un modelo 3D aproximado de cómo debería ser el anclaje (Figura 3.1). Se descompone en las siguientes partes:

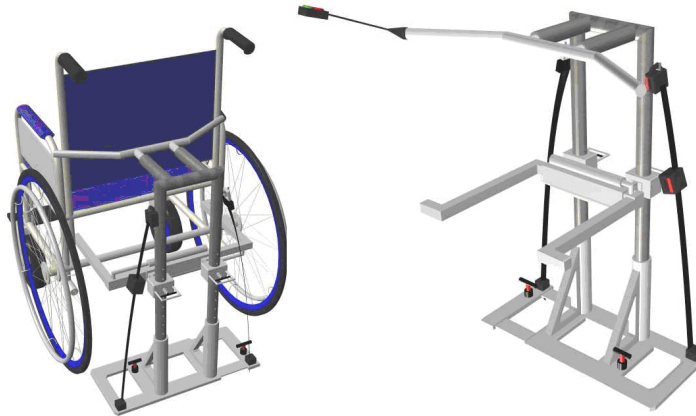


Figura 3.1: Plano general del Diseño Conceptual

- Base o parte inferior: su objetivo es fijar de forma segura el anclaje al suelo del autobús de manera que soporte los esfuerzos requeridos. Se compone de una base rectangular variable en anchura de manera que se pueda ajustar a diferentes distancias entre raíles y dos tubos reforzados con nervaduras que aumentan la resistencia y la rigidez del sistema.
- Estructura pórtico tubular: compuesta por dos columnas que soportan el resto de componentes y transmiten al suelo los esfuerzos.
- Conjunto de ganchos o parte central: conjunto de ganchos y guías que sirven como bloqueo para fijar la silla y para transmitir los esfuerzos a la estructura pórtico. Para ajustarse en altura se dispone de un sistema de agujeros (sobre columnas) y pasadores (sobre el conjunto de ganchos) y para ajustar los ganchos a la anchura de la silla, se instalan dos actuadores neumáticos.
- Empujador o parte superior: conjunto de actuador neumático y barra que aplica una fuerza de empuje sobre la silla que, presionando contra los ganchos, fija la silla impidiendo su desplazamiento.

En el apartado 4.2 del Anexo B se describe de forma más detallada cada una de las partes que componen el sistema presentado.

### 3.4. Descripción del funcionamiento

El funcionamiento del sistema se describe en el apartado 4.3 del Anexo B:

- Se coloca nuestra estructura, mediante la base ajustable, a las guías del autobús, afianzándola mediante los tornillos de sujeción, y se conecta a una de las tomas de aire del autobús.
- El usuario acerca su silla de ruedas hasta el conjunto, dejándolo entre las ruedas traseras. El respaldo de la silla estará apoyado en este momento en los “cuernos” de la parte superior del montaje.
- Mediante el accionamiento de un interruptor, el circuito de aire del autobús abrirá los cilindros neumáticos inferiores, empujando los ganchos conectados a ellos hasta que alcanzan las barras laterales de la silla.
- En este punto el cilindro superior empuja el conjunto “silla y usuario” gracias al movimiento de la zona de apoyo de la silla. Este movimiento se realiza hasta que el final de los ganchos (lado corto de su “L”) contactan con las barras de la silla, impidiendo su movimiento hacia adelante.
- El usuario accionará, por mayor seguridad el freno de su silla y se colocará el cinturón de seguridad disponible en nuestra estructura. En este momento la persona está perfectamente sujeta y se puede llevar a cabo el trayecto correspondiente del autobús.
- La secuencia de desenganche es la misma pero en sentido inverso.

Una vez introducido el diseño conceptual del sistema de anclaje desarrollado en el informe de la asignatura de “Proyectos de mejora en la Empresa” (anexo B), se va a continuar con la descripción del trabajo realizado por el alumno en este proyecto donde se va a pasar de una idea base, a un diseño elaborado destinado a ser fabricado y comprobado.

## Capítulo 4

# Diseño Base del Sistema

En este apartado se va a describir el proceso de diseño, tanto del sistema de actuación que pone en marcha el sistema, como de las piezas de la estructura, con el objetivo de fabricar posteriormente un prototipo con el que se pueda comprobar experimentalmente el funcionamiento del anclaje.

### 4.1. Sistema de accionamiento

A la hora de decidir entre los posibles sistemas de accionamiento para el sistema, se idearon tres posibles actuadores:

- Actuación mecánica: en este caso el propio usuario sería el que aplicase un movimiento giratorio mediante un volante o un gatillo que sería transmitido a los ganchos, mediante un conjunto de engranajes, fijando la silla. Se trata de un sistema con un diseño demasiado complicado y con un coste muy alto ya que el mecanizado de piezas tiene un alto precio. Además, la mayoría de los usuarios no serían capaces de hacerlo funcionar debido a su minusvalía.
- Actuación eléctrica: a partir del sistema anterior pensó en colocar motores eléctricos que supliesen la acción de usuario. Con esto serían necesarios menos componentes pero, al necesitar piezas mecanizadas y motores eléctricos, este sistema de actuación sería demasiado caro.
- Actuación neumática: en este caso el usuario tan solo tiene que pulsar un botón para fijar la silla y otro para desbloquearla. Se compone de un conjunto de tres cilindros que posicionan los ganchos y su sistema de control teniendo un sistema sencillo y de coste reducido ya que la neumática no tiene un alto precio y no se requiere de ningún tipo de mecanizado.

Así pues, la opción escogida para realizar el accionamiento del sistema, es la actuación neumática que, además de introducir las cualidades de autonomía y automatismo, resulta la opción más económica.

Existen tres opciones para realizar el control de los cilindros: control por finales de carrera, control por presión y control con temporizador. A continuación se exponen los circuitos neumáticos, el fun-

cionamiento y las ventajas e inconvenientes de cada una de las posibilidades. Después se explican las razones de la elección del sistema escogido y los componentes necesarios para montar el circuito

#### 4.1.1. Control por final de carrera:

El circuito neumático para esta opción es el siguiente(Figura (4.1.1)):

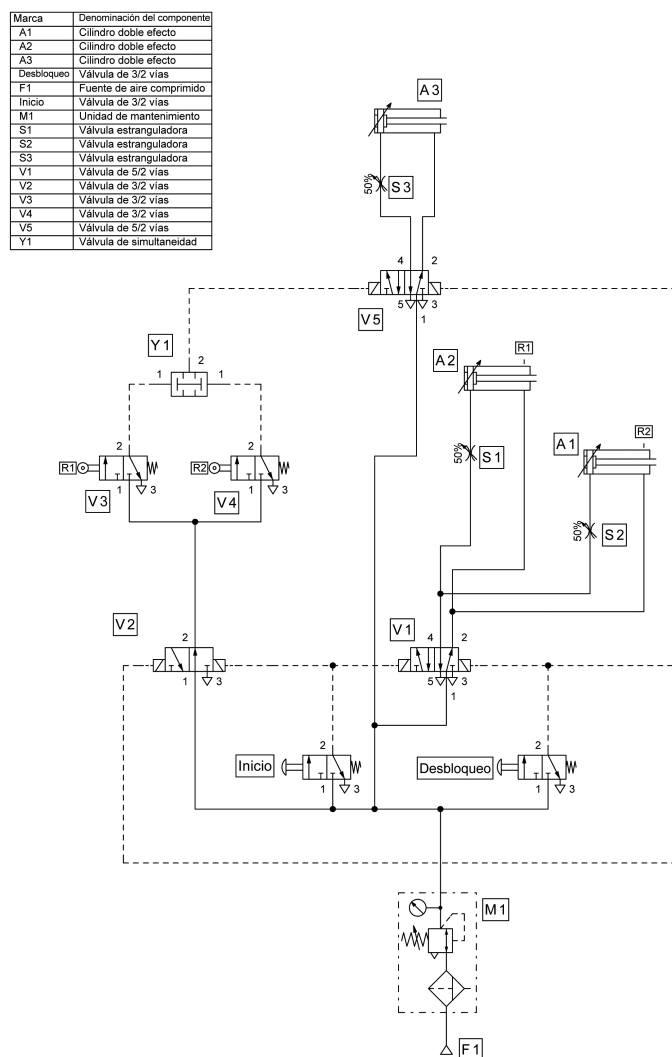


Figura 4.1: Circuito neumático de control por final de carrera

Su funcionamiento es el siguiente:

- Se conecta el circuito a la alimentación de 3 a 5 bar de presión.
- Se presiona el pulsador de inicio que acciona la válvula de control (V1) de los cilindros de ajuste de anchura (A1 y A2) y conmuta la válvula V2 que alimenta los finales de carrera (V3 y V4).
- Los actuadores A1 y A2 avanzan y cuando ambos ganchos contactan con la estructura de la silla, se accionan las válvulas de final de carrera (V3 y V4).

- Al conmutar simultáneamente las válvulas de final de carreta (V3 y V4), se activa V5 que controla el cilindro de empuje (A3).
- El actuador A3 avanza de manera que el empujador toma contacto con la silla y la empuja.
- Al colocar la silla en posición se mantiene la presión y así la silla quedaría fijada.
- Para desactivar el anclaje se presiona el pulsador de desbloqueo que acciona las válvulas de control de cilindros para que se recojan y así quede libre la silla.

Las válvulas estranguladoras (S1, S2 y S3) deben ser instaladas con el objetivo de controlar la velocidad de los cilindros (A1, A2 y A3) y evitar movimientos bruscos a la hora de fijar la silla.

Con el objetivo de controlar la velocidad de los cilindros (A1, A2 y A3) se colocan las válvulas estranguladoras (S1, S2 y S3). La ventaja de este sistema es que se trata de un circuito simple, con válvulas de poco coste y fácil instalación. Sin embargo, el problema principal se sitúa en la colocación de los finales de carrera. Al ser variable la anchura de la estructura de la silla, no se pueden fijar en una posición concreta y no se aseguraría el correcto funcionamiento del anclaje.

### 4.1.2. Control por presión

El circuito neumático para esta opción es el siguiente:

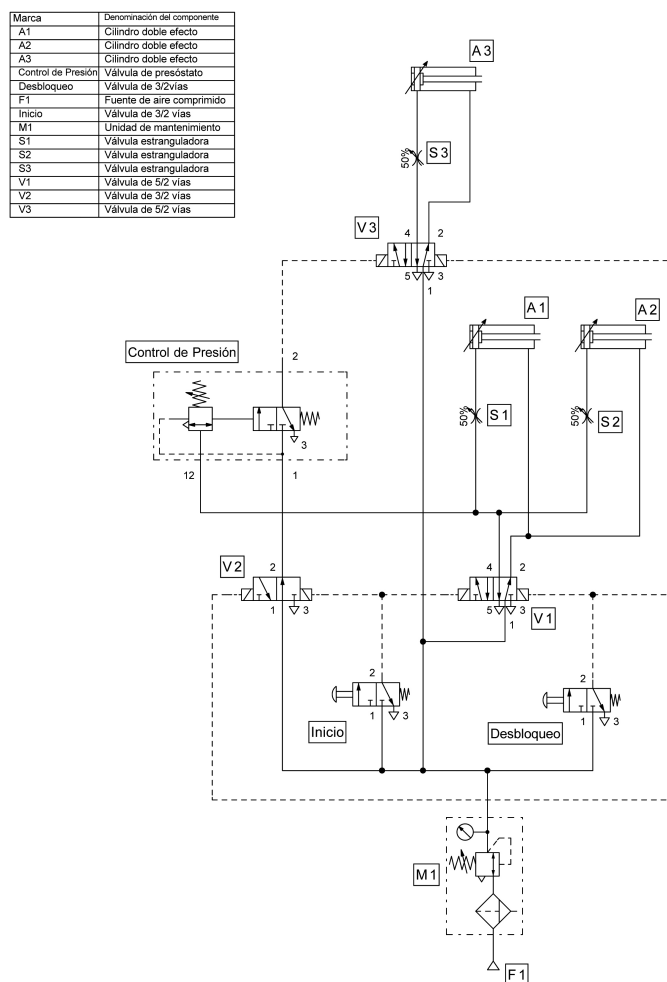


Figura 4.2: Circuito neumático de control por presión

Su funcionamiento es el siguiente:

- Se conecta el circuito a la alimentación de 3 a 5 bar de presión.
- Se presiona el pulsador de inicio que acciona la válvula de control (V1) de los cilindros de ajuste de anchura (A1 y A2) y se alimenta la válvula de control de presión a través de V2.
- Los actuadores A1 y A2 avanzan y cuando los ganchos contactan con la estructura de la silla, comienza a aumentar la presión dentro ellos.
- Al alcanzar la presión comandada en la válvula de control de presión, ésta acciona la válvula de control del cilindro de empuje (V3).

- El actuador A3 avanza de manera que el empujador toma contacto con la silla y la empuja.
- Al colocar la silla en posición se mantiene la presión y así la silla quedaría fijada.
- Para desactivar el anclaje se presiona el pulsador de desbloqueo que acciona las válvulas de control de presión y de control de cilindros para que éstos se recojan y así quede libre la silla.

Las válvulas estranguladoras (S1, S2 y S3) deben ser instaladas con el objetivo de controlar la velocidad de los cilindros (A1, A2 y A3) y evitar movimientos bruscos a la hora de fijar la silla.

Este sistema tiene la ventaja de que permite ajustarse a los diferentes tamaños de silla de ruedas y con un buen ajuste inicial permite una fijación segura. El problema reside en el uso de una válvula de control de presión que, para neumática, no es muy común al no tener una buena precisión debido a la compresibilidad del aire. Por esto, esta válvula tiene un alto coste al ser de fabricación explícita.



### 4.1.3. Control con temporizador

El circuito neumático para esta opción es el siguiente:

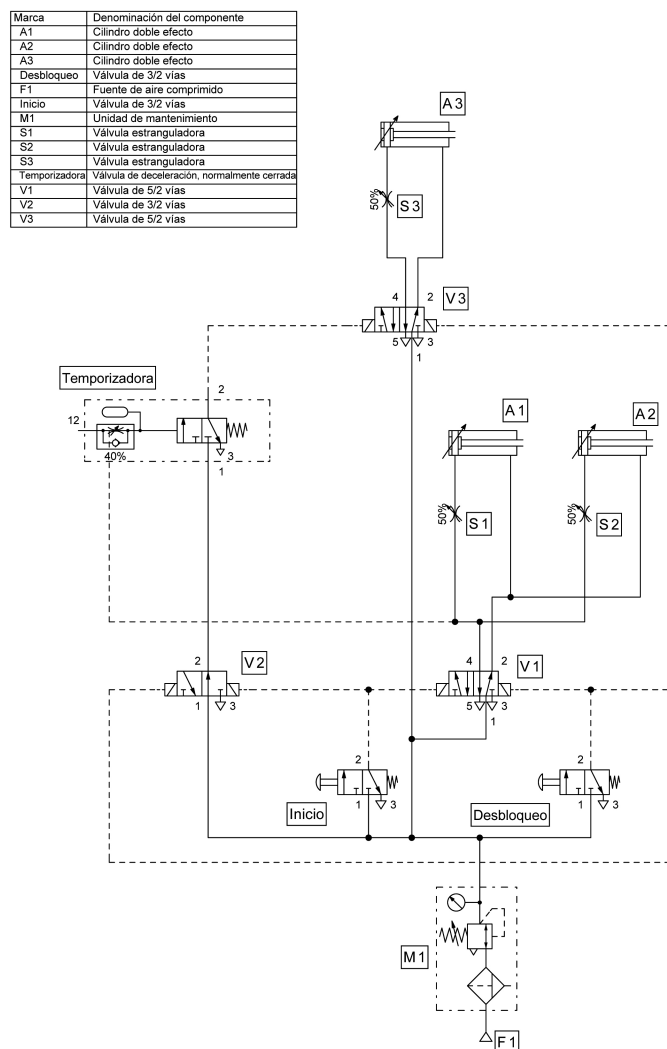


Figura 4.3: Circuito neumático control por temporizador

Su funcionamiento es el siguiente:

- Se conecta el circuito a la alimentación de 3 a 5 bar de presión.
- Se presiona el pulsador de inicio que acciona la válvula de control (V1) de los cilindros de ajuste de anchura (A1 y A2) y se alimenta la válvula temporizadora mediante la activación de V2.
- Los actuadores A1 y A2 avanzan y contactan con la estructura.

- Cuando pasa el tiempo ajustado en la válvula temporizadora, asegurando que los ganchos estén colocados en posición, ésta acciona la válvula de control (V3) del cilindro de empuje.
- El actuador A3 avanza de manera que el empujador toma contacto con la silla y la empuja.
- Al colocar la silla en posición se mantiene la presión y así la silla quedaría fijada.
- Para desactivar el anclaje se presiona el pulsador de desbloqueo que acciona las válvulas de alimentación de la temporizadora (V2) y de control de cilindros (V1 y V3) para que éstos se recojan y así quede libre la silla.

Las válvulas estranguladoras (S1, S2 y S3) deben ser instaladas con el objetivo de controlar la velocidad de los cilindros (A1, A2 y A3) y evitar movimientos bruscos a la hora de fijar la silla.

Este sistema tiene la ventaja de que permite ajustarse a los diferentes tamaños de silla de ruedas y con un buen ajuste inicial permite una fijación segura. El problema reside en que no se controla si los ganchos están en posición cuando se va a empujar la silla lo que disminuye la seguridad del sistema. Además la válvula temporizadora tiene un coste alto al no ser una válvula muy común.

#### 4.1.4. Selección de la opción utilizada

En un principio se optó por la opción de controlar por presión ya que, además de cumplir con las especificaciones de versatilidad y automatismo, es la opción que permite comprobar de manera más eficiente que la silla está bien anclada ofreciendo una mayor seguridad. Sin embargo, al tratarse de un sistema que requiere una válvula de alto coste y de difícil obtención, se optó por la opción de control con temporizadora que, para la realización de las pruebas con prototipo, sería una opción correcta.

No obstante, como nota aclaratoria, si en un futuro el anclaje se fabricase para la venta, se utilizaría el control por presión ya que, como se ha dicho, es más seguro y el coste de la válvula de control de presión sería menor al tratarse de pedidos de un alto número de unidades.

4.1.5. Selección de materiales para el circuito

Para escoger los componentes del circuito es necesario empezar por los actuadores (cilindros) ya que dependiendo del caudal que necesiten, las válvulas que los controlan y las conexiones (racores y diámetro de tubo) variarán. La selección de elementos es la siguiente:

Cilindros de ajuste de anchura

Como se explica en el Anexo B - Apartado 4.2, para los cilindros de ajuste de anchura, es necesario un recorrido de 160 mm para cada uno. Además no es necesario que sean cilindros que apliquen un valor de fuerza alto ya que solo deben posicionar los ganchos. El cilindro elegido es de la serie Minicilindro del catálogo de AIGNEP proporcionado por el distribuidor que suministró los componentes. Se trata de un cilindro de doble efecto de carrera 200 y diámetro 12 milímetros. En la Figura 4.4 se muestran las medidas de este elemento, que se tendrán en cuenta para el diseño posterior de las piezas.

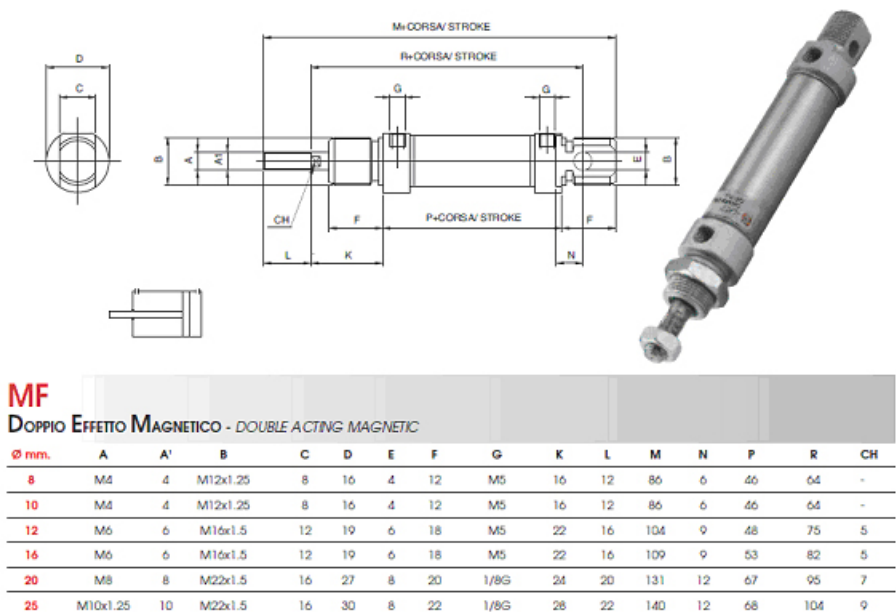
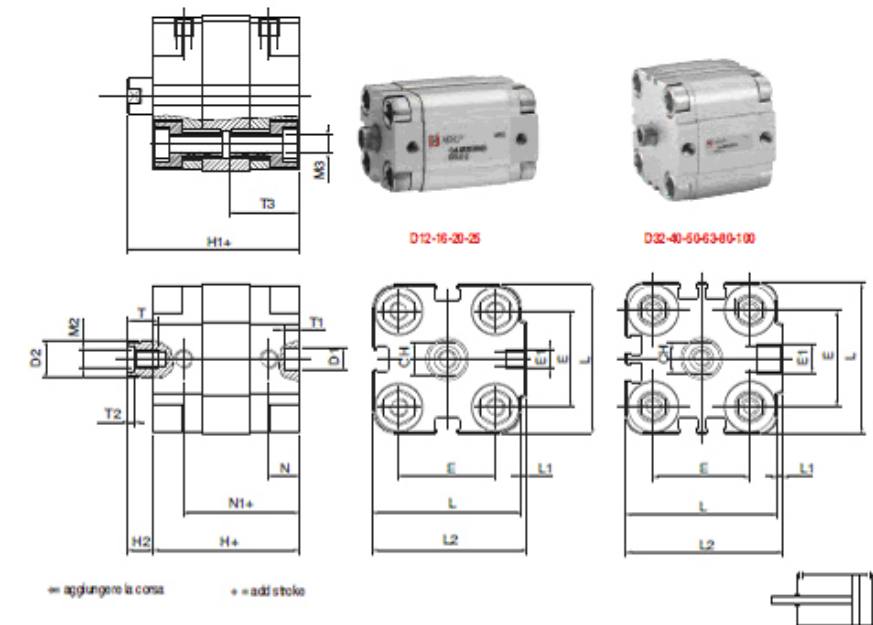


Figura 4.4: Tabla de catálogo de cilindros de AIGNEP - Minicilindros

Cilindro de empuje

Como se explica en el Anexo B - Apartado 4.2, para el cilindro de ajuste de anchura, es necesario un recorrido de 100 mm. Además no es necesario que sean cilindros que apliquen un valor de fuerza alto ya que solo deben posicionar los ganchos. El cilindro elegido es de la serie Compacta del catálogo de AIGNEP proporcionado por el distribuidor que suministró los componentes. Se trata de un cilindro de doble efecto de carrera 100 y diámetro 32 milímetros. En la Figura 4.5 se muestran las medidas de

este elemento, que se tendrán en cuenta para el diseño posterior de las piezas.



QF																			
DOPPIO EFFETTO MAGNETICO - DOUBLE-ACTING MAGNETIC																			
Ø mm.	T	T1	T2	D1	L	E1	M3	T3	M2	H	H2	D2	N	N1	L2	E	L1	H1	CH
12	6	4	1.5	6	29	M5	M4	16	M3	35	7.5	6	6.5	28.5	30	18	1	42.5	5
16	8	4	2	6	29	M5	M4	16	M4	35	8.5	8	6.5	28.5	30	18	1	43.5	7
20	8	4	2	6	36	M5	M5	18.5	M5	39	7	10	8	31	37.5	22	1.5	46	9
25	8	4	2	6	40	M5	M5	18.5	M5	39	7	10	8	31	41.5	26	1.5	46	9
32	10	4	2.8	6	60	G1/8	M6	21.5	M6	42	7	12	6.5	35.5	52	32	2	49	10
40	10	4	2.8	6	60	G1/8	M6	21.5	M6	45.5	8.5	12	7.5	38	62.5	42	2.5	54	10
50	12	4	3.5	6	68	G1/8	M8	23.5	M8	45.5	10	16	7.5	38	71	50	3	55.5	13
63	12	4	3.5	8	87	G1/8	M10	28.5	M8	51	10.5	16	7.5	43.5	91	62	4	61.5	13
80	16	4	4.5	8	107	G1/8	M10	28.5	M10	62	12	20	9.5	52.5	111	82	4	75	17
100	20	4	6	8	128	G1/4	M10	28.5	M12	68	15.5	25	10.5	57.5	133	108	5	83.5	22

Figura 4.5: Tabla de catálogo de cilindros de AIGNEP - Compactos

Válvulas

Al tratarse de un sistema que ni requiere un alto caudal de aire para alimentar los actuadores, ni son necesarios unos tiempos de respuesta cortos ni se necesita una alta compacidad del conjunto de válvulas de control, se han elegido válvulas simples con el coste mínimo.

Symbol	Function	Controls		Response time at 6 bar (ms)		Flow rate at 6 bar P=1 bar (l/min)	Weight (g)	Size	CODE
		Pilot	Return	Energized	De-energized				
	5/2 monostable	Pneumatic	Mechanical spring	29	38	415	310	05	UOS354RZR
				30	42	950	760	12	UOS124RZR
				42	41	2000	1945	35	UOS354RZR
		Mechanical spring	Pneumatic	29	38	415	310	05	UOS352RZR
				30	42	950	760	12	UOS124RZR
				42	41	2000	1945	35	UOS352RZR
	5/2 bistable	Pneumatic	Pneumatic spring	42	34	415	325	05	UOS354RTG
				44	59	950	770	12	UOS124RTG
				69	71	2000	1900	35	UOS354RTG
		Pneumatic spring	Pneumatic	42	34	415	325	05	UOS352RTG
				44	59	950	770	12	UOS124RTG
				69	71	2000	1900	35	UOS352RTG
	5/3 closed center	Pneumatic	Pneumatic	27	27	415	305	05	UOS356R4R
				28	28	950	745	12	UOS124R4R
				35	35	2000	1910	35	UOS356R4R
		Pneumatic	Pneumatic differential	27	27	415	310	05	UOS356R7R
				28	28	950	770	12	UOS124R7R
				35	35	2000	1900	35	UOS356R7R
	5/3 closed center	Pneumatic differential	Pneumatic	27	27	415	310	05	UOS356R4R
				28	28	950	770	12	UOS124R4R
				35	35	2000	1900	35	UOS356R4R
		Pneumatic	Mechanical spring	42	33	815	790	12	UOS1235R
				27	31	2000	1980	35	UOS356R5R

Figura 4.6: Tabla de tipos de válvulas con pilotaje neumático

## Conexiones

Existen dos tipos de conexiones: conexiones de control y conexiones principales. En el caso del circuito diseñado se han elegido racores y tubo de 4 milímetros de diámetro para las conexiones de control y alimentación de los cilindros de ajuste de anchura ya que el caudal requerido es bajo. Para las conexiones principales de alimentación del cilindro de empuje y para la conexión a la red se ha optado por racor y tubo de 6 milímetros de diámetro.

## 4.2. Diseño de las piezas

A partir del diseño expuesto en el apartado M.2 de este documento, se realizó el diseño de la parte estructural del anclaje con el objetivo de fabricar un prototipo y posteriormente realizar pruebas experimentales que confirmen el buen funcionamiento del sistema.

Así pues, antes de realizar el diseño de las piezas, fue necesario confirmar los materiales disponibles en el taller y llegar a un acuerdo con el objetivo de minimizar gastos ya que, al tratarse de un primer prototipo funcional, se pretende un diseño minimalista que cumpla la función requerida aunque no sea capaz de soportar las cargas de los ensayos de homologación (explicado en el apartado M.5).

A continuación se realiza una breve descripción de cada una de las piezas del diseño. Los planos detallados de cada una de ellas se encuentran en el Anexo C.1:

1. Base (plano 1): se trata de una base de lámina de 4 mm de espesor y 50 mm de anchura. El objetivo de esta base es unir los dos pilares de la estructura y permitir fijar el sistema al suelo con tornillos.
2. Estructura (plano 2): pórtico de perfil cuadrado de 25x 1.5 mm . El objetivo es servir como soporte del resto de componentes descritos a continuación.
3. Placa porta cilindro (plano 3): se trata de una lámina soldada a la estructura que sirve para fijar el cilindro empujador al anclaje.
4. Soporte de cilindros y guía de los ganchos (plano 5): se trata de una camisa realizada con perfil cuadrado de 25 x 1.5 mm, dos plaquitas soldadas y un tramo de perfil cuadrado de 20 x 1.5 mm que sirve como guía del gancho izquierdo. Esta pieza sirve para fijar los cilindros de ajuste de anchura mediante las plaquitas soldadas y además sirve como camisa guía de los ganchos. Esta pieza va soldada sobre la estructura a una altura que, para la mayoría de las sillas, coincide con la zona de la estructura por donde se quiere fijar la silla.
5. Gancho derecho (plano 7): se trata de un tramo de perfil cuadrado de 20x1.5 que funciona como guía interna dentro de la pieza anterior y un tramo de perfil 16x1.5 que forma una “L” y funciona como bloqueador. Incluye una plaquita con el objetivo de unir el gancho a uno de los cilindros de ajuste de anchura.
6. Gancho izquierdo (plano 8): se trata de un tramo de perfil cuadrado de 16x1.5 mm que actúa como guía interna dentro del gancho derecho y un tramo del mismo tamaño que el anterior que forma una “L” y funciona como bloqueador. Incluye una plaquita con el objetivo de unir el gancho a uno de los cilindros de ajuste de anchura.
7. Empujador (plano 9): se trata de un conjunto de tramos de perfil cuadrado de 16x1.5 mm que forma una especie de “cuernos” con los que, al actuar el cilindro de empuje unido a éste, hace avanzar al conjunto silla usuario y presiona sobre la zona de bloqueo de los ganchos de manera que la silla queda fijada.

El prototipo funcional se obtiene al posicionar y soldar cada una de estas piezas. En la figura 4.7 se muestra un plano general del diseño en 3D con los actuadores neumáticos instalados.

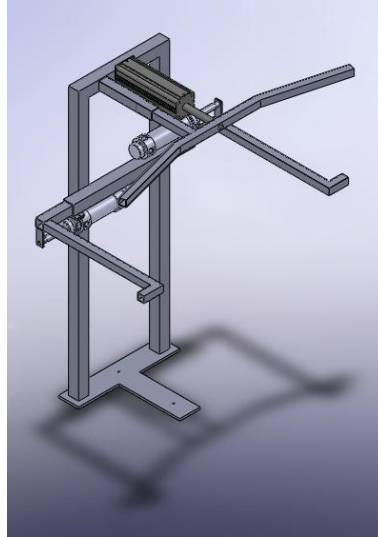


Figura 4.7: Plano general del diseño 3D del prototipo funcional

## Capítulo 5

# Prototipo funcional

En este apartado se va a describir el proceso de construcción del prototipo destinado a comprobar la funcionalidad del sistema. También se describen los resultados obtenidos mediante las pruebas experimentales, los problemas que surgieron y las soluciones y modificaciones realizadas sobre el prototipo.

### 5.1. Proceso de construcción

#### Construcción de la estructura metálica

La fabricación de las piezas que conforman la estructura se realizó mediante la soldadura de tramos de perfiles estructurales comerciales según el diseño presentado en el apartado 4.2 de esta memoria. El proceso de construcción tuvo lugar en el taller de mantenimiento del Campus Río Ebro.

En las imágenes expuestas a continuación (figura 5.1) se muestran fotografías de la estructura metálica.





Figura 5.1: Imágenes de la estructura metálica

#### Colocación del sistema neumático

El siguiente paso fue el de situar los componentes del circuito neumático y de ajustar el funcionamiento de éste. Para ello se decidió utilizar el espacio entre las barras del pórtico de la estructura y se soldaron dos chapas a la estructura donde se fijaron las válvulas de control mediante tornillos de manera que se minimizase la cantidad de tubo utilizada y fuese lo más accesible posible. En la imagen se presenta una vista general de los componentes del circuito.

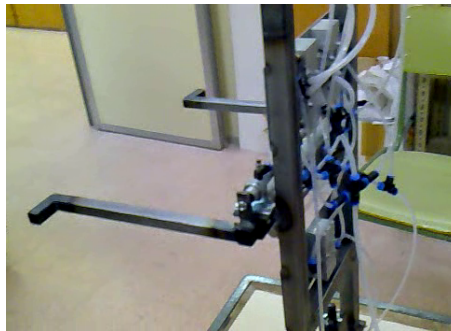


Figura 5.2: Neumática acoplada a la estructura

### Pintado de las piezas

Con el objetivo de mejorar las cualidades estéticas del prototipo se realizó el pintado de las piezas con un spray de esmalte blanco. Para ello se desmontó el sistema neumático y se taparon las zonas de las piezas donde no debía aplicarse la pintura (guías interiores y caras de contacto) y se procedió al rociado. Después de que se secase la pintura se volvió a montar el circuito neumático y la estructura metálica.

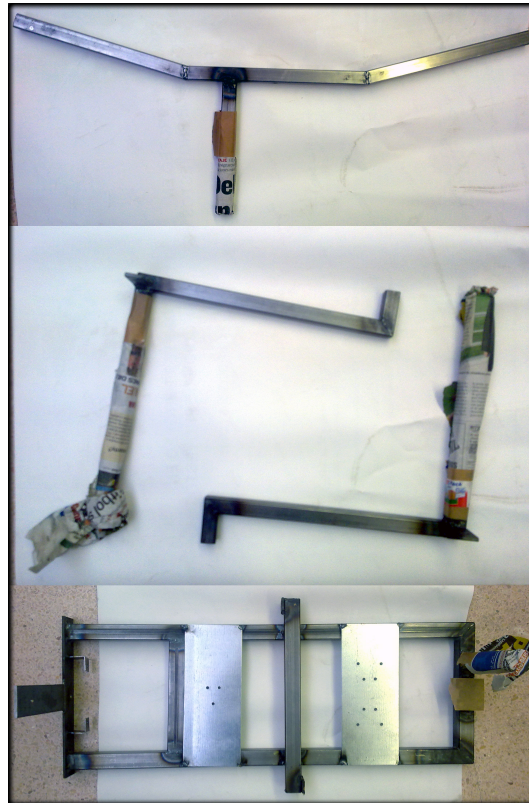


Figura 5.3: Piezas preparadas para el pintado

## 5.2. Pruebas, problemas y modificaciones del prototipo

### Prueba inicial

Para comprobar y ajustar el funcionamiento del prototipo se realizó una prueba previa del sistema con la ayuda de una silla de ruedas prestada por la fundación de Disminuidos Físicos de Aragón (DFA). El prototipo se fijó sobre una base de madera mediante tornillos y se conectó a un compresor tras lo cual se simuló el uso del anclaje.

### Problemas y Modificaciones del prototipo

Al realizar la prueba se detectaron ciertos problemas que debían ser resueltos. Estos problemas y las modificaciones realizadas para solventarlos son los siguientes:

1. La anchura entre ganchos debía reducirse para facilitar la aproximación de la silla y facilitar el posicionamiento de la silla. La solución más simple fue la de modificar los ganchos con forma de “L” (imagen). Para ello se añadió un tramo del mismo perfil (cuadrado de 16x1.5) de 50 mm de largo obteniendo la forma que se muestra en la imagen. De esta manera se redujo la anchura entre ganchos en 100 mm resolviendo el problema.



Figura 5.4: Detalle del gancho modificado

2. Al accionar el sistema, el circuito neumático se aplicó una fuerza de empuje que levantó la base del suelo. Para evitar esto, se fijó la base directamente al suelo con tornillos como se muestra en la imagen.



Figura 5.5: Base atornillada al suelo

3. Debido a que los materiales son estándar y con medidas que dan lugar a holguras, se incluyó un tornillo como se muestra en la imagen para ajustar las guías de los ganchos.



Figura 5.6: Detalle del tornillo de ajuste

4. Para evitar que el contacto del metal del prototipo con la silla dañe la silla, se colocaron fundas de espuma plástica como se muestra en la imagen.
5. Con la intención de mejorar la estética y cubrir los componentes del circuito neumático para que no se encuentren accesibles al usuario se fabricó una carcasa con láminas de PVC blancas. En las siguientes imágenes se muestran los resultados:



Figura 5.7: Prototipo con carcasa

#### Segunda prueba del prototipo

Las siguientes imágenes muestran el proceso de anclaje de la silla de ruedas. Está dividido en aproximación de la silla, ajuste de anchura de los ganchos y empuje de posicionamiento y presión de la silla.



Figura 5.8: Aproximación plano general



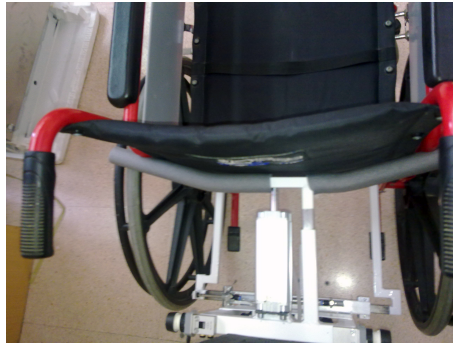


Figura 5.9: Empuje de la silla



Figura 5.10: Silla anclada con el prototipo funcional

Los resultados de esta prueba fueron satisfactorios ya que se comprobó que el sistema funciona correctamente. Sin embargo se observaron ciertos detalles del diseño que deben ser corregidos. Éstos se muestran en el siguiente apartado.

## Capítulo 6

# Rediseño y solución de problemas

Tras la construcción y pruebas del primer prototipo, con resultado positivo, es necesario realizar un segundo diseño del sistema con el que se solucionen los problemas encontrados en la construcción de éste y además, que pueda ser utilizado para futuras pruebas de homologación. Así pues, en este apartado se va a exponer y se va a realizar una descripción de un nuevo diseño del sistema de anclaje.

### 6.1. Resolución de los problemas del anterior diseño

Como se explica en el apartado aparecieron ciertos problemas tras las pruebas, que impedía un buen funcionamiento del sistema. Para ello se modificó directamente el prototipo, sin embargo, esas modificaciones han de aparecer en el nuevo diseño. Los problemas detectados y sus soluciones son las siguientes:

1. Distancia entre ganchos en posición inicial es demasiado grande y dificulta tanto la aproximación como el ajuste para la silla de ruedas.

La distancia entre ganchos diseñada para el prototipo anterior es de 30 cm. Dado que se trata de una distancia demasiado grande, se decidió reducirla en 10 cm ya que, de esta manera, se solucionaría el problema. Sin embargo, la contingencia que surge al intentar modificar esta distancia es que, si se intenta disminuir el tamaño del tramo guía de los ganchos, también se reduce el recorrido máximo que pueden realizar. Además, si se modifica el tramo “bloqueador”, se pueden introducir esfuerzos a flexión sobre soldaduras creando debilidades puntuales de la pieza. En la figura se muestra el diseño final para la zona bloqueadora:

La forma elegida es la de una “C” donde se encaja el tubo de la estructura de la silla. Las medidas han sido tomadas de manera que quepan incluso ciertas sillas que disponen de un tubo ancho (aproximadamente 50 mm de diámetro) al disponer de un sistema que permite modificar su altura de asiento y anchura.

2. Baja resistencia de la base del prototipo y fijación al suelo insuficiente.

Con la realización de las pruebas con silla del prototipo, surgió el problema de que, al aplicar la

fuerza de empuje sobre la silla, la base no fue lo suficiente resistente y se deformó inclinando la estructura de pórtico. Además, debido a que el objetivo del anclaje es colocarlo sobre las guías ya existentes del suelo adaptado de los vehículos, se debía sustituir el fijar la base con tornillos por un nuevo diseño.

Para resolver el problema de resistencia y rigidez se incluyen dos modificaciones. La primera fue mejorar la base dándole una forma que aporta más rigidez y aumentando el espesor del material para mejorar la resistencia. En la figura se muestra el nuevo diseño de la base.

La segunda modificación fue la de incluir dos escuadras soldadas al pórtico y a la base que mejoran las cualidades de resistencia y rigidez a la estructura minimizando las deformaciones y ayudando a transmitir a la base los esfuerzos de una forma más repartida. En la figura se muestra esta modificación.

Para resolver el problema de fijación se han diseñado dos piezas que funcionan como macho de las guías colocadas en los vehículos y que se fijan sobre la base mediante dos tronillos. Además, para conseguir una fijación segura a las guías, se incluye un sistema de tornillo que, al accionarlo, empuja la pieza macho contra las guías bloqueando cualquier posible movimiento. El diseño de esta pieza se encuentra detallado en el Anexo, plano.

3. El empujador intercede con el usuario.

Para comprobar las sensaciones que el usuario obtiene al utilizar el anclaje se realizó una prueba con una persona sentada sobre la silla. Se notó que, al aplicar el movimiento de posicionamiento con el empujador, este intercedía con el usuario presionando sobre la zona lumbar de la espalda. Para resolver este problema, se optó por modificar ligeramente el anterior diseño de manera que se siguiese empujando la silla pero se evitase el posible contacto empujador usuario. En el plano 14 del anexo se muestra el diseño de este elemento.

4. Problemas con la versatilidad del sistema.

Al realizar la prueba del anclaje con dos sillas diferentes, se observó que, además de que existen sillas con diferentes anchuras, también hay que tener en cuenta que la altura y el diámetro de las ruedas varían. Además, la estructura puede incluir tornillos, piezas soldadas o formas no deseadas.

Para resolver este problema se optó por incluir un sistema de guiado que permite modificar tanto la altura a la que se encuentra el empujador, como la altura a la que se encuentran los ganchos. Dado que la mayoría de las sillas disponen de un cierto rango de espacio por donde realizar la fijación, no sería necesario variar la posición de los ganchos y empujador, reservando esta opción para sillas con detalles exclusivos en su diseño. Así pues, no se pierde la especificación de autonomía requerida.

5. Compacidad del sistema Es necesario mejorar la cualidad de compacidad del sistema. Se observó que la anchura y largo de ganchos puede ser reducida de manera que el volumen ocupado por el sistema sea menor.

Para resolver este problema se ha optado por rediseñar los ganchos como se ha comentado



anteriormente y por cambiar la forma de fijar el cilindro empujador. Para ello se ha diseñado una placa para fijar el cilindro por la parte delantera. De esta manera se acorta la longitud de los ganchos.

## 6.2. Cálculo y diseño de las piezas

Tal como se comentó en el apartado, todos los sistemas de anclaje deben pasar las pruebas descritas en la ISO 10542 (anexo, parte). Al tratarse de pruebas de tipo dinámico y de no disponer de una herramienta que permita un cálculo preciso de los esfuerzos requeridos, se va a optar por realizar una aproximación estática de los cálculos como se muestra en la Directiva Europea 76/115-96/38[6]. Para realizar esta aproximación, nos basamos en la siguiente información obtenida del estudio de IMSERSO que describe las características de ensayos estáticos para anclajes de sillas de ruedas como aproximación de ensayos dinámicos:

Aplicación simultánea de fuerzas al cinturón de seguridad y a la silla de ruedas. La carga aplicada al cinturón de seguridad se hará a  $10^\circ$  respecto a la horizontal, y la aplicada a la silla, a  $0^\circ$  en el centro de gravedad de la silla (ubicación dada por la norma).

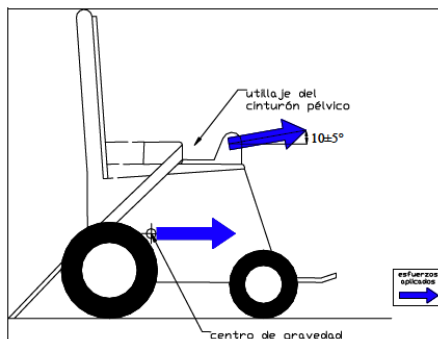


Figura 6.1: Ejemplo de fuerzas de ensayo

El ensayo se considera válido si, tras la aplicación de dichas cargas durante 200ms la silla permanece de pie y los anclajes no se han roto, pero pueden haber sufrido deformación plástica.

Las fuerzas a aplicar están dadas según la categoría del vehículo:

	Vehículos M3	Vehículos M2	Vehículos M1	
Cinturón su abdominal	740 ± 20 dan	1110 ± 20 dan	2225 ± 20 dan	
Cinturón de 3 o 4 puntos	450 ± 20 dan	675 ± 20 dan	1350 ± 20 dan	(pélvico)
	450 ± 20 dan	675 ± 20 dan	1350 ± 20 dan	(torso)

	Vehículos M3	Vehículos M2	Vehículos M1
Centro de gravedad de la silla de ruedas	740 ± 20 dan	1110 ± 20 dan	2220 ± 20 dan

Figura 6.2: Las fuerzas a aplicar según la categoría del vehículo

Así pues, para la realización de los cálculos aproximados, se van a tomar los valores más desfavorables que es la aplicación sobre el prototipo de una fuerza de 2220±20 DaN.

### 6.2.1. Estructura

A la hora de realizar el diseño de la parte estructural del anclaje, se han tenido en cuenta que la forma se pudiese conseguir a partir de un perfil de catálogo estándar y que sea capaz de resistir las solicitaciones antes mencionadas sin que existan grandes deformaciones.

#### Diseño

A la hora de elegir las medidas de altura y anchura del pórtico se tomaron como referencia las medidas del diseño del anexo C.1 y los resultados de las pruebas del prototipo. Así pues, para la anchura se eligió una medida de 100 mm ya que, como se comenta en los resultados de las pruebas, es necesario reducir la anchura entre ganchos a 200 mm para facilitar la aproximación de la silla.

Para la altura se ha elegido un valor de 615 mm. Este valor es menor al del diseño anterior ya que se detectó mediante las pruebas de prototipo que el empujador contactaba en una zona demasiado alta de la silla y además, para resolver el problema de ajuste de altura del empujador, se ha añadido un sistema (descrito posteriormente) que amplía este valor de 8 a 15 mm.

#### Cálculo

Mediante la herramienta de cálculo por elementos finitos COSMOS incluida en el programa de modelado Solidworks v.2008 y el catálogo de materiales del anexo se realizaron cálculos aproximados de las solicitaciones de la estructura.

El perfil elegido es de 80 x 40 x 3 de un acero bajo en carbono (F1100) que permite ser soldado más fácilmente y tiene unas propiedades de tenacidad necesarias para absorber los esfuerzos de las pruebas de homologación ya que se aproximan a un impacto. Los resultados de valores de tensiones y desplazamientos son los siguientes:

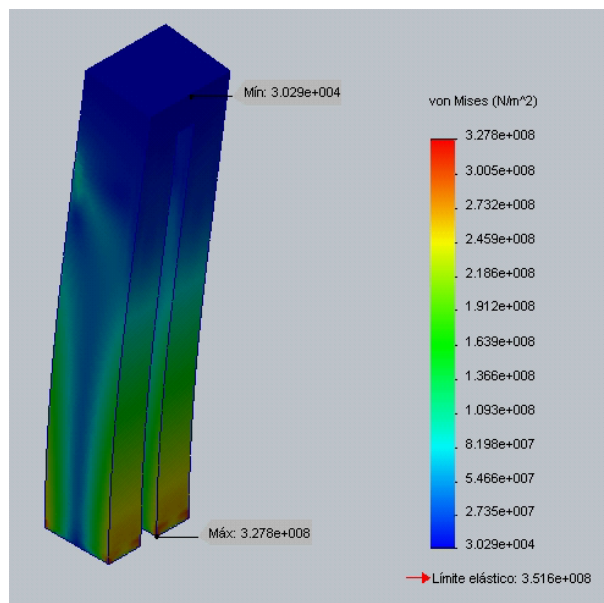


Figura 6.3: Distribución de tensiones en la estructura

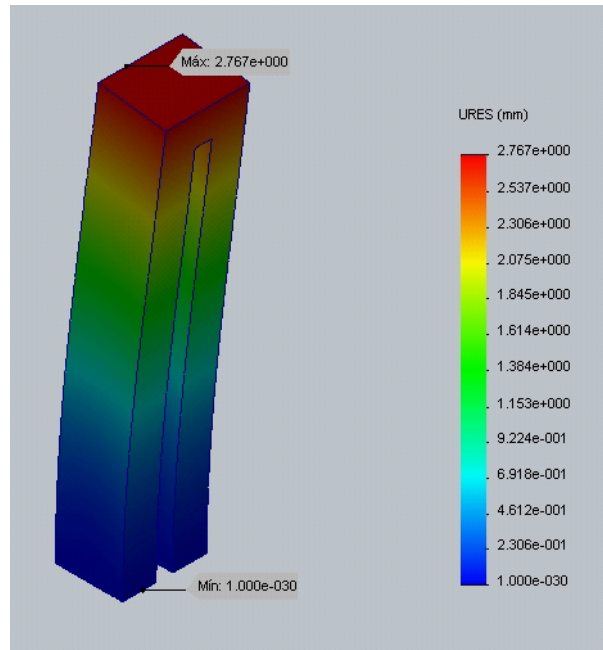


Figura 6.4: Deformaciones en la estructura

Ya que la flecha máxima obtenida tiene un valor demasiado alto, se incluyeron dos escuadras que aumentan la rigidez. Se ha optado por una escuadra con las medidas del plano 4 del anexo C.2. Los resultados obtenidos son los siguientes:

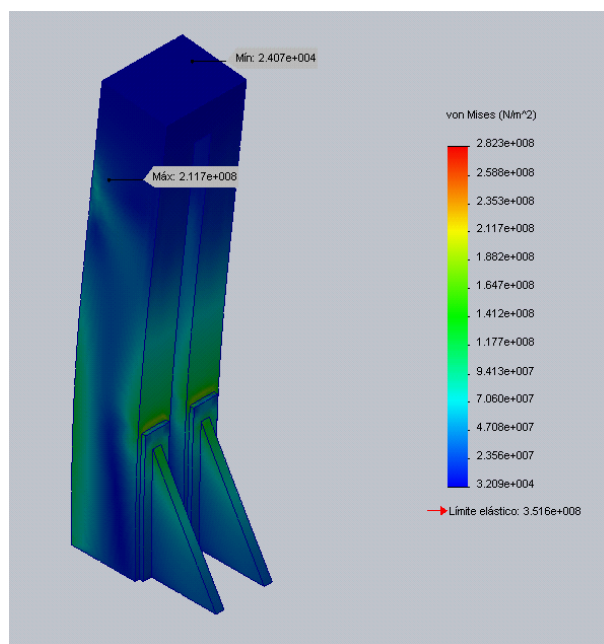


Figura 6.5: Valores de las tensiones

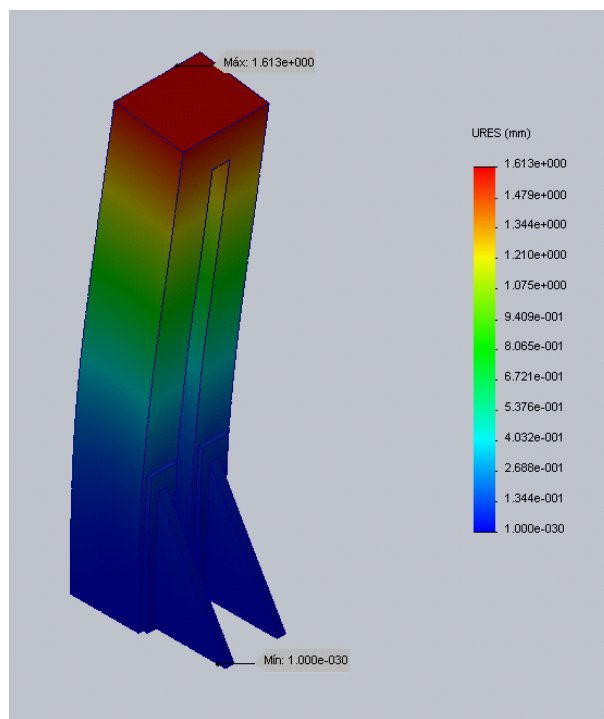


Figura 6.6: Valores de deformación

### 6.2.2. Ganchos

Como se ha comentado anteriormente, se ha elegido un diseño de los ganchos en forma de “C” con el objetivo de reducir la distancia entre ganchos y “atrapar” los tubos de la estructura de la silla. El resultado de los cálculos con este diseño son los siguientes:

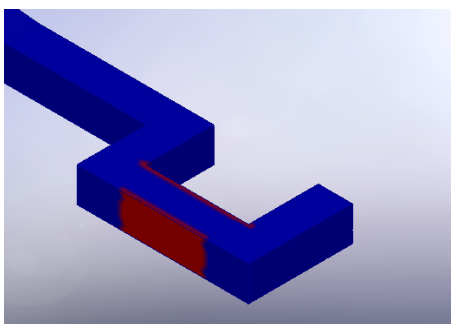


Figura 6.7: Nuevo diseño del gancho. Las zonas rojas indican coeficiente de seguridad menor a 1.

Debido a la forma elegida aparecen concentradores de tensiones en las esquinas interiores. Para resolver este problema es necesario reforzar el diseño. Para ello se ha optado por incluir nervaduras que aumenten la resistencia. La primera opción fue la de incluir los nervios en la zona interna del gancho. Los resultados son los siguientes:

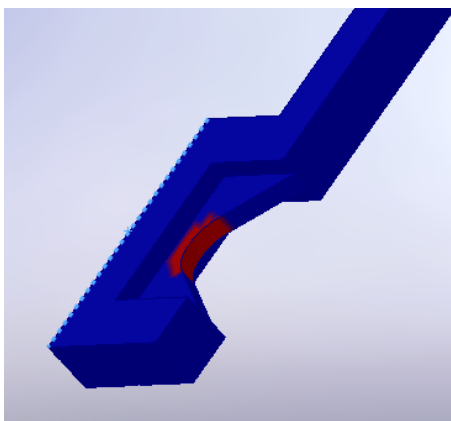


Figura 6.8: Gancho con nervadura interna. Las zonas rojas indican coeficiente de seguridad menor a 1.

En la figura 6.8 se observa que la zona de concentración de tensiones aparece ahora en el nervio. Dado que no se resuelve el problema del concentrador de tensiones, la siguiente opción es la de incluir un nervio por la parte externa. Los resultados son los siguientes:

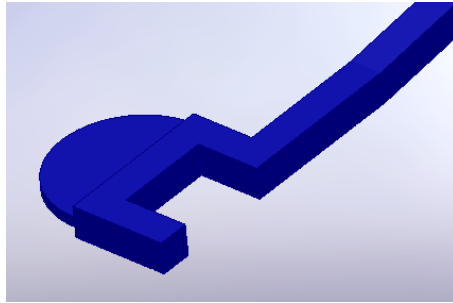


Figura 6.9: Gancho con nervadura interna.

Una vez se han realizado los cálculos de esta zona del gancho, se van a calcular las guías. Dado que al llegar al punto de máxima anchura entre ganchos la longitud de guía que queda dentro de la camisa es insuficiente para soportar los esfuerzos requeridos. Así pues, es necesario realizar un rediseño de las guías. En el plano 7 del anexo C.2 se muestra el nuevo diseño del gancho y a continuación se muestra el resultado de los cálculos:

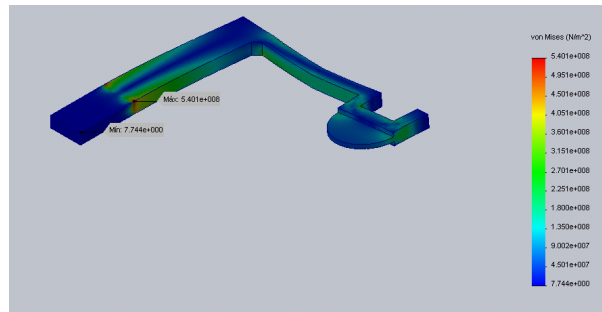


Figura 6.10: Valores de tensiones

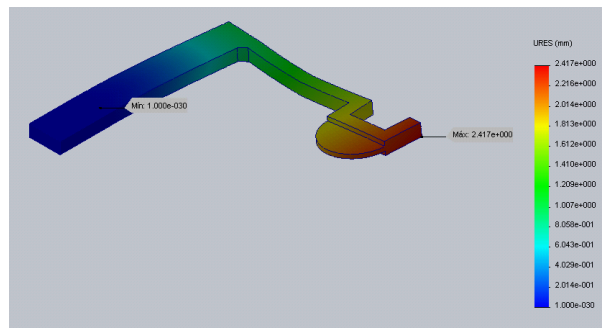


Figura 6.11: Valores de deformaciones

Uno de los efectos conseguidos con este diseño es que, al aplicar las solicitaciones, el gancho tiende a abrazar más la barra (figura ). Esto es debido a que la fuerza no se aplica sobre el eje del gancho y provoca un momento flector que deforma el gancho contra el tubo de la silla.

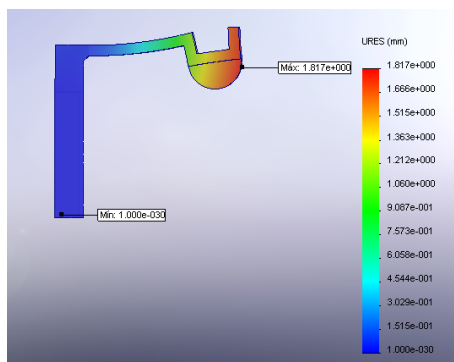


Figura 6.12: Deformación gancho.



### 6.2.3. Porta ganchos

Este elemento se ha diseñado con la idea de servir de soporte para los cilindros de ajuste de anchura y como camisa guía de los ganchos. Para permitir la variación de la altura de ganchos se ha incluido una camisa que se ajusta a la estructura. La fijación se realiza por presión mediante dos tornillos situados a los lados de las guías. En el plano 10 del anexo C.2 se muestra el diseño de este elemento.

### 6.2.4. Subconjunto empujador

Se trata de un soporte realizado con perfil cuadrado de 20 x 1.5 y una placa soldada donde se fija el cilindro de empuje por su parte delantera. Unido a este cilindro y guiado por el soporte se encuentra el empujador descrito anteriormente así que las medidas entre estos tres componentes deben encajar para que el empujador esté bien centrado.

Para conseguir una variación en la altura del empujador se ha colocado un perfil soldado sobre la estructura que sirve de guía para el soporte. La fijación del soporte se realiza por presión mediante un tornillo. En la figura se muestra este subconjunto:

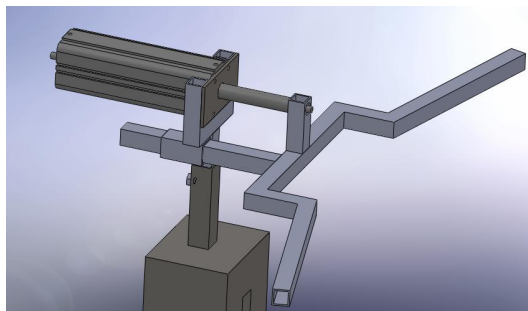


Figura 6.13: Subconjunto empujador

## Capítulo 7

# Espectativas de futuro

Tras el último diseño del sistema de anclaje se va a continuar adelante con el proyecto de diseño del producto. Actualmente, se encuentra en proceso de aprobación la protección intelectual de la idea mediante la creación de una patente. En ella se describe el funcionamiento, requerimientos del sistema y las características principales del anclaje tales como forma aproximada y posición de las partes que lo componen. Ésta ha sido realizada a partir del diseño presentado en esta memoria (Anexo C.2) por los Profesores del Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación Doctor D. Rubén Rebollar y Profesor Doctor D.Iván Lidón López con el apoyo del los miembros de la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la Universidad de Zaragoza.

Al mismo tiempo, se está fabricando un nuevo prototipo en el taller (mencionado en el apartado 5.1) conforme al diseño del anexo C.2 con la intención de realizar nuevas pruebas experimentales con él y que sirva, una vez esté aprobada por completo la patente, de muestra del producto para su venta a entidades externas a la Universidad de Zaragoza. El objetivo de esta venta es la de realizar un estudio de mejora del diseño con herramientas de trabajo mas precisas y financiar las pruebas de homologación para vehículos ya que supone un coste económico demasiado alto como para que se ocupe de él la Universidad.

Dado que el objetivo final es la venta del producto, se ha elegido un nombre para el producto y se ha diseñado un logotipo que lo represente. En la figura 7se muestra éste:

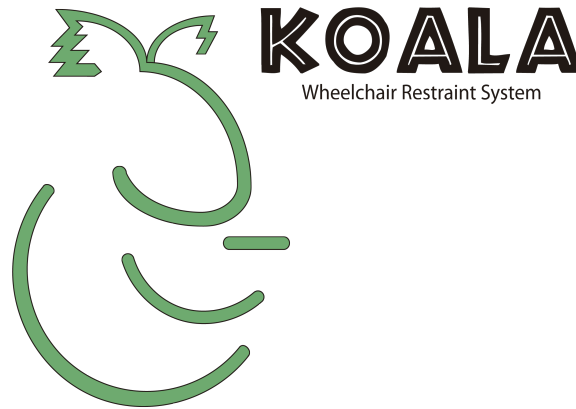


Figura 7.1: Logotipo del Sistema de Retención de sillas de ruedas KOALA

Se ha elegido la figura de un Koala ya que permite introducir la idea de seguridad y confort que da la imagen de una cría de este animal sujeta a su progenitor al producto. Además, se trata de un nombre simple y fácil de recordar por el cliente que ayudará a su comercialización.

## Capítulo 8

# Conclusiones

Mediante la realización de este proyecto se ha desarrollado el diseño de un nuevo sistema de anclaje para sillas de ruedas enfocado a vehículos de transporte público. A lo largo del proceso se ha pasado por numerosas fases en las que el alumno ha podido ampliar sus conocimientos, tanto en el campo intelectual como en el social. Así pues, el tiempo y trabajo realizado en las distintas fases han sido los siguientes:

- **Búsqueda y análisis de información:** en esta fase se han ampliado los conocimientos sobre patentes, normativas a aplicar en el diseño, informes relacionados y estudios previos. Durante el tiempo de un mes se buscaron en bases de datos de internet esta información que posteriormente fue analizada. Esta fase ayudó a comprobar que el diseño conceptual (anexo B) realizado en el curso 2009/2010 era realizable, es decir, podía funcionar, cumplía la normativa y no entraba en conflicto con ninguna patente ya existente.
- **Especificación del sistema:** a partir de las características del diseño conceptual (anexo B) se determinaron las características principales escogiendo las más importantes y añadiendo aquellas que pudiesen introducir futuras mejoras.
- **Diseño básico:** esta fase se puede dividir en dos periodos: diseño del circuito neumático y diseño de la estructura. Para el diseño del circuito neumático fue necesario estudiar los apuntes de la asignatura de Hidráulica [2] y consultar al profesor que la imparte, D. Ignacio que prestó su ayuda al alumno en la corrección y recomendación de componentes del circuito. Para el diseño de la parte estructural se hizo uso de la herramienta de modelado en 3D Solidworks v.2008 y a partir de los tutoriales incluidos en éste mismo, se aprendió a controlarlo. Tras la compra de los componentes del circuito neumático (ya que el diseño dependía de su forma y tamaño) se realizó el diseño del prototipo funcional.
- **Prototipado:** esta ha sido una de las fases que más tiempo ha requerido (unos 4 meses) ya que, en contra de la lógica y en la situación social de crisis empresarial en la que nos encontramos actualmente, fue muy complicado contactar con una empresa que se prestara a proporcionar

los componentes del circuito neumático ya que, al tratarse de un bajo número de componentes, perdían el interés a pesar de que podía significar una oportunidad de negocio interesante. De todas formas, esta experiencia ha prestado al alumno la posibilidad de entrar en el mundo empresarial y tratar directamente con los miembros activos de las empresas.

Así pues, solo queda añadir que la realización de este proyecto ha resultado un éxito tanto a nivel de proyecto (ya que se han cumplido los objetivos previsto y se ha diseñado un producto que en un futuro puede ser utilizado a nivel mundial), académico (se han obtenido conocimientos muy útiles que serán de gran ayuda) y personal (ha permitido al alumno progresar como persona y como futuro ingeniero).

# Bibliografía

- [1] GARCÍA GARCÍA, Andrés (2003). “Diseño y validación experimental de anclajes y asientos de vehículos destinados al transporte de personas en sillas de ruedas”. Madrid, IMSERSO, Estudios I+D+I, nº 31. [Fecha de publicación: 31/08/2005]
- [2] GARCÍA PALACÍN, JOSÉ IGNACIO Apuntes de la asignatura de “Hidráulica y Neumática Industrial”
- [3] UNWIN Safety Systems (<http://www.unwin-safety.com/>)
- [4] Q'Straint (<http://www.qstraint.com/>)
- [5] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado (<http://www.boe.es>)
- [6] Directiva Europea 76/115-96/38
- [7] Catálogo de materiales (<http://www.hierrosalfonso.com/>)
- [8] Base de datos de patentes a nivel internacional (<http://www.freepatentsonline.com/>)
- [9] Tutoriales incluidos en la herramienta Solidworks v.2008
- [10] Ley 13/1982, de 7 de abril
- [11] ISO 10542 “Sistemas técnicos y ayudas para personas con discapacidad o minusválidos - Amarres de silla de ruedas y sistemas de retención para el ocupante”

## Anexo A

# Herramientas utilizadas

En este anexo se presentan las herramientas utilizadas a lo largo de la realización del proyecto descrito en esta memoria. Dentro de ellas se incluyen herramientas de modelado 3D, de retoque digital de imágenes, de creación de imágenes, de escritura y maquetación de textos y de diseño y simulación de circuitos neumáticos. Todos los archivos creados se encuentran en el CD adjunto a la memoria.

Las herramientas utilizadas son las siguientes:

### Modelado 3D

Para realizar los modelos 3D de las piezas y ensamblajes y cálculos aproximados de tensiones, se ha utilizado la herramienta Solidworks 2008.

### Retoque digital y creación de imágenes

Para la realización de las modificaciones necesarias en las imágenes incluidas en esta memoria se ha utilizado el programa Adobe Photoshop CS5 y Gimp. Para crear el logotipo se ha utilizado el programa Adobe Ilustrador CS5.

### Diseño y simulación de circuitos neumáticos

Para diseñar y simular los circuitos neumáticos se ha utilizado el programa Festo FluidSim. Incluye breves descripciones de los componentes pertenecientes a la marca Festo y que se pueden utilizar en la composición de circuitos.

### Escritura y maquetación de textos

Para crear y maquetar la memoria se han utilizado Microsoft Office 2003, TexMaker y LyX (L<sup>A</sup>-TEX).

## Anexo B

### Informe de la Asignatura de «Proyecto de Mejora en la Empresa»



CENTRO POLITÉCNICO SUPERIOR DE ZARAGOZA



# SISTEMA DE RETENCIÓN DE SILLAS DE RUEDAS

Trabajo realizado por: Alberto Olmo  
Eugenio Sainz  
Pablo Salinas  
Miguel Sanz

## Contenido

<b>1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN INICIAL.....</b>	<b>2</b>
<b>2. SISTEMAS DE ANCLAJE UTILIZADOS ACTUALMENTE.....</b>	<b>3</b>
2.1. ANCLAJE DE BARRA RÍGIDA POR DOS PUNTOS.....	3
2.2. ANCLAJE DE CINTURÓN CON CUATRO PUNTOS.....	4
2.3. SISTEMA EASISIT (PRODUCTO REGISTRADO) .....	5
<b>3. REQUERIMIENTOS EXIGIDOS PARA EL NUEVO DISEÑO .....</b>	<b>6</b>
<b>4. DISEÑO FINAL DETALLADO.....</b>	<b>8</b>
4.1. SOLUCIONES A LAS ESPECIFICACIONES.....	8
4.2. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO .....	10
4.3. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO .....	18
4.4. PRESUPUESTO .....	19
4.5. PROTOTIPO.....	20
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>24</b>
<b>6. ANEXOS .....</b>	<b>26</b>
ANEXO 1: NORMATIVA VIGENTE .....	26
ANEXO 2: ENSAYO DE VALIDACIÓN DE SISTEMAS DE RETENCIÓN DE SILLA DE RUEDAS. FUERZAS REQUERIDAS.....	27
ANEXO 3: PLANOS Y COTAS PRINCIPALES .....	29
ANEXO 4: CONTENIDO DEL CD .....	34

# **1. Descripción de la situación inicial**

La fundación se dedica al transporte de personas con movilidad reducida, tanto ancianos como personas con minusvalías. Muchos de los usuarios utilizan sillas de ruedas para poder desplazarse de forma autónoma, así que es necesario un sistema de anclaje para fijarlas al vehículo.

Los sistemas utilizados actualmente son manuales y se requiere la presencia de un auxiliar que ayude a los usuarios con sillas de ruedas a colocarse en su sitio y las fije al vehículo correctamente. Con estos sistemas no solo se necesita contratar una persona más para cada autobús, sino que además el tiempo necesario para la fijación es muy alto y provoca que el tiempo de ruta aumente.

Estas fueron las causas que llevaron a la fundación a solicitar el servicio del grupo de estudiantes de ingeniería Industrial del Centro Politécnico Superior de Zaragoza, dentro del programa “proyectos de mejora en empresas”.

A continuación se van a exponer las características de los sistemas que se usan actualmente, los requerimientos exigidos para el sistema de anclaje a diseñar, los posibles problemas y contrariedades y las soluciones halladas.

## 2. Sistemas de anclaje utilizados actualmente

### 2.1. Anclaje de barra rígida por dos puntos

Se trata de un sistema de gatos fijados a las guías del suelo del autobús. Su funcionamiento es muy simple: se coloca la silla en posición y se fijan los gatos en las guías donde convenga. A continuación se varía la posición del gancho para ajustarla a la barra de la silla que sirva de soporte de fijación (ver figura 1). Para anclar la silla correctamente es necesario colocar un juego de dos ganchos como mínimo. El precio de cada juego ronda los 300 €.



Figura 1. Anclaje de gato por dos puntos

Problemas de esta fijación:

1. Es necesario un operario que se ocupe de situar la silla en posición, fijarla con un juego de ganchos y posteriormente desanclar la silla y retirar los ganchos de nuevo a un lugar que no obstruya el paso.

2. El ajuste puede ser en ocasiones ineficaz. La rosca (o cremallera dependiendo del modelo) se deforma por el uso y pierde las propiedades mecánicas necesarias, disminuyendo de ese modo la sujeción de la silla durante el trayecto. Necesitan un mantenimiento regular.
3. Se precisa un sistema de cinturones de seguridad adicional para completar la fijación del usuario al vehículo.

## 2.2. Anclaje de cinturón con cuatro puntos

Se trata de un sistema de cuatro cinturones fijados a las guías del autobús como se muestra en la figura 2. Tras situar la silla en posición se anclan los cinturones y se ajustan a los puntos de sujeción de la silla. Tienen un mejor ajuste que el sistema de dos puntos de manera que lo hace más fiable y más rápido de colocar. Sin embargo, hay que colocar cuatro puntos en lugar de dos. El precio del juego de cuatro cinturones ronda los 400 €.



Figura 2. Anclaje por cuatro puntos

Problemas de esta fijación:

1. Es necesario un operario que se ocupe de situar la silla en posición, fijarla con un juego de cinturones y posteriormente desanclar la silla y retirar los cinturones de nuevo a un lugar que no obstruya el paso.

2. Se necesita un sistema de cinturones de seguridad adicional para completar la fijación del usuario al vehículo.

### 2.3. Sistema EasiSit (producto registrado)

Se trata de un asiento de autobús plegable que fue lanzado al mercado hace unos años. Se ancla a las guías con un sistema de fijación similar al de los asientos y es ajustable a diferentes distancias entre guías. El asiento se pliega y permite a un usuario con silla de ruedas utilizarlo como apoyo. Un auxiliar ancla la silla con un par de cinturones incluidos en el asiento y la silla queda fijada. Además, incluye un cinturón de seguridad para el usuario del asiento que puede ser utilizado también por el usuario con silla de ruedas. Es, por tanto, un sistema más rápido y cómodo que los descritos anteriores.



Figura 3. EasiSit

Problemas de esta fijación:

1. Es necesario un operario que se ocupe de plegar el asiento, situar la silla en posición, fijarla con los cinturones y posteriormente desanclar la silla.
2. Tiene un precio superior al resto.

### 3. Requerimientos exigidos para el nuevo diseño

Las características que debe poseer el nuevo diseño para la conformidad de la fundación son las siguientes:

1. Anclaje seguro: el nuevo sistema de anclaje debe retener la silla y usuario conforme la normativa. Sin la correspondiente homologación, el sistema no podrá ser instalado de forma legal en ningún vehículo.
2. Velocidad de actuación del anclaje: con los sistemas que actualmente utiliza la fundación se requiere de un tiempo de aproximadamente cinco minutos por silla de ruedas para anclarla al vehículo (sin considerar los cinturones de seguridad que aumentan el tiempo a un total de unos diez minutos). Este hecho provoca que, al circular un vehículo en ruta, el tiempo desde la salida hasta la llegada podría llegar a ser de horas tan solo para recorrer unos pocos kilómetros. Además de pérdidas de tiempo, también se provocan molestias a los usuarios. Así pues, el nuevo sistema debe anclar la silla en el menor tiempo posible.
3. Sistema autónomo: en la actualidad un operario se ocupa de posicionar, anclar y soltar al usuario. Para evitarlo se necesita que el nuevo sistema pueda ser accionado por el propio usuario de manera que se obtenga una completa integración de éste con el resto de usuarios que no se sirven de sillas de ruedas.
4. Sistema móvil: la mayoría de los usuarios de las rutas de la fundación son personas que no necesitan sillas de ruedas para moverse. Para poder alternar el uso del vehículo con usuarios con sillas de ruedas se han instalado unas guías en el suelo del autobús para poder poner y quitar los asientos estándar del autobús con el fin de dejar sitio para las sillas de ruedas. Así pues, sería conveniente que el nuevo diseño se adaptara a estas guías para evitar la reforma de los vehículos.

5. Sistema versátil: actualmente existe una gran cantidad de diseños de sillas de ruedas y todas diferentes. El nuevo sistema de anclaje se debe adaptar a la mayor cantidad posible de diseños de sillas sin perder efectividad ni perder alguna de las otras características requeridas.
6. Sistema de cinturón de seguridad: actualmente, el sistema de cinturón de seguridad utilizado es muy lento de colocar y con un diseño que, en caso de accidente leve, podría provocar graves lesiones al usuario (rotura de clavícula, etc.) y podría no sujetarlo correctamente. Un requisito del nuevo sistema es la posibilidad de incluir un sistema de cinturón de seguridad fiable e integrado al sistema de retención de la silla.
7. Coste: el nuevo sistema debe ser lo menos costoso posible, es decir, se debe encontrar un diseño con todas las características requeridas y con un coste de producción mínimo.



## 4. Diseño final detallado

### 4.1. Soluciones a las especificaciones

Para llegar al diseño final de esta etapa del proyecto se ha trabajado siguiendo los principios expresados en el anterior punto. A continuación se describen las soluciones más importantes a nuestras especificaciones englobadas en cuatro puntos principales:

- Autonomía: la finalidad de esta solución es que las personas con movilidad reducida (PMR) autosuficientes sean capaces de efectuar la maniobra de fijación al autobús por ellos mismos.

Este objetivo se ha logrado mediante el uso de actuadores neumáticos (pistones), de forma que accionando el circuito de aire a través de una botonera se complete el proceso de amarre de un modo sencillo y seguro (se explicará posteriormente). El aire necesario se llevará a la posición deseada mediante tubos colocados en los laterales del autobús y, mediante una toma del tipo “conexión rápida”, se transmitirá a los cilindros neumáticos del sistema. Estos tubos se encuentran una parte dentro de la estructura del equipo de retención y otra parte por fuera.

- Versatilidad: la finalidad es poder anclar el mayor número de modelos de sillas de ruedas posibles, así como poder utilizar nuestro sistema en cualquier autobús sin hacer grandes modificaciones.

Este objetivo se ha conseguido estudiando una cantidad importante de modelos de sillas de ruedas mediante catálogos de fabricantes, encuesta a los responsables de los autobuses de la fundación y mediante la observación de todas las sillas que se encontraban físicamente en nuestro entorno. Tras la difícil tarea de encontrar un elemento común a la mayoría, se decidió engancharlas a través de las barras verticales de la estructura que bajan del respaldo. Si bien esas barras no están presentes en todas (ya que no disponen de ellas, están a una distancia distinta o son de modelo eléctrico), sí lo están en un muy alto porcentaje. Además, en el modelo diseñado prevemos la incorporación de

anclajes que permitan colocar los actuales sistemas de enganche (del tipo cinturón) en nuestra estructura, de forma que mediante su combinación, evitando el desmontaje del sistema, sea posible llegar a la totalidad de las sillas de ruedas del mercado.

Hacer nuestro sistema versátil para cualquier autobús se consigue aplicando el sistema de guías que hay actualmente y permitiendo la regulación de estas.

- Compacto y ligero: se intenta conseguir con vistas a una futura incorporación de nuestro diseño a todo tipo de autobuses (urbanos, de líneas regulares...) y no sólo en aquellos en los que sepamos de antemano el tipo y cantidad de sillas a enganchar cada día (como ocurre en los autobuses para el transporte de PMR o en el caso de la fundación), así como para facilitar el transporte y montaje de nuestros clientes.

Esto se ha conseguido con un diseño orientado en todo momento por unas dimensiones máximas y mínimas estudiadas a lo largo de todo el proyecto (explicadas posteriormente), de forma que sea lo más compacta posible e incluso pensando en la opción de incorporar elementos que permitan plegar las partes más voluminosas del mismo. Se ha partido de las medidas más reducidas, de esta forma se asegura el poder colocar la silla con la estructura entre las ruedas, logrando la reducción de espacio necesario para que la PMR pueda efectuar la maniobra de acercamiento a la posición de anclaje sin dificultad.

A partir de estas medidas se han calculado las distancias que deberán desplazarse los elementos móviles de nuestro sistema (ganchos y elemento empujador) de forma que sea capaz de alcanzar las cotas correspondientes a las sillas de mayor tamaño. Estas medidas son las que se han utilizado para el dimensionado de las carreras de los elementos neumáticos del conjunto. Por supuesto, el lograr un tamaño lo más reducido facilita el transporte y el almacenamiento del producto en el mismo autobús, para así hacer frente a un posible aumento de la demanda no programado durante el trayecto.

Además de todo lo anterior se pretende conseguir que sea ligero sin comprometer su resistencia. Esto es bastante complicado, y se tiene que hacer mediante acero. Sin embargo se consigue aligerar el diseño mediante una estructura tubular, y además se da la posibilidad de desmontarlo fácilmente para mayor comodidad del operario.

- Económico: es de vital importancia que todas las empresas con unos mínimos medios puedan acceder a este sistema.

Para conseguirlo se ha trabajado con materiales económicos y disponibles comercialmente (medidas de cilindros neumáticos y espesores de tubos de aceros seleccionados por catálogo).

## 4.2. Descripción del diseño

Nuestro diseño final es el siguiente:



Figura 4. Diseño final

Partiendo desde la **parte inferior**, lo primero que se encuentra es una plataforma plana rectangular formada por dos estructuras. Su función es la de fijar el resto de la estructura al piso del autobús mediante las guías disponibles en el mismo. Se incorporan en ella dos “tornillos” de apriete (4) similares a los empleados en los asientos del autobús para afianzar su posición. La parte inferior permite regular su medida en anchura mediante el desplazamiento de una estructura respecto a la otra, de manera que se pueda adaptar a cualquier par de guías presentes en el vehículo sea cual sea la separación entre ellas. En esta estructura se encuentran también alojados las cajas de los cinturones (3).

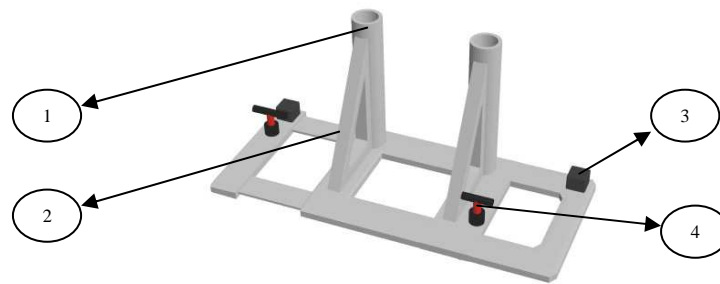


Figura 5. Parte inferior

A continuación, y **adherida a la parte anterior** se encuentran dos soportes circulares huecos (1) reforzados con dos escuadras (2), en los que van introducidas las dos columnas tubulares principales (5) de la estructura. Estas escuadras se colocan para dar mayor resistencia al conjunto, de manera que soporten las fuerzas requeridas en los ensayos de validación (anexo 2). La separación entre dichas columnas, como hemos dicho anteriormente, está pensada para permitir la introducción de estas entre las ruedas de la silla más pequeña. El asiento de la silla más reducida que hemos encontrado es de 30 cm, por lo que para permitir una buena maniobrabilidad, nuestra estructura tendrá una anchura de 20 cm.

Mirando detalladamente dichas **columnas** (5), un primer dimensionado ha llevado a elegir las de sección circular hueca con un diámetro exterior aproximado de 5 cm para un acero A-52, pudiendo ser reducido en caso de necesidad, pues en esta etapa no se ha tenido en cuenta la deformación plástica que la norma permite que sufran los anclajes en el ensayo. En estas columnas se han realizado varios orificios (9) para regular la altura de una estructura con unos ganchos mediante el uso de unos pasadores.

Esta regulación se ha introducido al detectar que, en algunas sillas, las barras sobre las que pretendemos sujetar tienen cambios de sección (elementos del sistema de frenado de la silla u otros elementos de la misma índole) que es conveniente evitar. Hay que destacar que a una altura media de este dispositivo, la mayoría de modelos podrían ser anclados sin necesidad de modificar nada. Además esta parte es desmontable. Ambas columnas están unidas en la parte superior por otro tubo para darle mayor resistencia a la estructura. Esta estructura tiene que ser un elemento especialmente resistente, ya que va a soportar las fuerzas más elevadas.



Figura 6. Estructura tubular

Unido a estas columnas en la parte superior se encuentran dos enganches (6), cuya función es simplemente la de sujetar los cinturones de seguridad para que el usuario pueda llegar a ellos sin problemas.

Al lado de estas columnas se encuentra el **cinturón de seguridad** (10). Según la normativa, este dispositivo ha de ser el denominado “de tres puntos”, que se caracteriza porque sujeta al individuo por la zona abdominal y por el tórax simultáneamente. Incorporadas a nuestra estructura se encontrarían las cintas encargadas de sujetar la parte abdominal, y la tercera cinta se colocaría en la parte superior del autobús, mediante el mismo sistema utilizado actualmente.

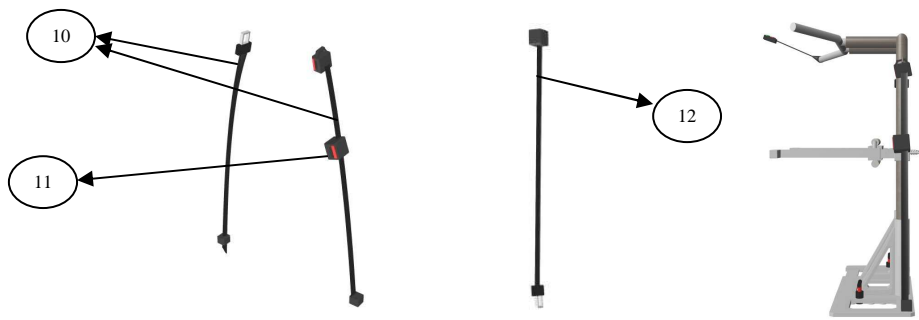


Figura 7. Cinturón: parte abdominal, parte del torax y colocación

La parte abdominal (10), es fácil de colocar para el usuario: coge las dos partes del cinturón y las une en su parte central. La cinta torácica (12), es también bastante sencilla de colocar: el usuario coge la cinta y la coloca en un receptor del cinturón abdominal (11).

**En la parte central** encontramos una estructura desmontable brevemente citada anteriormente. Esta estructura está compuesta por una viga rectangular (17) en la que se incorporan dos ganchos de sujeción (15) y dos cilindros neumáticos (14) que permiten su desplazamiento. Esta estructura se encuentra sujeta a las columnas principales por dos piezas de forma cúbica (16) por las que pasan los pasadores (17) citados anteriormente. La unión entre las cajas y la viga se ha pensado de forma que permita, mediante un sistema similar a una bisagra, plegarla sobre las columnas. Mediante este sistema se consigue reducir el espacio que ocupa cuando no está en uso.

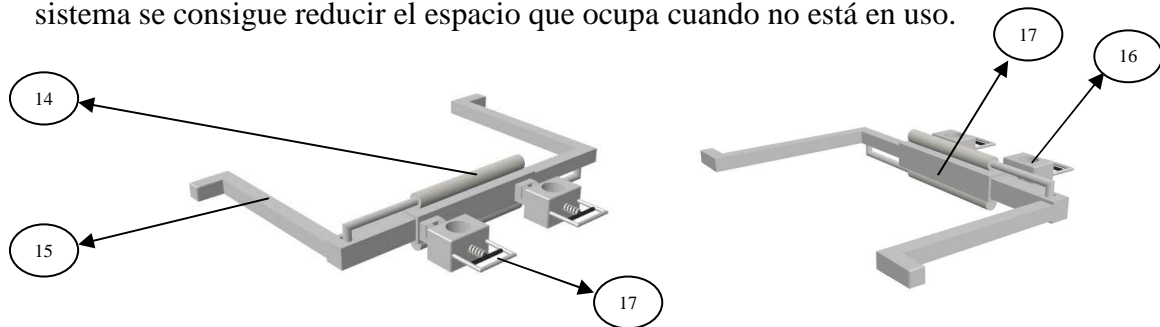


Figura 8. Parte central: estructura de los ganchos vista desde atrás y delante

Los extremos de los **cilindros neumáticos** (14) de esta estructura están sujetos a unas guías sobre las que se incorporan los ganchos. Estas guías son independientes y sobre cada una se coloca uno de los ganchos. El movimiento es posible debido a que una es interior a la otra, por lo que se desplazan relativamente para que cada gancho puede extenderse la totalidad de la dimensión de la viga con el fin de llegar a las sillas

más anchas. En el caso de las sillas más pequeñas (30 cm de anchura de asiento) y dada la dimensión de esta viga (unos 20 cm) sería necesario extender los cilindros 5 cm, mientras que para las sillas de mayor tamaño (52 cm) esta extensión sería de 16 cm.

Los cilindros se han elegido de catálogos comerciales, pues optando por medidas estándar se consigue reducir el precio de los mismos. Unos que servirían serían, por ejemplo, los de diámetro exterior de 32mm y carrera de 25mm, que tienen un precio de 66 € cada uno. El valor de la carrera es bastante superior (10 cm) a lo que necesitaríamos. Esto se ha diseñado así para permitir que en el interior del cilindro quede suficiente pistón para soportar los esfuerzos perpendiculares a los que estará sometido. Otra opción que se ha barajado para solventar este problema es la sustitución de estos cilindros de doble efecto por otros conocidos como “de doble vástago”, especialmente diseñados para soportar esfuerzos en esa dirección. En cuanto al diámetro, es suficiente elegirlo de valor reducido, ya que estos pistones no tienen que soportar esfuerzo axial, y con una presión de trabajo típica (de 6 a 9 bares) tenemos más que suficiente.

El diseño de los **ganchos** es también un aspecto importante. Éstos tienen forma de “L” y sección cuadrada de aproximadamente 1 cm de lado. Sus dimensiones son de 26 cm el lado largo y 4 cm el lado corto. La longitud del corto viene determinada por la distancia desde la barra donde queremos enganchar a la rueda. En las sillas estudiadas es de unos 5 cm, por lo que si hiciéramos estos ganchos de mayor longitud, podrían quedar introducidos entre los radios de la rueda, perjudicando la maniobra. La longitud del lado largo está diseñada conforme a la distancia a la que quedará la silla del eje de las columnas, dada por la pieza que describiremos a continuación.



Figura 9. Ganchos y guías

En la **parte superior** de la estructura y unido a las columnas principales, encontramos un elemento en forma de artesa (19).

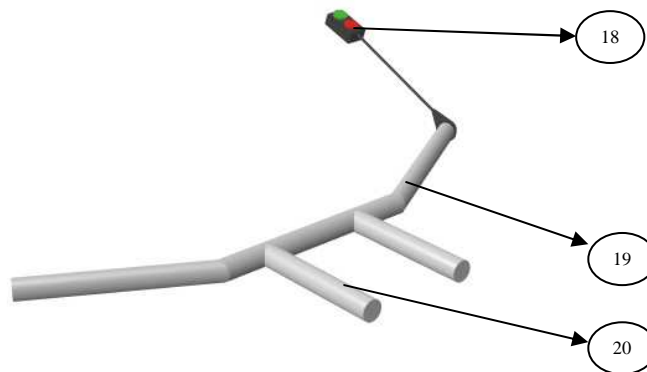


Figura 10. Parte superior: estructura de empuje y botonera

Está compuesto por una barra (paralela a la viga central) de 20 cm de longitud, por dos barras laterales de 19 cm de longitud, situadas formando  $30^\circ$  con la anterior y por dos tubos (20) que unirán a este elemento con la estructura principal permitiendo el movimiento.. Sobre estas dos barras laterales se apoyará el respaldo de la silla de ruedas. Se ha elegido un ángulo de  $30^\circ$  tras experimentar en varias sillas, de forma que no provoquen molestias en la espalda ni estorben en los brazos al usuario de la silla de ruedas. Tres son las funciones principales de esta pieza:

- Impide que la silla se mueva hacia atrás una vez enganchada (con los ganchos inferiores solo limitamos el movimiento hacia adelante).
- Limita el movimiento lateral de la silla. Al estar en ángulo, para que la silla gire tiene que desplazarse primero hacia adelante, lo cual es imposible por los ganchos inferiores.
- Sujeta la silla a una distancia fija para todas las sillas. Hay una gran variedad de anchuras de sillas presentes en el mercado, y necesitamos que todas se encuentren a una distancia fija para poder dimensionar los ganchos correctamente.



Con las medidas estimadas, hemos llegado a la conclusión de que las sillas de mayor tamaño serán las que se sitúen más lejos del comienzo de la estructura (a unos 30 cm). Por tanto, teniendo que cuenta que los ganchos partirán de una distancia de unos 7 cm del comienzo de la misma (5 cm de diámetro de las columnas más los 2 cm equivalentes a la mitad de la viga central), serían necesarios unos ganchos de 23 cm de largo, por lo que dejando un margen, los diseñamos de 26. Por tanto, los ganchos van a estar a una distancia aproximada de 33 cm del comienzo de la estructura ( $26 + 7$ ) mientras que las barras de la silla estarán a 30. Es necesario por tanto empujar la silla casi 5 cm hacia adelante. Las sillas pequeñas se quedarán a 23 cm, por lo que tendremos que empujar la silla 10 cm. Con estas dimensiones podremos dimensionar el cilindro neumático superior.

Se ha planteado la posibilidad de diseñar los “cuernos” de este elemento extensibles, para que, cuando no estén en uso, su espacio ocupado sea menor.

Desde uno de los “cuernos” de la pieza anterior sale un **panel de control** (18), desde donde se accionará el mecanismo.



Figura 11. Botonera

Este panel de control puede ser una botonera o incluir otros sistemas de accionamiento más inusuales para facilitar el manejo a personas con menor movilidad en las extremidades superiores. Está sujetado mediante una estructura de forma alargada moldeable, cuyo funcionamiento es parecido al de los antiguos flexos, y es desmontable.

Toda esta estructura superior se une a las columnas principales mediante dos tubos cilíndricos colocados simétricamente. En el interior de uno de ellos se ubicará el cilindro neumático (8) que, empujando la silla hacia adelante, permitirá su enganche.

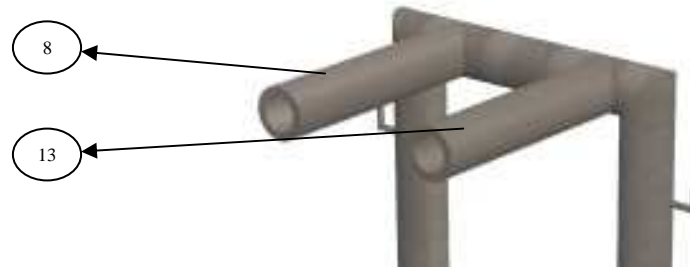


Figura 12. Parte superior: alojamiento del pistón y guía

Con un cilindro como los anteriores, y con una presión de trabajo suficiente (superior a 6 bares) podremos obtener la fuerza necesaria para empujar la silla y su ocupante. En el cálculo del cilindro neumático se deberá tener en cuenta la velocidad de salida del pistón, para evitar someter a la persona a un movimiento demasiado brusco. De esta forma, podemos usar cilindros neumáticos que en su principio y final de carrera se muevan muy despacio. El otro tubo (13) tiene la función de guiar el movimiento del pistón y evitar los giros de esta parte de la estructura.



Figura 13. Silla anclada

### 4.3. Descripción del funcionamiento

Una vez descritos todos los elementos de nuestro diseño, podemos resumir el procedimiento de sujeción paso a paso, aunque para mejor comprensión se recomienda visualizar la animación 3D adjunta:

- Se coloca nuestra estructura, mediante la base ajustable, a las guías del autobús, afianzándola mediante los tornillos de sujeción, y se conecta a una de las tomas de aire del autobús.
- El usuario acerca su silla de ruedas hasta el conjunto, dejándolo entre las ruedas traseras. El respaldo de la silla estará apoyado en este momento en los “cuernos” de la parte superior del montaje.
- Mediante el accionamiento de un interruptor, el circuito de aire del autobús abrirá los cilindros neumáticos inferiores, empujando los ganchos conectados a ellos hasta que alcanzan las barras laterales de la silla.

En este punto el cilindro superior empuja el conjunto “silla y usuario” gracias al movimiento de la zona de apoyo de la silla. Este movimiento se realiza hasta que el final de los ganchos (lado corto de su “L”) contactan con las barras de la silla, impidiendo su movimiento hacia adelante.

- El usuario accionará, por mayor seguridad el freno de su silla y se colocará el cinturón de seguridad disponible en nuestra estructura.

En este momento la persona está perfectamente sujeta y se puede llevar a cabo el trayecto correspondiente del autobús.

- La secuencia de desenganche es la misma pero en sentido inverso.
- Si se prevé un uso próximo del sistema de retención se puede plegar el conjunto de los ganchos, para no estorbar el paso de otros usuarios, y si no es necesario este dispositivo en el resto del viaje, se puede desenganchar de las guías y colocar un asiento convencional, recogiendo nuestra estructura en el maletero del autobús.

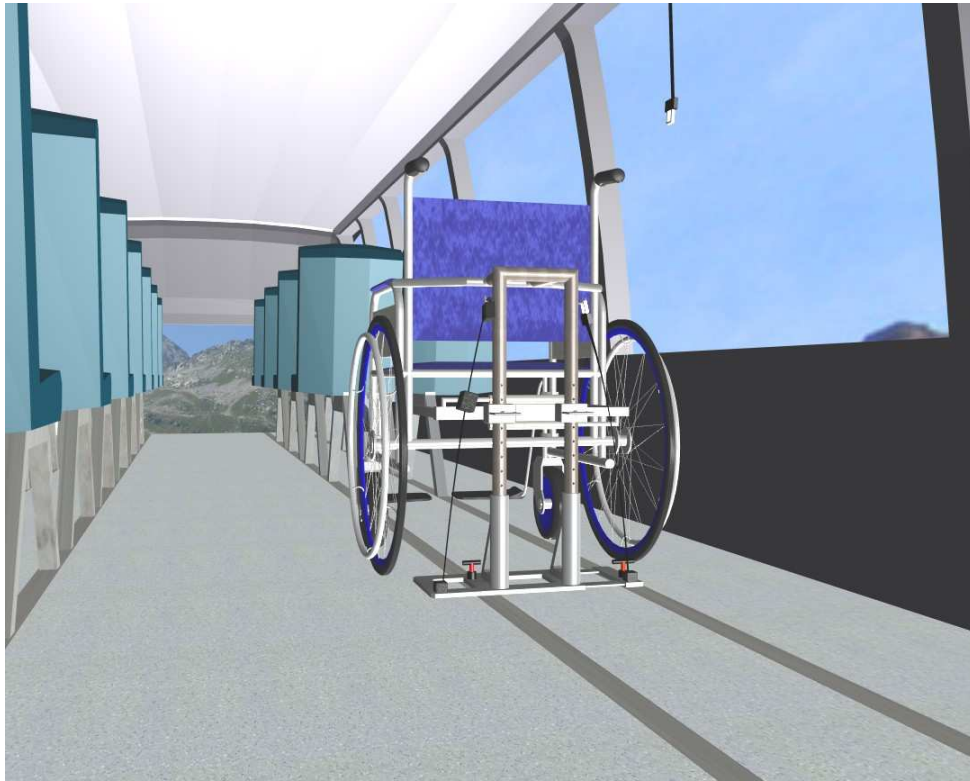


Figura 14. Situación del dispositivo y la silla en el autobús

En el caso de sillas que no podamos enganchar mediante el sistema antes explicado, podríamos colocar en las columnas principales cinturones textiles de los usados actualmente. Enganchando su mosquetón a la silla y tensando el cinturón contra nuestra estructura, cumplirían la misma función de los ganchos antes mencionados.

#### 4.4. Presupuesto

Por último se presenta un esbozo de presupuesto, teniendo en cuenta el poco grado de detalle de este primer diseño. Las distintas partidas son las siguientes:

- Cilindros neumáticos: se necesitan tres los cilindros de tamaño reducido, por lo que el precio es asequible (66 € el modelo elegido) por lo que el precio de estos elementos es de 198 €. Debemos recordar la posibilidad de incorporar cilindros de doble vástago que simplificarían el diseño. No disponemos del precio de los mismos, pero *a priori* será mayor.

- Circuito neumático: Se desconocen los elementos del circuito necesarios (válvulas, tubos...), por lo que, en un primer cálculo, los suponemos del mismo orden que los pistones: 200 €
- Estructura: Se ha consultado el precio comercial de vigas cilíndricas huecas de acero A52, suficiente para nuestra estructura. El precio de las mismas era de, aproximadamente, 5€ el metro lineal, por lo el material de la estructura en sí no sobrepasaría, en una primera estimación, los 100€, teniendo en cuenta que aparte de las vigas estarían la base, los ganchos...
- Mano de obra: empezamos suponiendo un coste de 400 €, a falta de la información necesaria.
- Elementos adicionales y sobreestimación: algunos elementos extra como cinturones de seguridad y resto de elementos no contemplados anteriormente. Por ello, podemos estimar que el coste podría estar comprendido entre 1000 y 2000 €, que podría verse aumentado o reducido teniendo en cuenta lo poco detallado del presupuesto.

## 4.5. Prototipo

Para obtener más información sobre nuestro diseño se ha realizado un prototipo con plástico y madera. Intentábamos saber datos como problemas en la fabricación, cotas o medidas mal diseñadas y conseguir una visión real del diseño. Se ha completado con éxito y se adjunta un documento gráfico de dicho prototipo.



Figura 15. Prototipo realizado



Figura 16. Maniobra de la silla



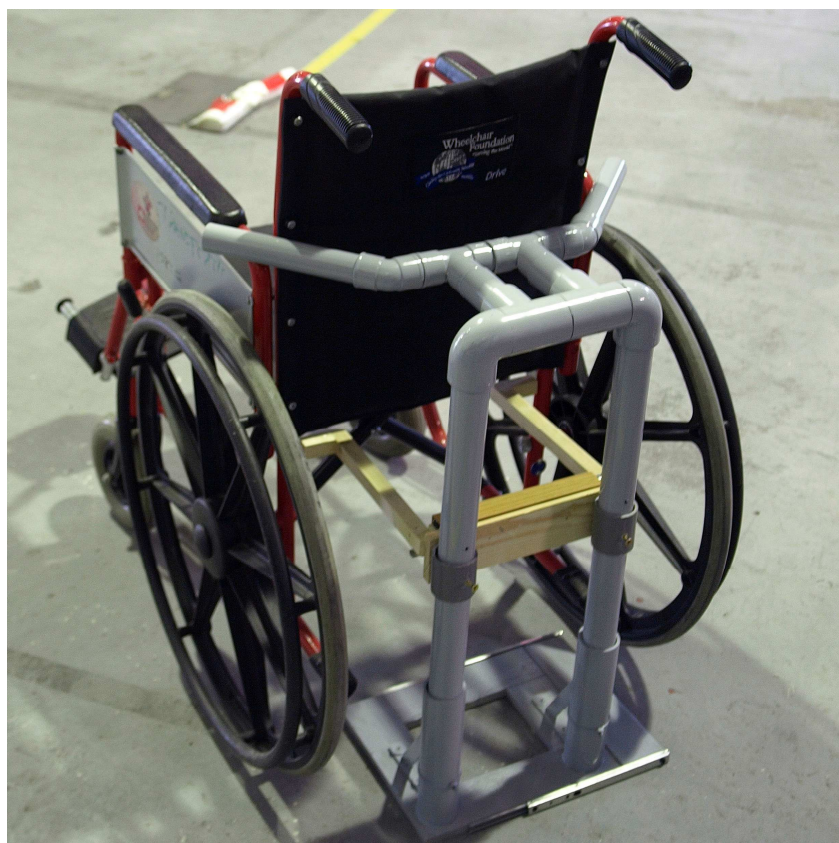


Figura 17. Situación antes del accionamiento neumático

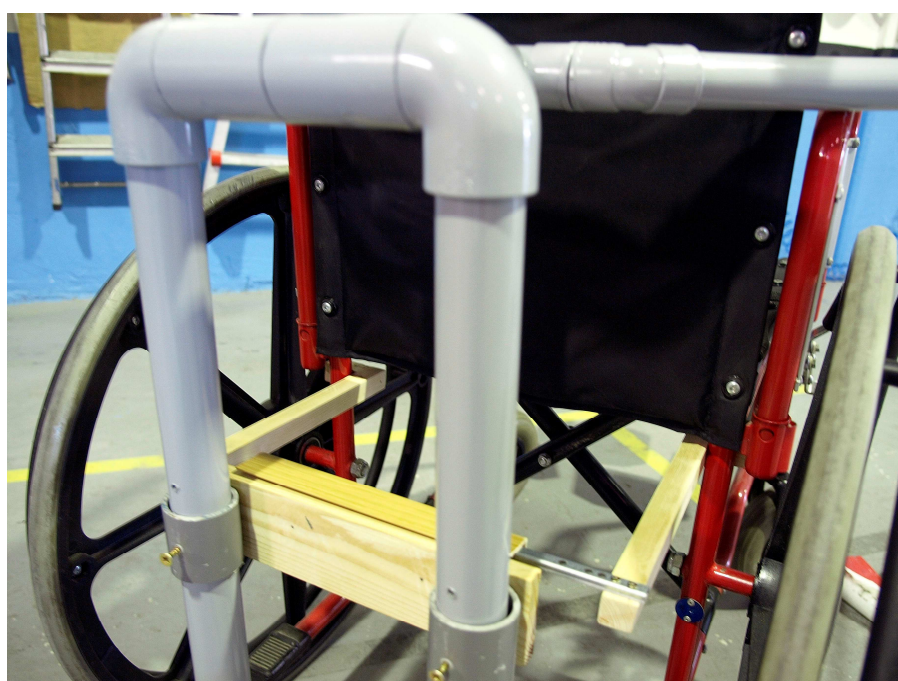


Figura 18. Silla anclada



Figura 19. Detalle del anclaje y del apoyo



Figura 20. Vista general



## 5. Conclusiones

Los medios de transporte han evolucionado mucho en los últimos veinte años. Nuevos sistemas de seguridad o evoluciones de los ya existentes aparecen continuamente, disminuyendo la mortalidad en las carreteras considerablemente. Sin embargo, hay un sector que no está lo suficientemente evolucionado, y es el de las personas de movilidad reducida.

Transportar a una persona que va en silla de ruedas es una tarea complicada con los medios que existen en la actualidad. Además del problema del desplazamiento físico existen otros problemas, como son la sujeción de la silla de ruedas al autobús o la sujeción del usuario a su propia silla de ruedas en caso de accidente. En este proyecto se intenta dar una solución adecuada y factible a estos problemas.

Actualmente existen sistemas incompletos para solventar estos problemas. Estos sistemas permiten un grado de autonomía por parte del usuario muy escaso o inexistente en la mayoría de los casos. Es el propio conductor del autobús el que tiene que colocar estos dispositivos, lo cual no es nada fácil. El mecanismo es sencillo: unas cintas o unas mordazas de metal, ancladas al suelo mediante el mismo sistema de guías con el que se anclan los asientos en los autobuses, se enganchan a las barras de la silla de ruedas. Posteriormente se coloca un cinturón de seguridad independiente que resulta incluso más difícil de colocar que los anclajes. Existe otro sistema más elaborado que facilita tanto la colocación del cinturón de seguridad como el anclaje de las sillas. El principal problema es que el grado de autonomía del usuario es inexistente, inconveniente agravado por el alto precio del producto.

Una vez analizado el entorno se han planteado cuatro principales objetivos para el diseño del dispositivo: alto grado de autonomía, aplicable al mayor número de modelos de sillas de ruedas posibles, precio razonable y manejable para su montaje y transporte.

El dispositivo diseñado cumple estos objetivos en gran medida. Es un sistema aplicable a un alto número de modelos de sillas, hecho muy complicado dada la ingente cantidad de modelos diferentes. Es un sistema completamente autónomo para un gran número de usuarios, siempre que su minusvalía y su modelo de silla lo permitan.

Asimismo, tiene unas medidas muy reducidas y un precio asequible en un primer análisis. Está sujeto al autobús por el sistema de guías actual y funciona mediante accionamientos neumáticos, haciéndolo aplicable a los autobuses actuales con unas pequeñas modificaciones en la carrocería para abastecer a los accionamientos neumáticos con el aire necesario.

Además de estas ventajas nuestro sistema lleva un cinturón de seguridad de tres puntos que el mismo usuario puede abrocharse sin ninguna ayuda, ya que la mayor parte de él está colocado en la estructura principal.

Para la minoría de modelos más inusuales y difíciles de anclar se plantea la posibilidad de adjuntar unos enganches donde colocar las cintas actuales para poder utilizar los dos sistemas de forma conjunta sin necesidad de desmontar nuestro dispositivo, que se estudiará más detalladamente en posteriores evoluciones del diseño.

Como es fácilmente observable en este proyecto hemos dado prioridad a la autonomía del usuario. La meta a conseguir en los años venideros en este sector es que un usuario discapacitado se sienta todo lo integrado y autosuficiente posible dentro de los medios de transporte convencionales. Este es un primer modelo con este fin, y esperamos que sea el primero de muchos diseños encaminados hacia esta finalidad. La calidad de vida y la tecnología actual permiten convertir no solo en una realidad todos estos retos para nuestra sociedad, sino en una obligación que hemos dejado pasar demasiado tiempo.

## 6. Anexos

### Anexo 1: Normativa vigente

Para poder dimensionar la estructura ha sido necesario conocer los ensayos que es necesario realizar a estos dispositivos. Para ello, hemos encontrado la normativa existente:

#### UNE 26494.

- Vehículos de carretera. Vehículos para el transporte de personas de movilidad reducida. Capacidad igual o menor a nueve plazas, incluido el conductor.

#### ISO 10542. - Technical systems and aids for disabled or handicapped persons.

##### Wheelchair tiedown and occupant-restraint systems

- ISO 10542-1:2001 Part 1: Requirements and test methods for all systems
- ISO 10542-2:2001 Part 2: Four-point strap-type tiedown systems
- ISO 10542-3:2005 Part 3: Docking-type tiedown systems
- ISO 10542-4:2004 Part 4: Clamp-type tiedown systems
- ISO 10542-5:2004 Part 5: Systems for specific wheelchairs

También se ha consultado otra bibliografía disponible, como:

- GARCÍA GARCÍA, Andrés (2003). “Diseño y validación experimental de anclajes y asientos de vehículos destinados al transporte de personas en sillas de ruedas”. Madrid, IMSERSO, *Estudios I+D+I*, nº 31. [Fecha de publicación: 31/08/2005].

<http://www.imsersomayores.csic.es/documentos/documentos/imserso-estudiosidi-31.pdf>

## Anexo 2: Ensayo de validación de sistemas de retención de silla de ruedas. Fuerzas requeridas

De la normativa presentada en el anexo 1 se ha obtenido el procedimiento de ensayo de los sistemas, que es el siguiente:

Aplicación simultánea de fuerzas al cinturón de seguridad y a la silla de ruedas. La carga aplicada al cinturón de seguridad se hará a  $10^\circ$  respecto a la horizontal, y la aplicada a la silla, a  $0^\circ$  en el centro de gravedad de la silla (ubicación dada por la norma).

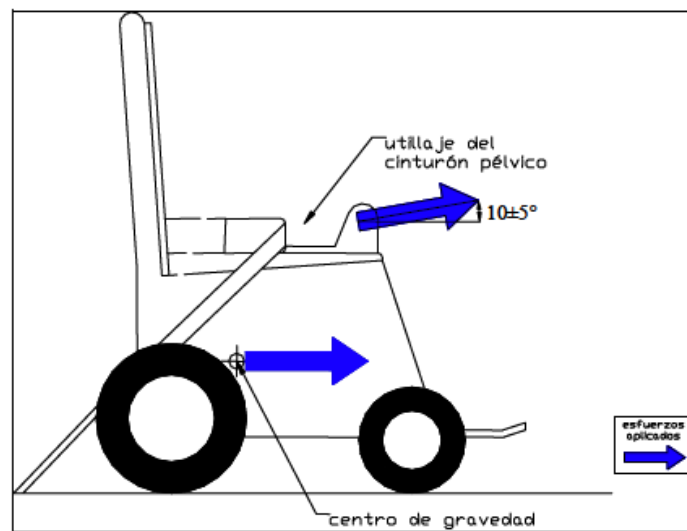


Figura 21. Ejemplo de fuerzas.

El ensayo se considera válido si, tras la aplicación de dichas cargas durante 200ms la silla permanece de pie y los anclajes no se han roto, pero pueden haber sufrido deformación plástica.

Las fuerzas a aplicar están dadas según la categoría del vehículo:

- Categoría M1: Vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, ocho plazas sentadas como máximo.

- Categoría M2: Vehículos destinados al transporte y personas que tengan, además del asiento del conductor, más de ocho plazas sentadas y que tengan un peso máximo que no supere las 5 toneladas.
- Categoría M3: Vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, más de ocho plazas sentadas y que tengan un peso máximo que supere las 5 toneladas.

	<b>Vehículos M3</b>	<b>Vehículos M2</b>	<b>Vehículos M1</b>	
<b>Cinturón su abdominal</b>	740 +- 20 dan	1110 +- 20 dan	2225 +- 20 dan	
<b>Cinturón de 3 o 4 puntos</b>	450 +- 20 dan	675 +- 20 dan	1350 +- 20 dan	<b>(pélvico)</b>
	450 +- 20 dan	675 +- 20 dan	1350 +- 20 dan	<b>(torso)</b>

	<b>Vehículos M3</b>	<b>Vehículos M2</b>	<b>Vehículos M1</b>
<b>Centro de gravedad de la silla de ruedas</b>	740 +- 20 dan	1110 +- 20 dan	2220 +- 20 dan

### Anexo 3: Planos y cotas principales

#### Alzado



Figura 22. Alzado

## Planta

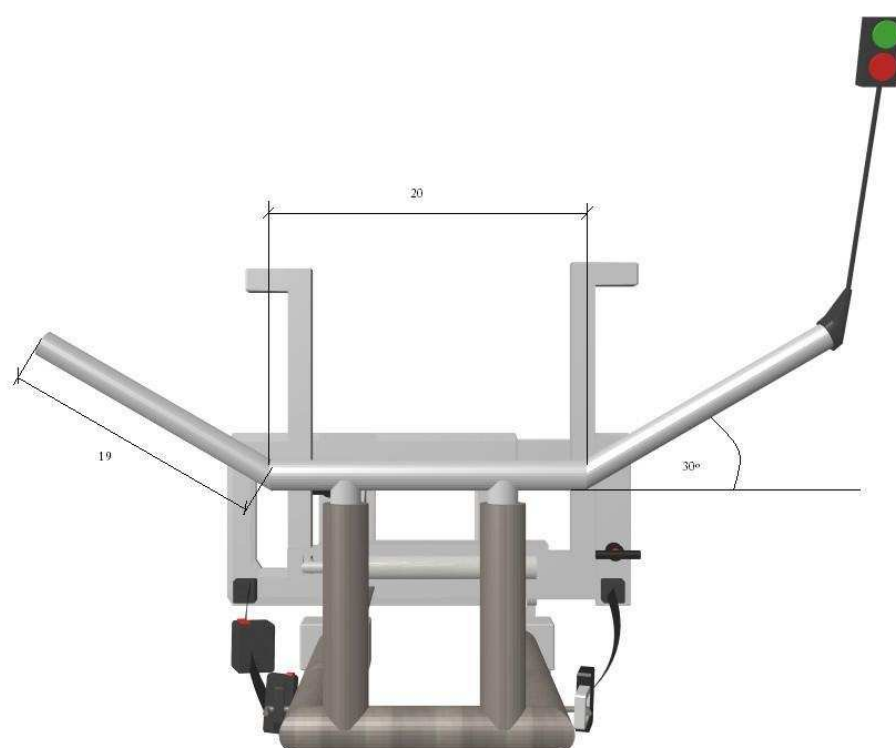


Figura 23. Planta





## Perfil

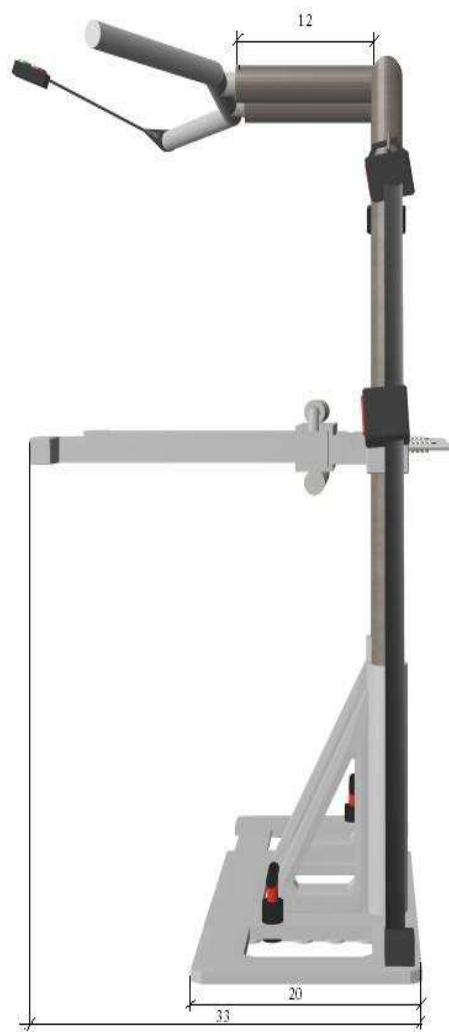


Figura 24. Perfil

### Detalle de los ganchos

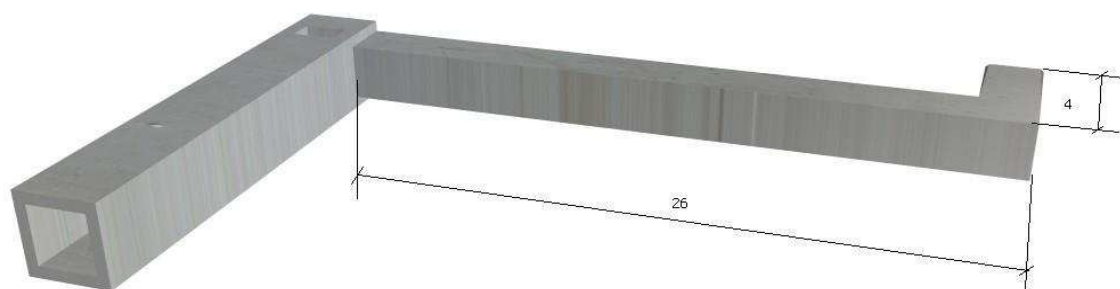


Figura 25. Gancho

## **Anexo 4: contenido del CD**

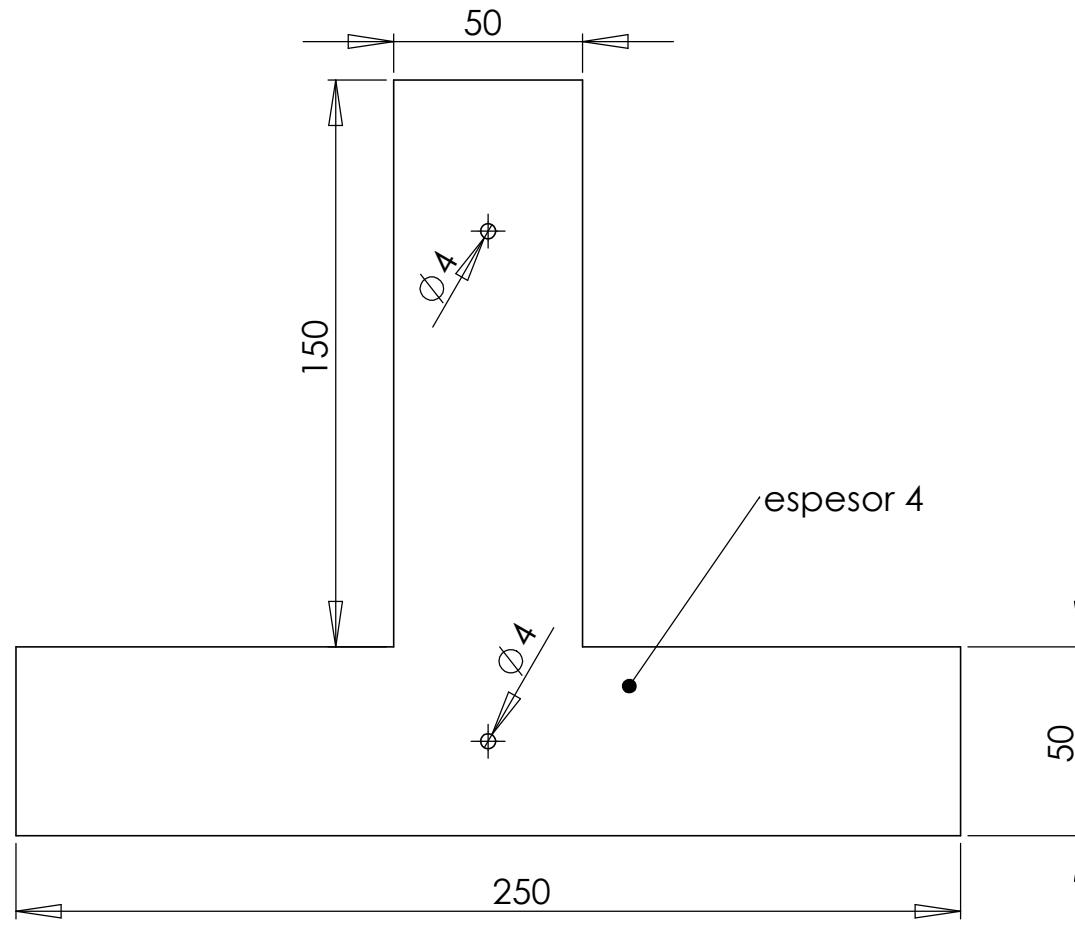
Con este trabajo se adjunta un CD con:

- Video de diseño en 3D
- Documentación gráfica del proyecto
- Documentos de la presentación oral
- Informe en formato PDF

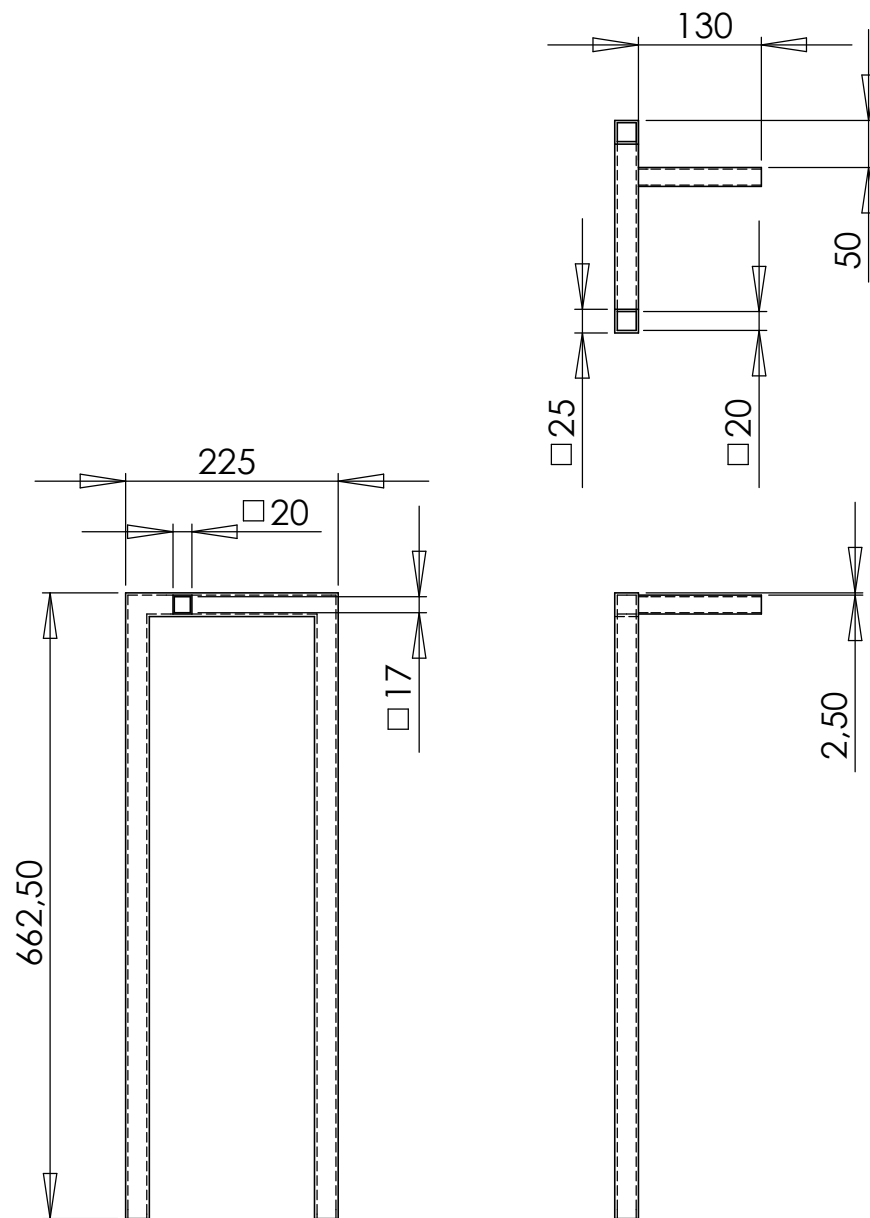
## Anexo C

### Planos de prototipos

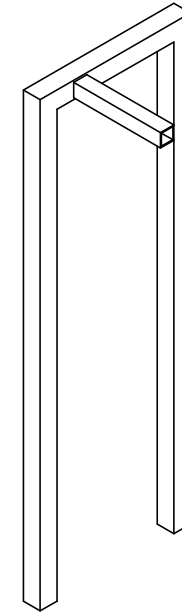
## C.1. Prototipo funcional



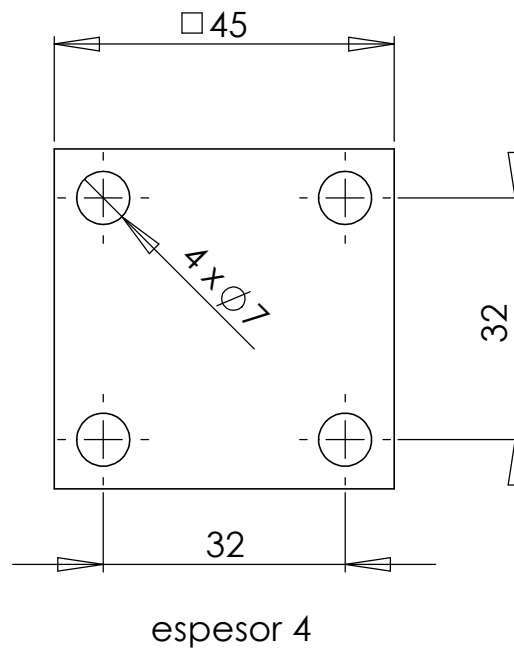
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza	
Comprobado:				
Fecha: 21/07/2011				
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento: Pieza		Nº de planos: 11
Material: Acero F111	Título:  Base			Hoja:  1
Escala: 1 : 2				



Vista 3D del elemento



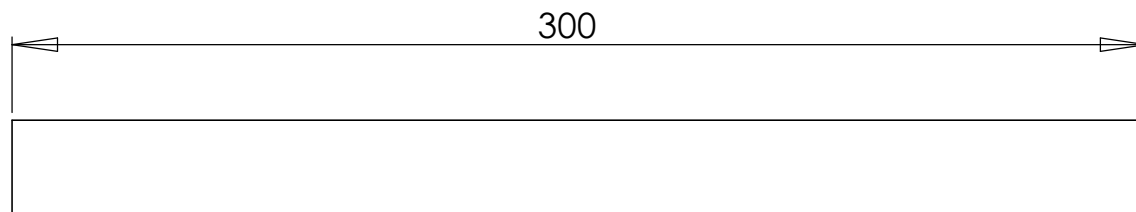
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza	
Comprobado:				
Fecha: 21/07/2011				
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento: Pieza		Nº de planos: 11
Material: Acero F111	Título:  Estructura			Hoja:  2
Escala: 1 : 8				



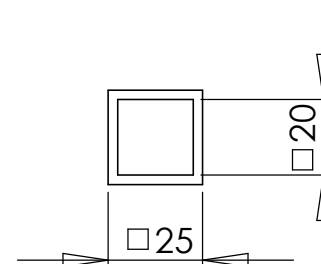
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento: Pieza	Nº de planos: 11
Material: Acero F111	Título:  Placa porta cilindro		Hoja:  3
Escala: 1 : 1			



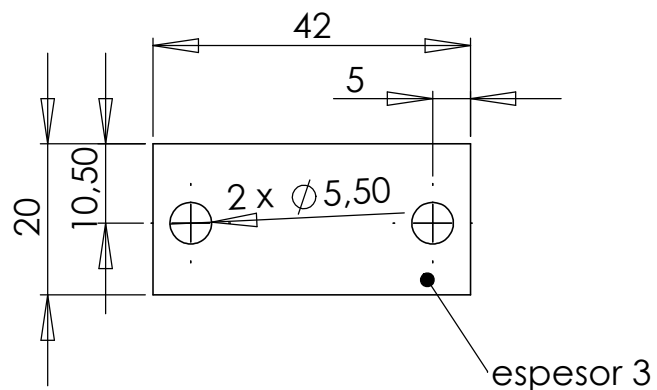
## Perfil principal



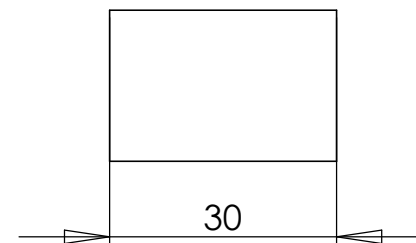
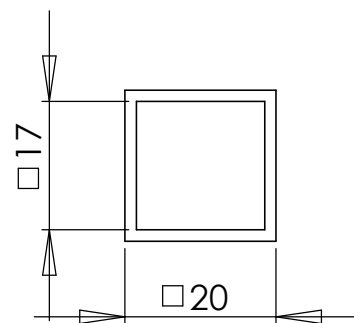
escala 1:2



## Placa fijación cilindro

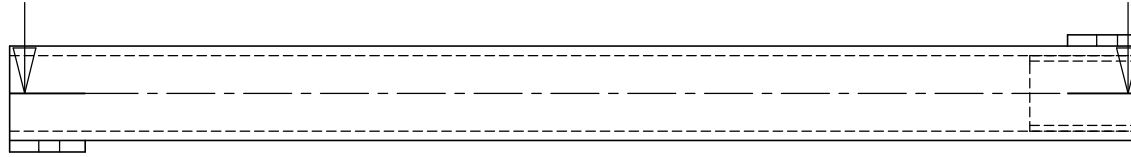


## Guía interna

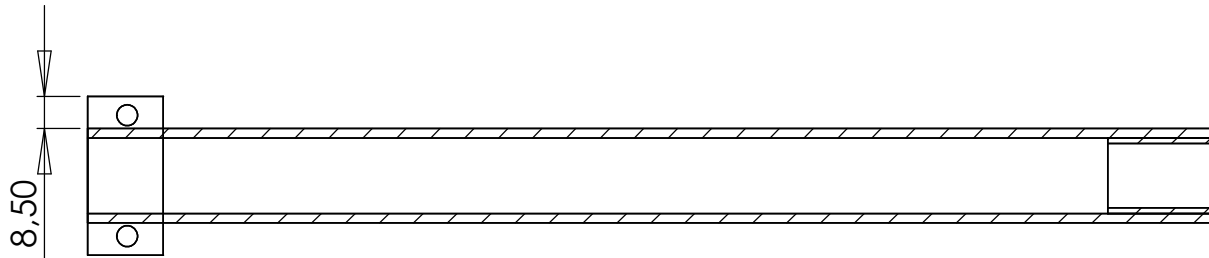
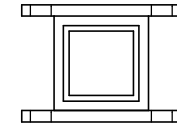


Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento: Piezas	Nº de planos: 11
Material: Acero F111	Título:  Piezas guía ganchos		Hoja:  4
Escala: 1 : 1			

B

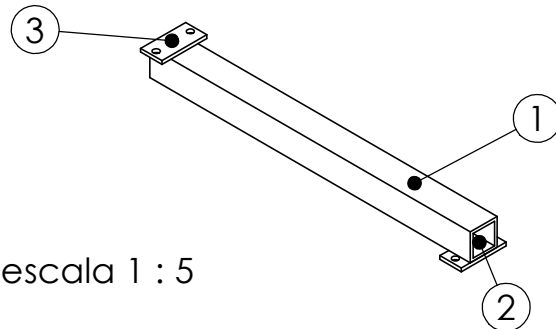


B



## SECCIÓN B-B

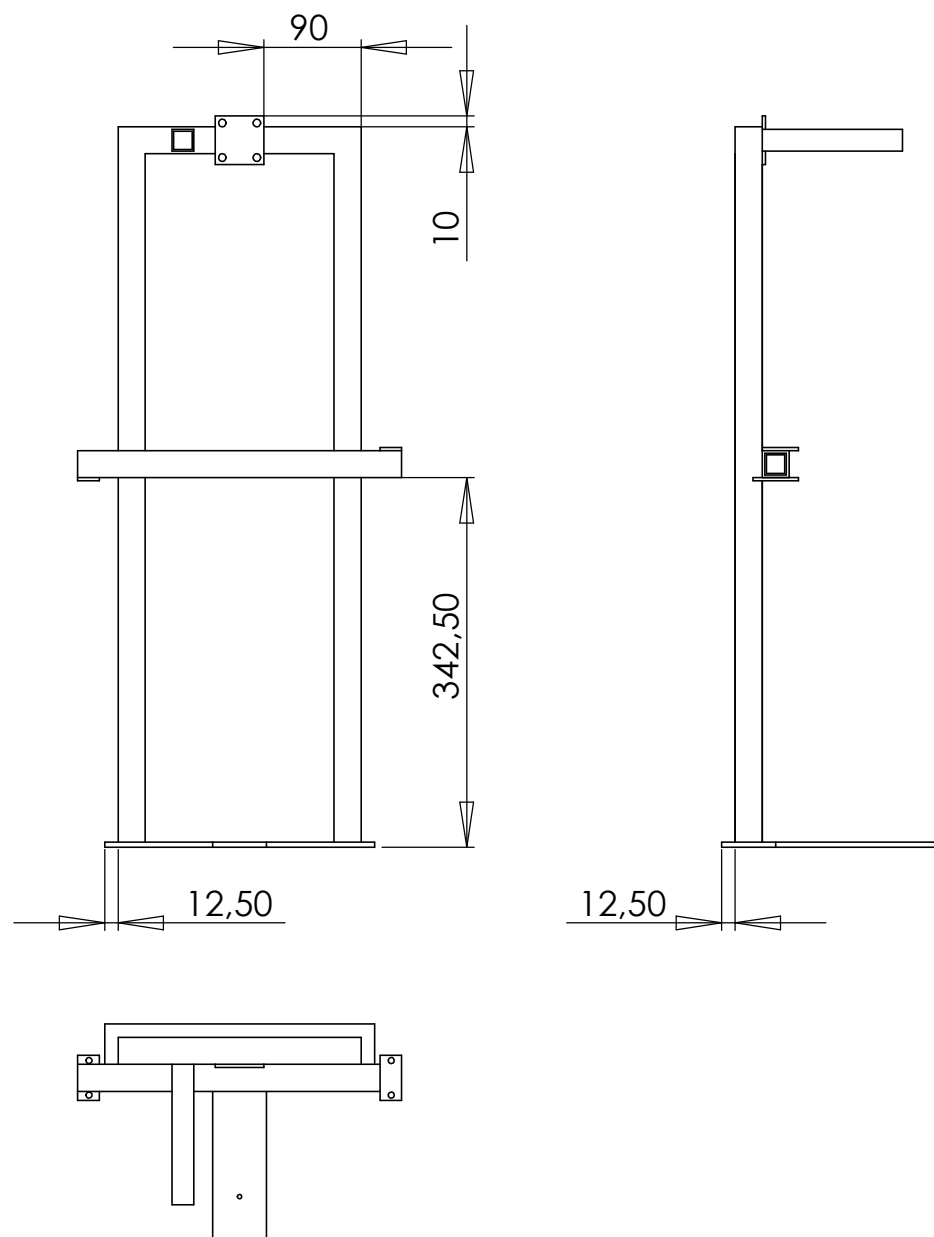
Vista 3D del elemento



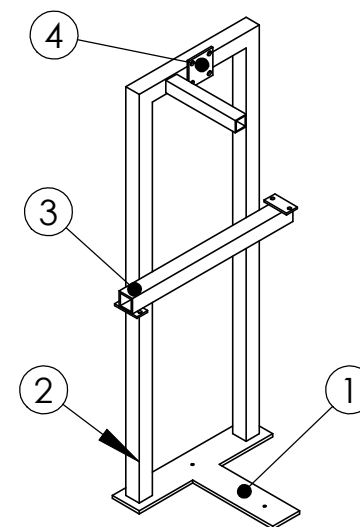
escala 1 : 5

Nº DE ELEMENTO	NOMBRE DE LA PIEZA	CANTIDAD
1	Guía ganchos	1
2	tope	1
3	Plaquita de fijación de cilindros	2

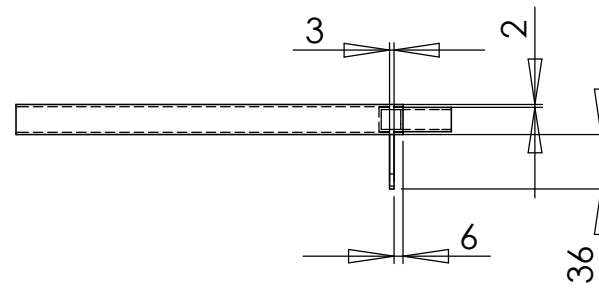
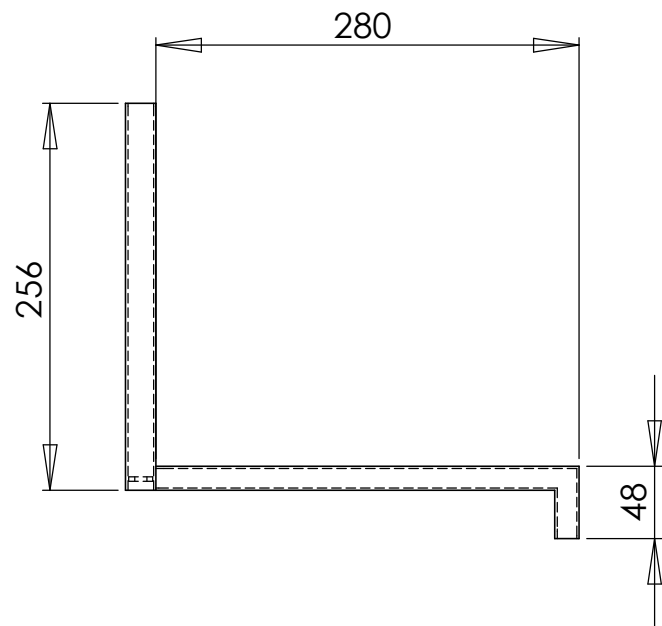
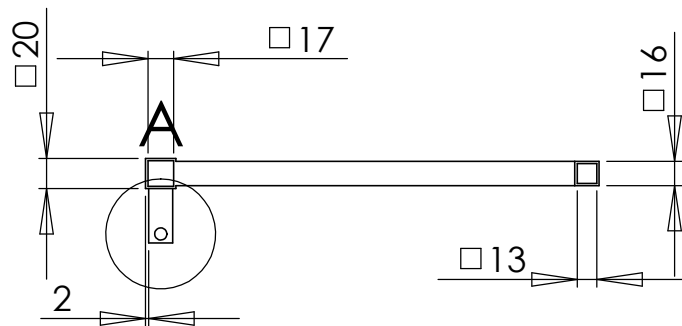
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento: Ensamblaje	Nº de planos: 11
Material: Acero F111	Título:  Guía ganchos		Hoja:  5
Escala: 1 : 2			



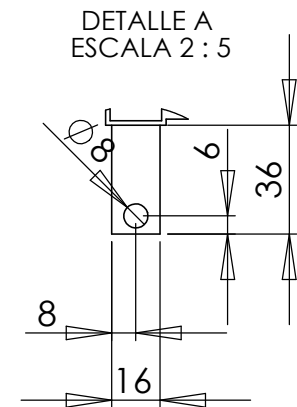
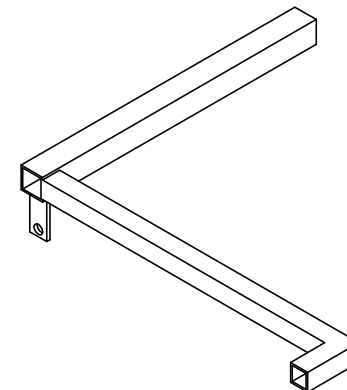
Vista 3D del elemento



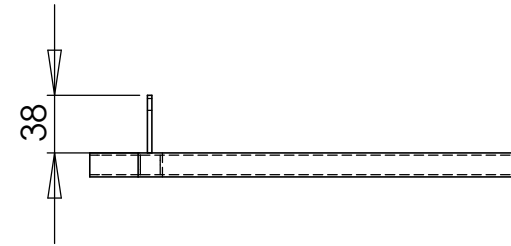
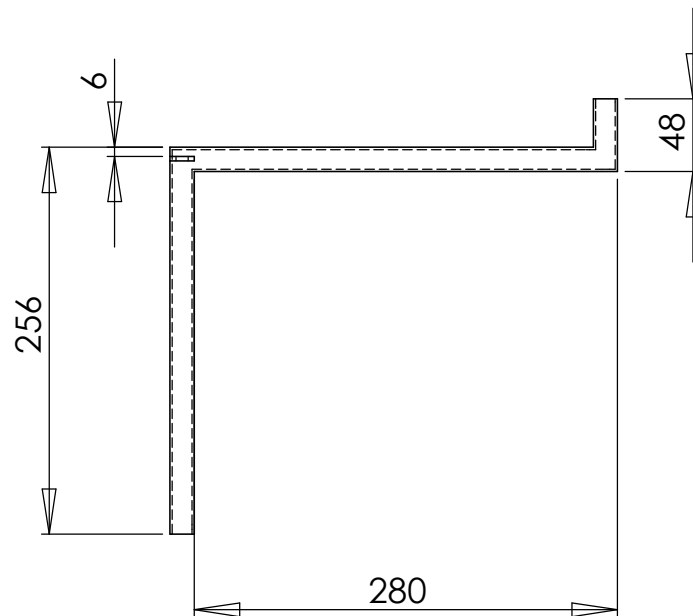
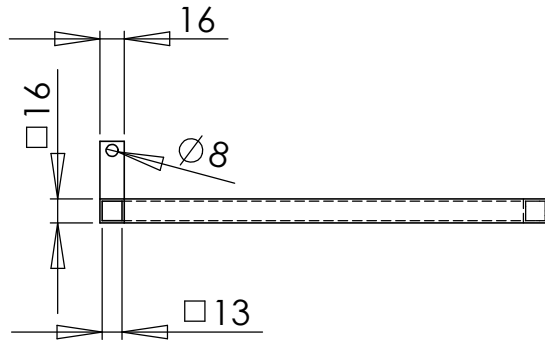
Nº DE ELEMENTO		NOMBRE DE PIEZA		CANTIDAD	
1		Ensamblaje de estructura		1	
2		Estructura		1	
3		Guía ganchos		1	
4		Placa cilindro		1	
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza		
Comprobado:					
Fecha: 21/07/2011					
Proyecto:		Tipo de documento:		Nº de planos	
Anclaje de silla de ruedas					
		Ensamblaje		11	
Material:		Título: Ensamblaje de estructura			Hoja:
Acero F111					
Escala:					
1 : 7					6



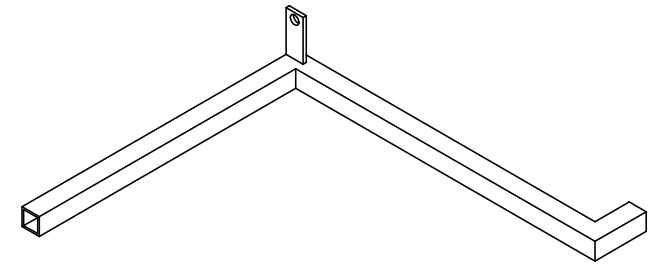
Vista 3D del elemento



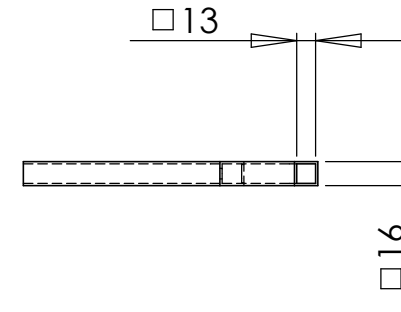
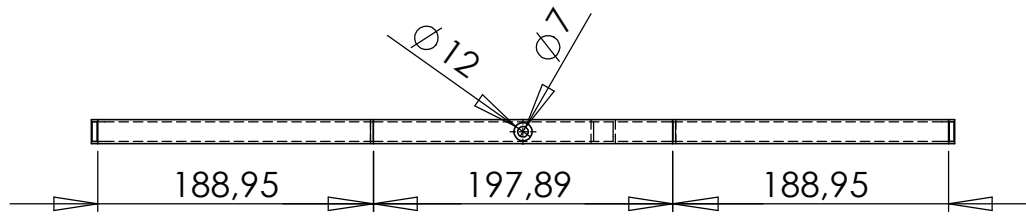
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza	
Comprobado:				
Fecha: 21/07/2011				
Proyecto:		Tipo de documento:		Nº de planos:
Anclaje de silla de ruedas		Pieza		11
Material:	Título:			Hoja:
Acero F111				
Escala:				
1 : 5	Gancho derecho			7



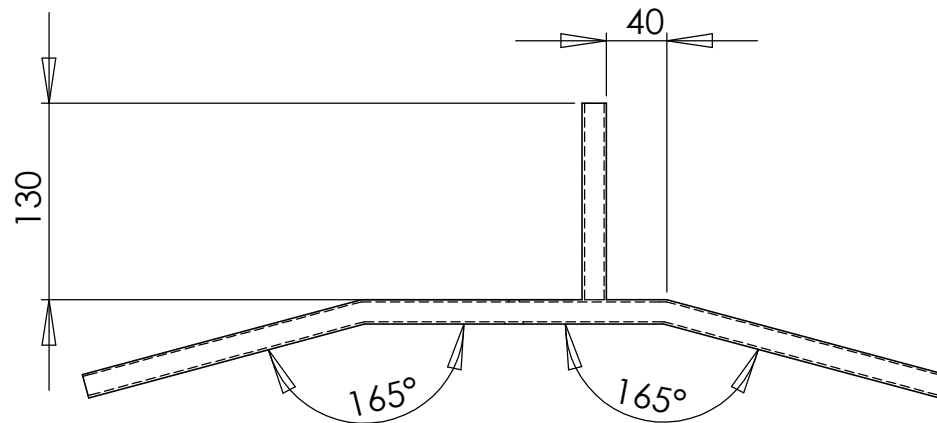
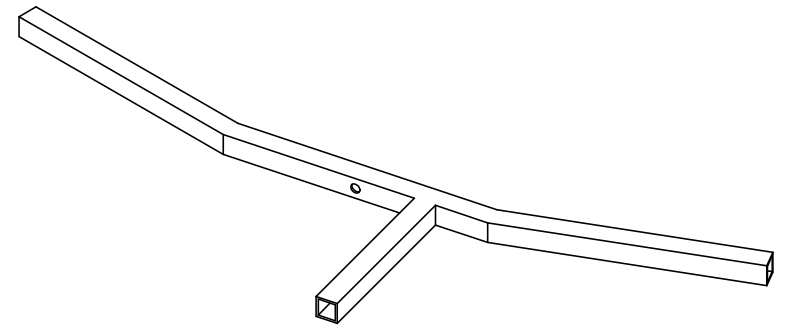
Vista 3D del elemento



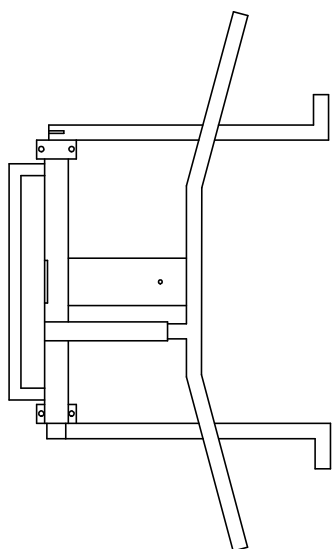
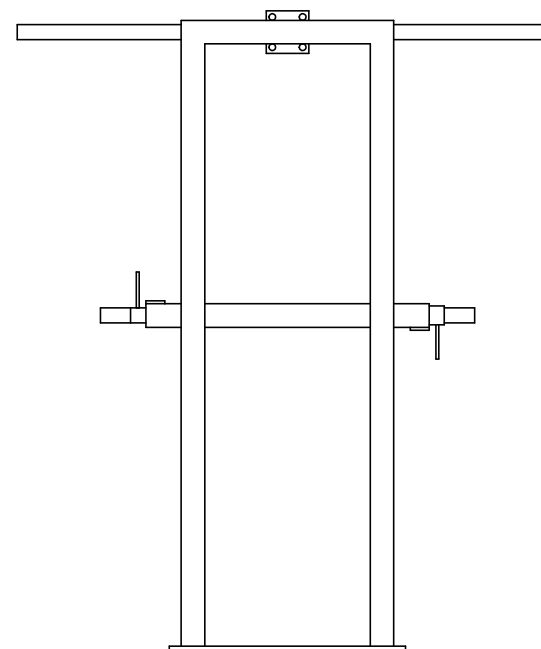
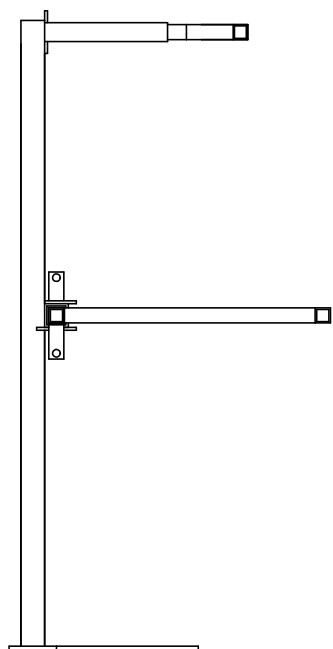
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto:		Tipo de documento:	Nº de planos:
Anclaje de silla de ruedas		Pieza	11
Material:	Título:		Hoja:
Acero F111			
Escala:			
1 : 5	Gancho izquierdo		8



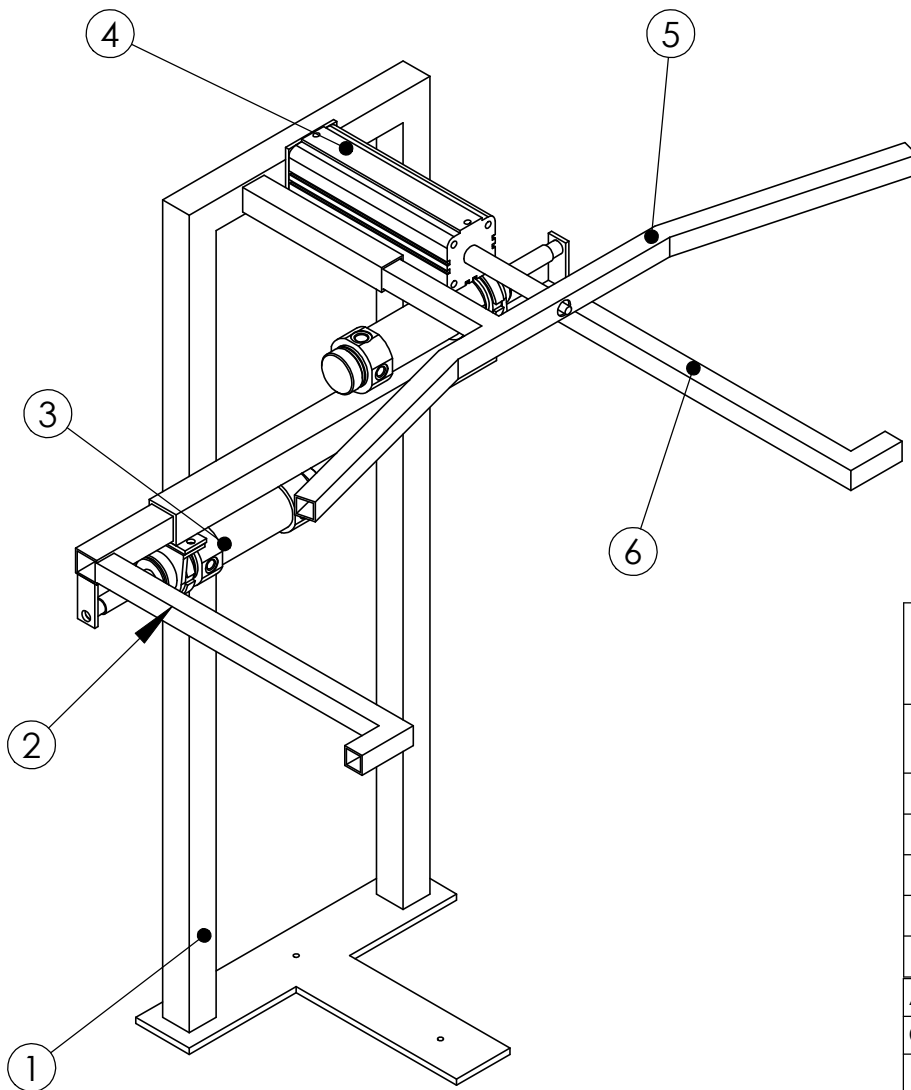
Vista 3D del elemento



Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza	
Comprobado:				
Fecha: 21/07/2011				
Proyecto:		Tipo de documento:		Nº de planos:
Anclaje de silla de ruedas		Pieza		11
Material: Acero F111	Título:  Empujador			Hoja:  9
Escala: 1 : 5				



Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento: Ensamblaje	Nº de planos: 11
Material: Acero F111	Título:  Plano general		Hoja:  10
Escala: 1 : 8			

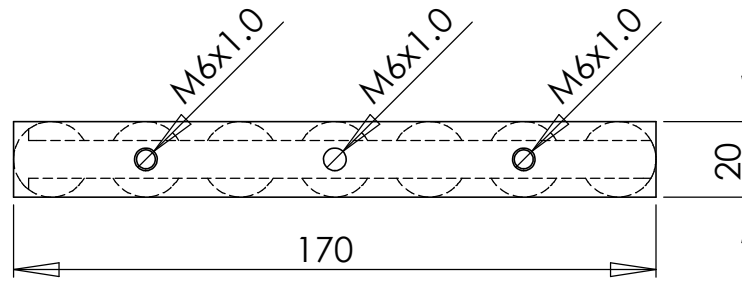
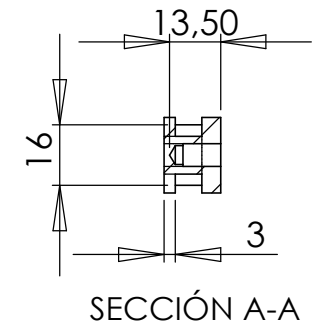
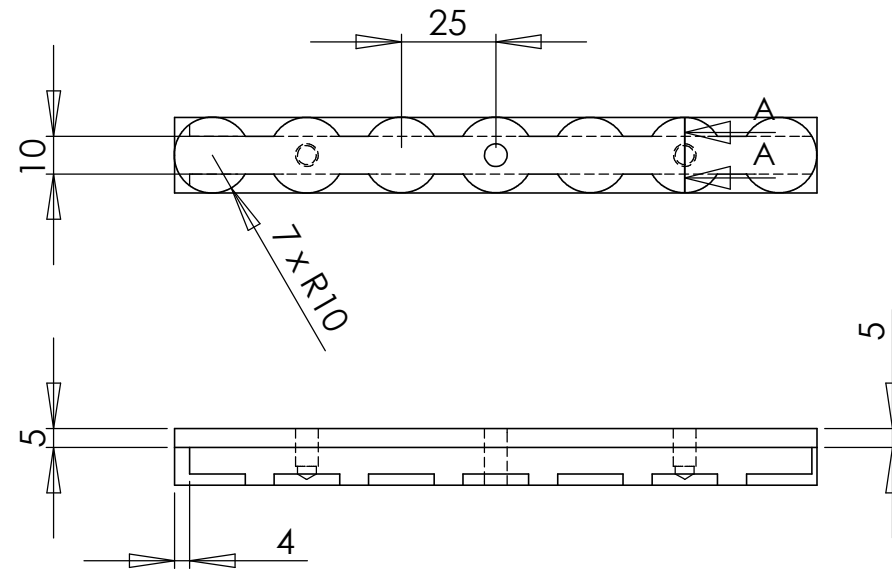


Nº DE ELEMENTO	NOMBRE DE LA PIEZA	CANTIDAD
1	Ensamblaje de estructura	1
2	Gancho derecho	1
3	Cilindro ajuste anchura	2
4	Cilindro empujador	1
5	Empujador	1
6	Gancho izquierdo	1

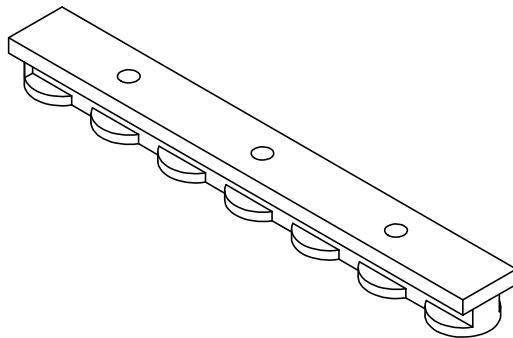
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento: Ensamblaje	Nº de planos: 11
Material: Acero F111	Título:  Lista piezas		Hoja:  11
Escala: 1 : 5			



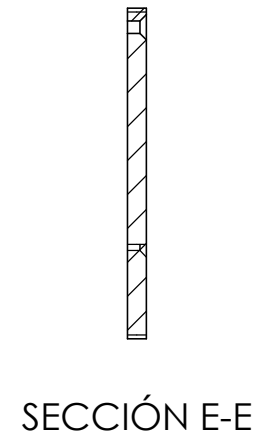
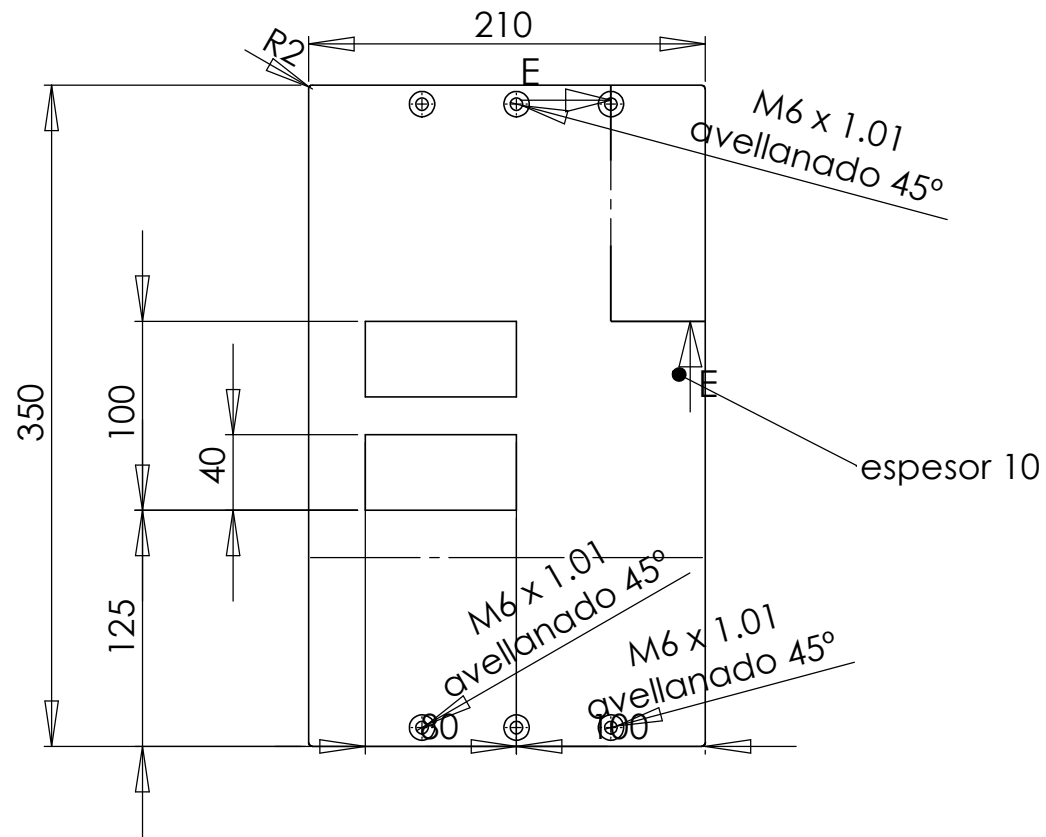
## C.2. Segundo prototipo



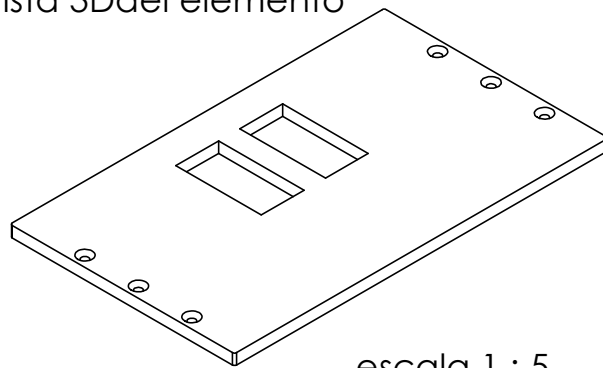
Vista 3D del elemento



Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento:	Nº de planos: 16
Material: Acero F111	Título:  Rail Macho		Hoja:  1
Escala: 1 : 2			

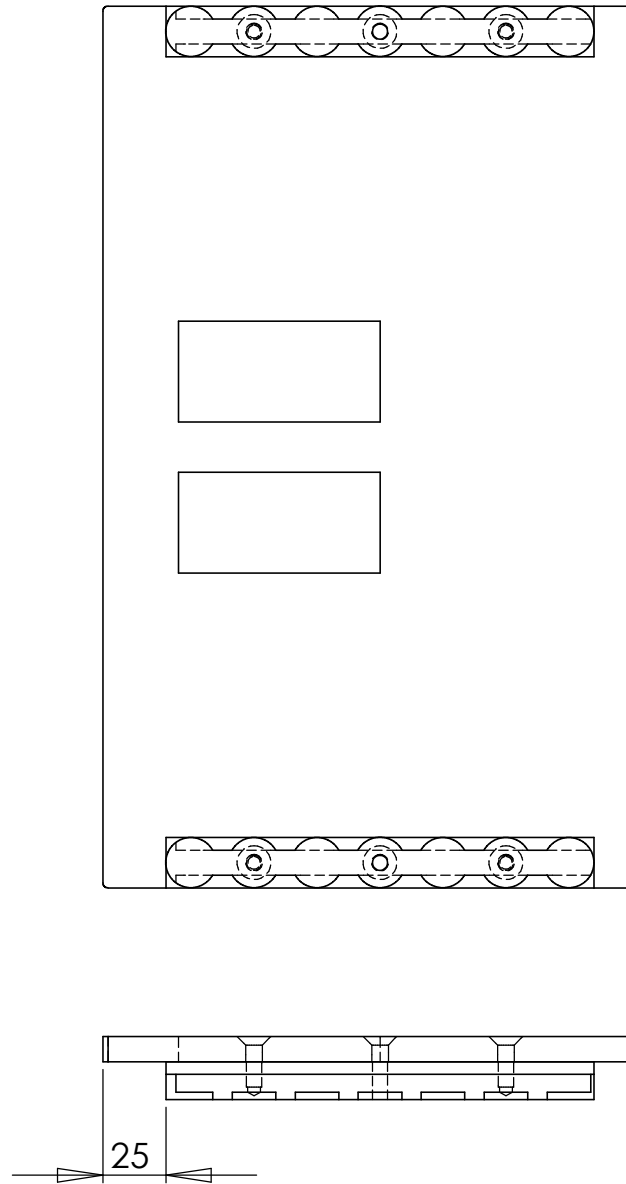


Vista 3D del elemento

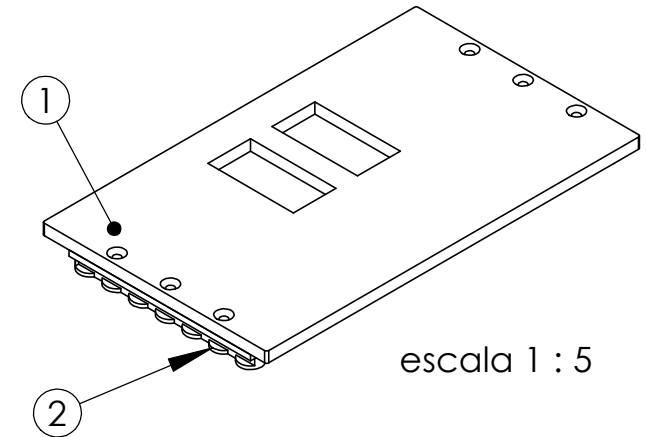


escala 1 : 5

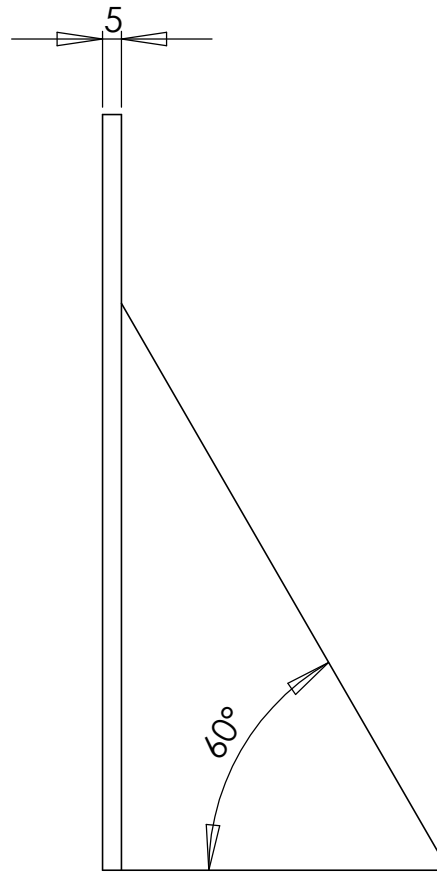
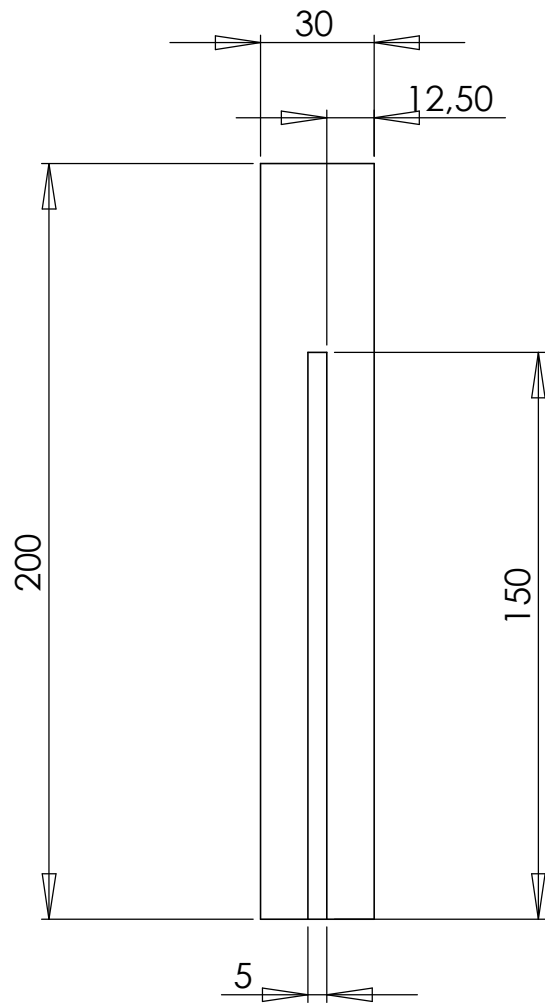
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza	
Comprobado:				
Fecha: 21/07/2011				
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento: Pieza		Nº de planos: 16
Material: Acero F111	Título: Base del anclaje			Hoja: 2
Escala: 1 : 2				



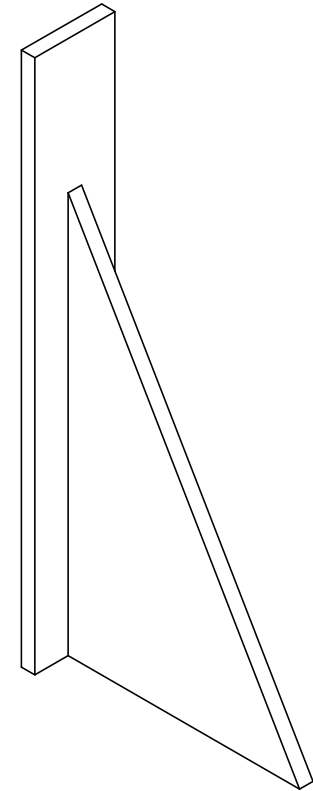
Vista 3D del elemento



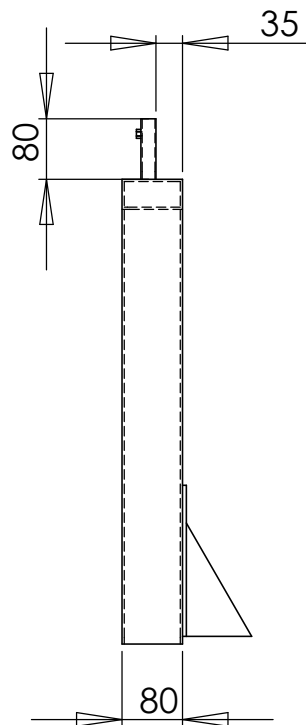
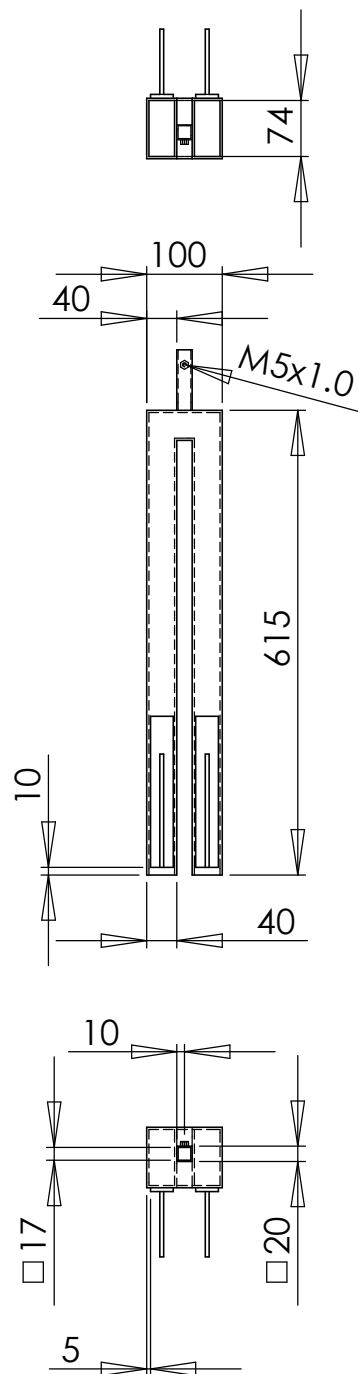
Nº DE ELEMENTO		NOMBRE DE PIEZA		CANTIDAD	
1		Base		1	
2		rail		2	
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:		Universidad de Zaragoza	
Comprobado:					
Fecha: 21/07/2011					
Proyecto:		Tipo de documento:		Nº de planos:	
Anclaje de silla de ruedas		Ensamblaje		16	
Material: Acero F111		Título:  Base con rail			Hoja:  3
Escala: 1 : 3					



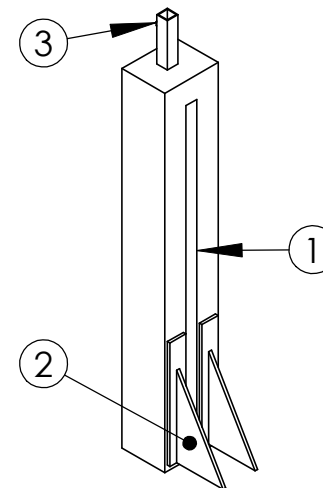
Vista 3D del elemento



Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza	
Comprobado:				
Fecha: 21/07/2011				
Proyecto:		Tipo de documento:		Nº de planos:
Anclaje de silla de ruedas		Pieza		16
Material: Acero F111	Título:  Escuadra			Hoja:  4
Escala: 1 : 2				

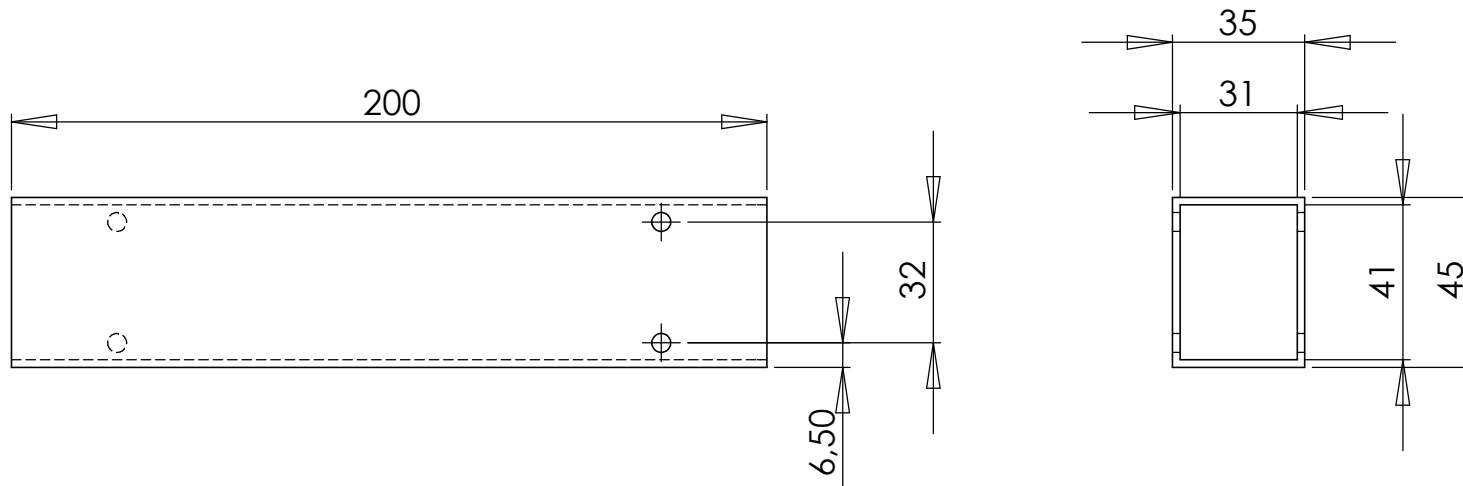


Vista 3D del elemento



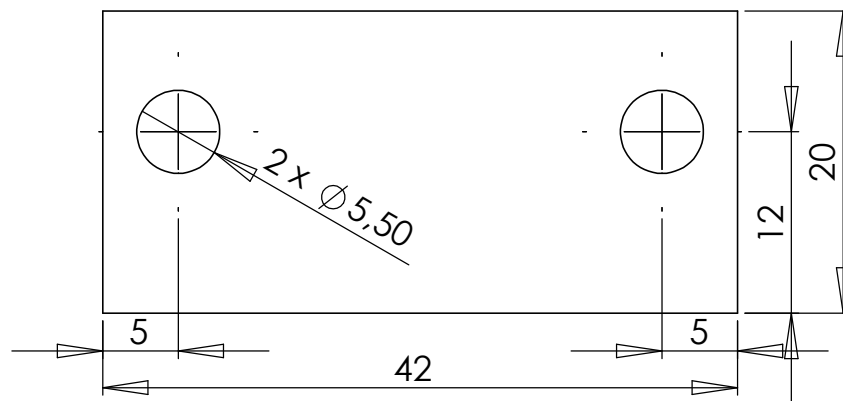
Nº DE ELEMENTO		NÚMERO DE PIEZA	CANTIDAD
1		Estructura	1
2		Escuadra	2
3		Tuerca	1
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento: Ensamblaje	Nº de planos: 16
Material: Acero F111	Título:  Estructura		Hoja:  5
Escala: 1 : 10			

Perfil principal

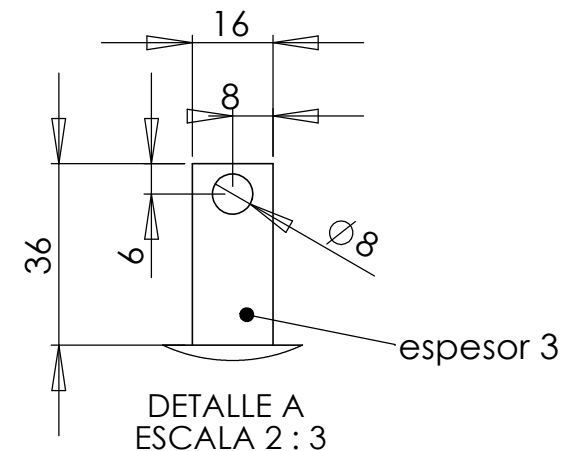
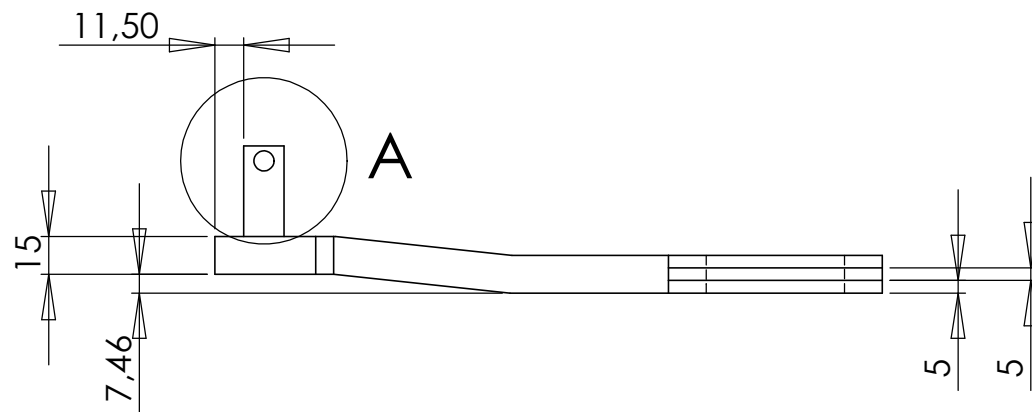


Plaquita fijación de cilindro

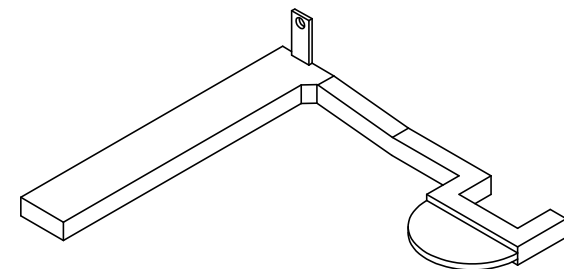
escala 2:1



Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto:		Tipo de documento:	Nº de planos:
Anclaje de silla de ruedas		Piezas	16
Material: Acero F111	Título:  Componentes guía ganchos		Hoja:  6
Escala: 1 : 2			



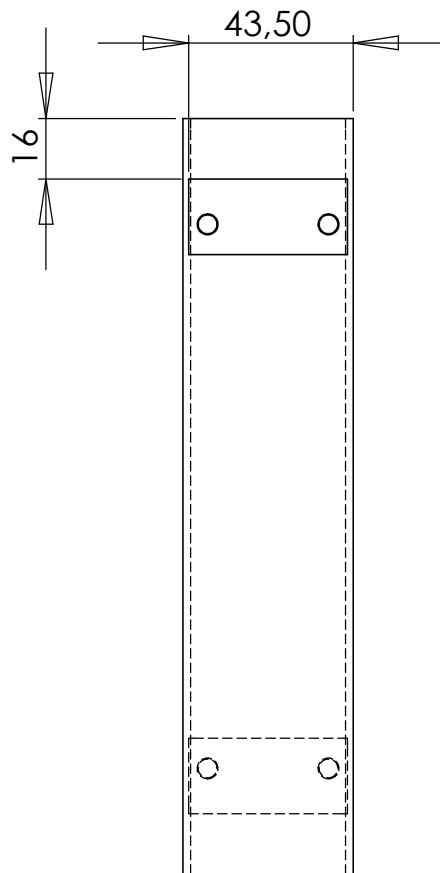
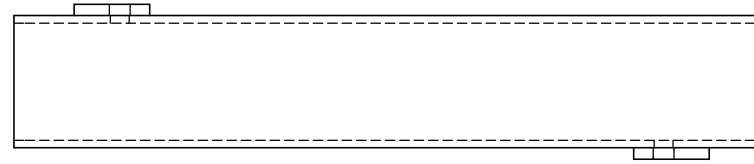
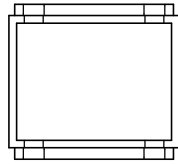
Vista 3D del elemento



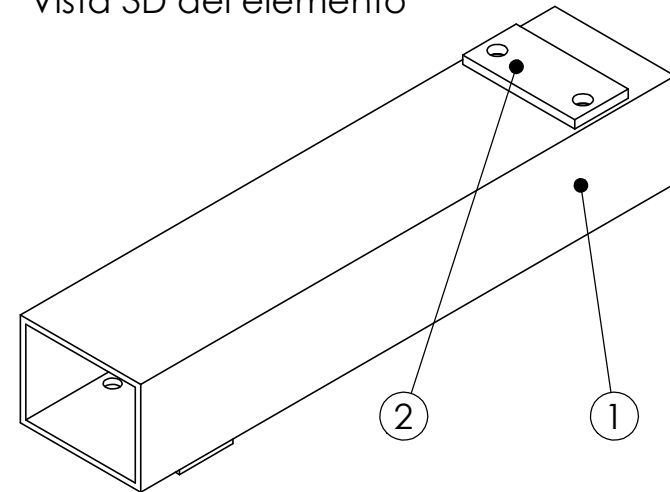
escala 1:5

Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza	
Comprobado:				
Fecha: 21/07/2011				
Proyecto:		Tipo de documento:		Nº de planos:
Anclaje de silla de ruedas		Pieza		16
Material: Acero F111	Título:  Gancho			Hoja:  7
Escala: 1 : 3				

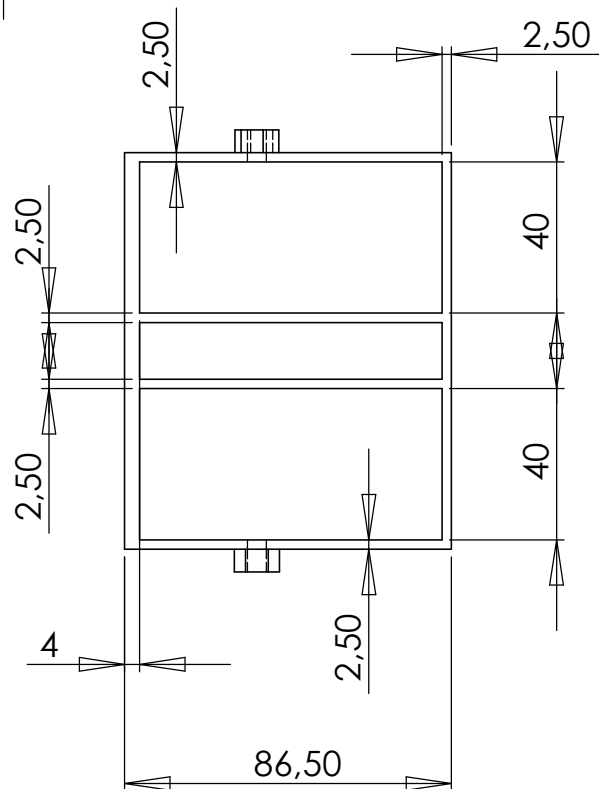
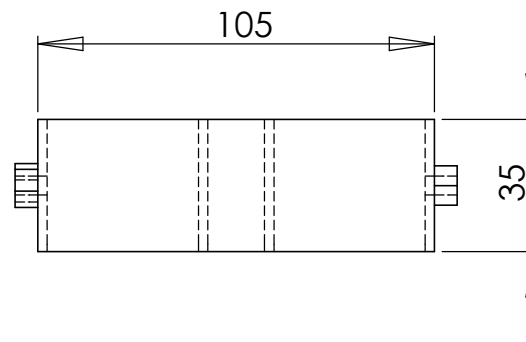
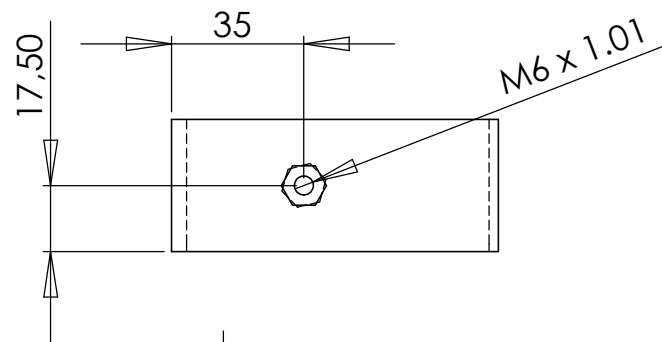




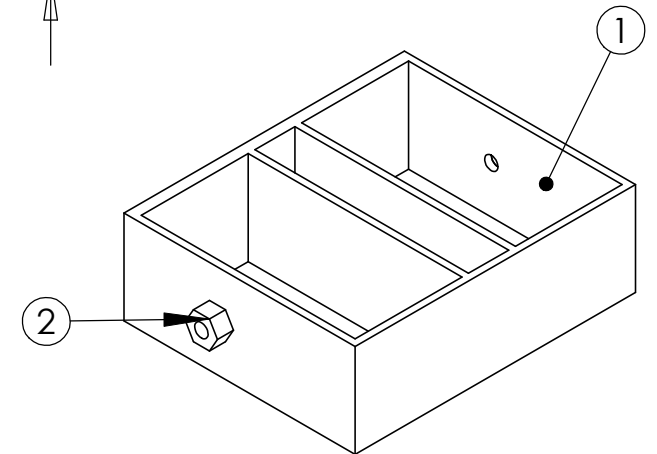
Vista 3D del elemento



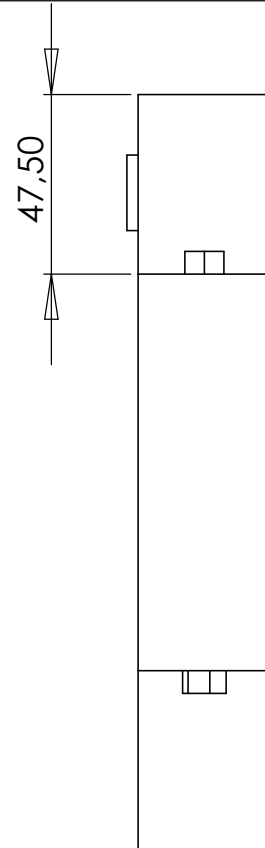
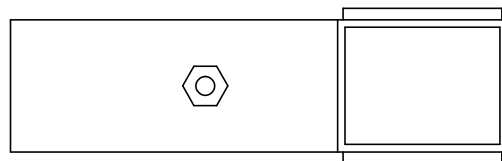
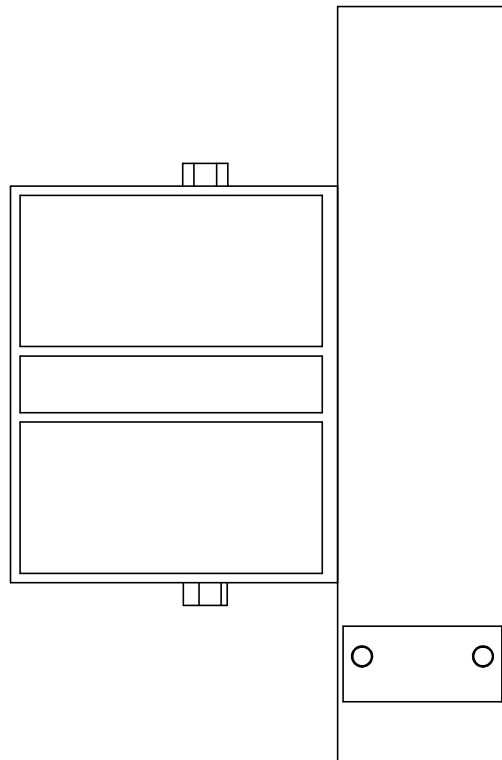
Nº DE ELEMENTO	NOMBRE DE LA PIEZA	CANT.	
1	Guía ganchos	1	
2	Plaquita fijación cilindro	2	
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:  Universidad de Zaragoza	
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento:  Pieza	Nº de planos:  16
Material: Acero F111	Título:  Guía ganchos		Hoja:  8
Escala: 1 : 2			



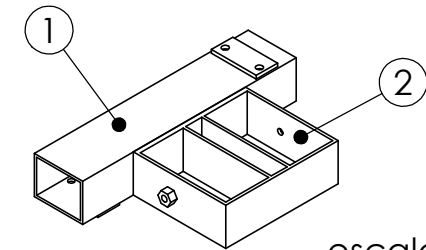
Vista 3D del elemento



Nº DE ELEMENTO		NÚMERO DE PIEZA	CANTIDAD
1		Guía sobre estructura	1
2		Tuerca	2
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto:		Tipo de documento:	Nº de planos:
Anclaje de silla de ruedas		Pieza	16
Material: Acero F111	Título:  Guía sobre estructura		Hoja:  9
Escala: 1 : 2			

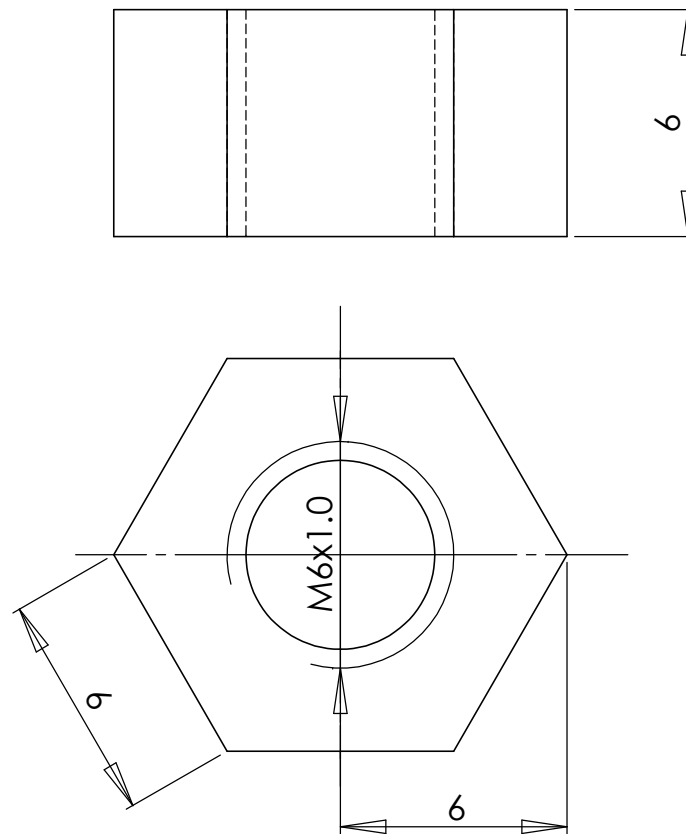


Vista 3D del elemento

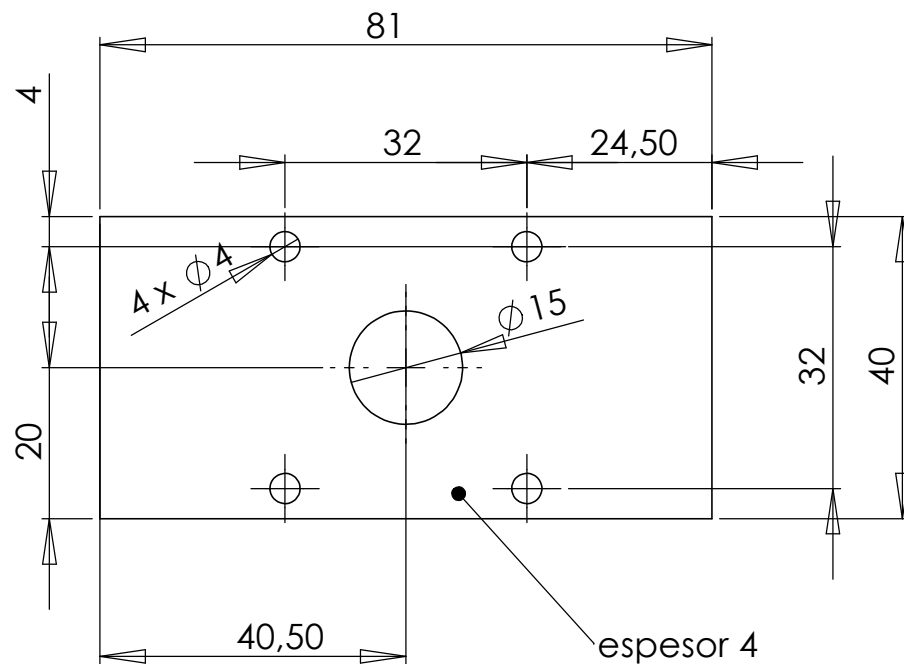


escala 1:5

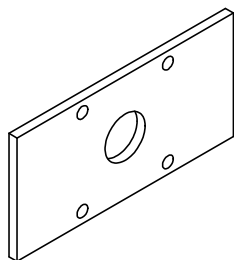
Nº DE ELEMENTO		NOMBRE DE LA PIEZA		CANTIDAD
1		Guía ganchos		1
2		Guía sobre estructura		1
3		Tuerca		2
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza	
Comprobado:				
Fecha: 21/07/2011				
Proyecto:		Tipo de documento:		Nº de planos:
Anclaje de silla de ruedas		Ensamblaje		16
Material: Acero F111	Título:  Portaganchos			Hoja:  10
Escala: 1 : 2				



Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza	
Comprobado:				
Fecha: 21/07/2011				
Proyecto:		Tipo de documento:		Nº de planos:
Anclaje de silla de ruedas		Pieza		16
Material:	Título:			Hoja:
Acero F111				
Escala:				
5 : 1	Tuerca			11

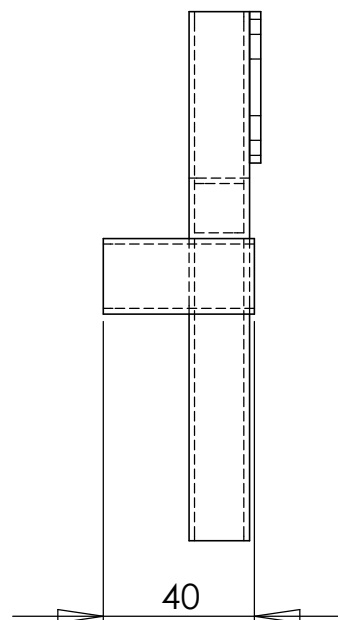
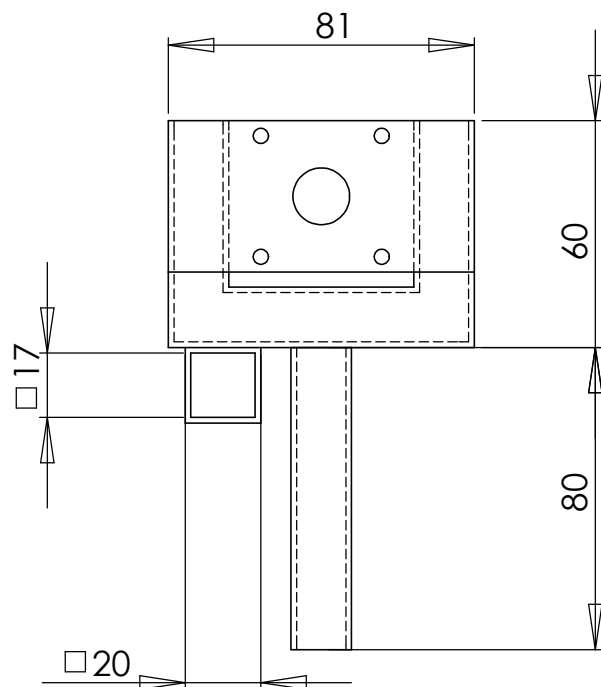


Vista 3D del elemento

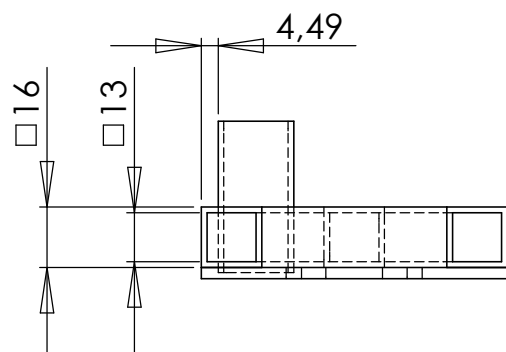
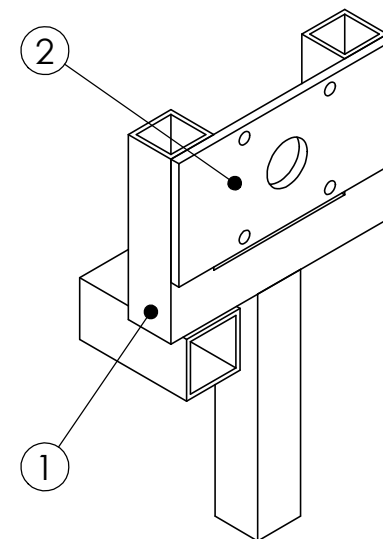


escala 1:2

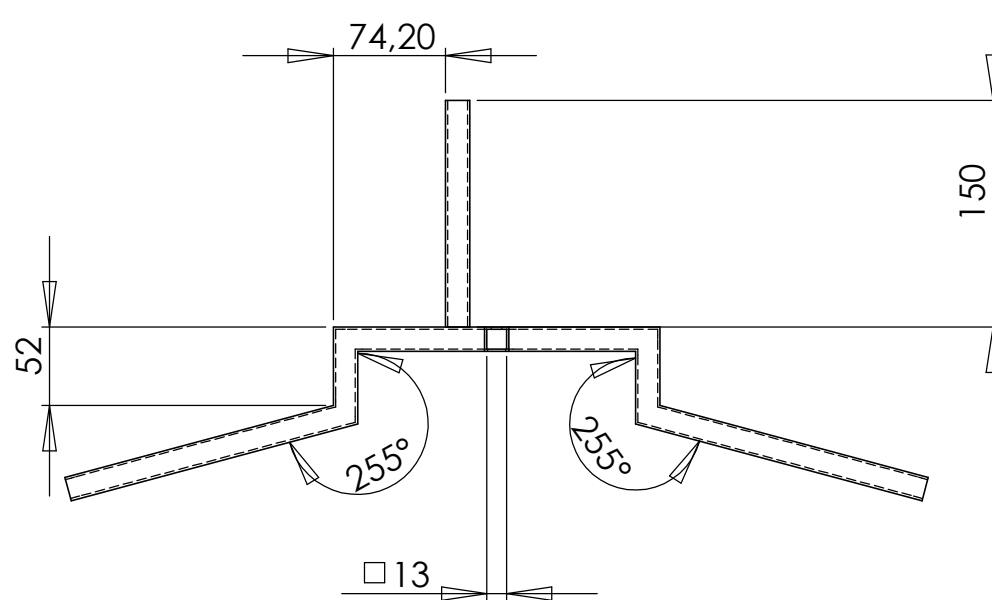
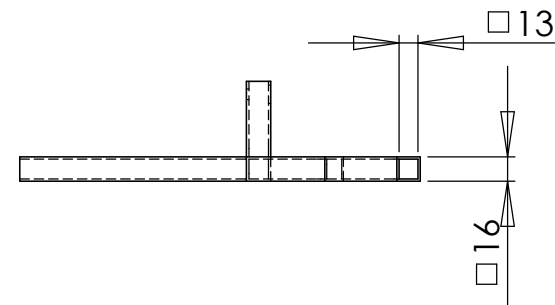
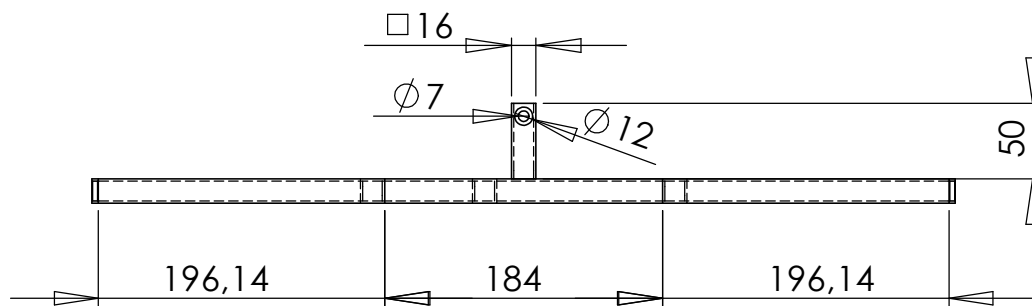
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento: Pieza	Nº de planos: 16
Material: Acero F111	Título:  Placa sujetacilindro		Hoja:
Escala: 1 : 1			12



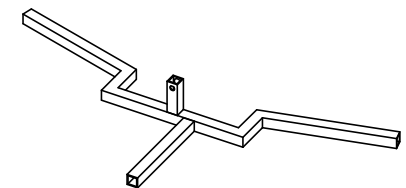
Vista 3D del elemento



Nº DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA		CANTIDAD
1	Soporte		1
2	Placa cilindro		1
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto:		Tipo de documento:	Nº de planos:
Anclaje de silla de ruedas		Ensamblaje	16
Material: Acero F111	Título:  Soporte empujador		Hoja:  13
Escala: 1 : 2			

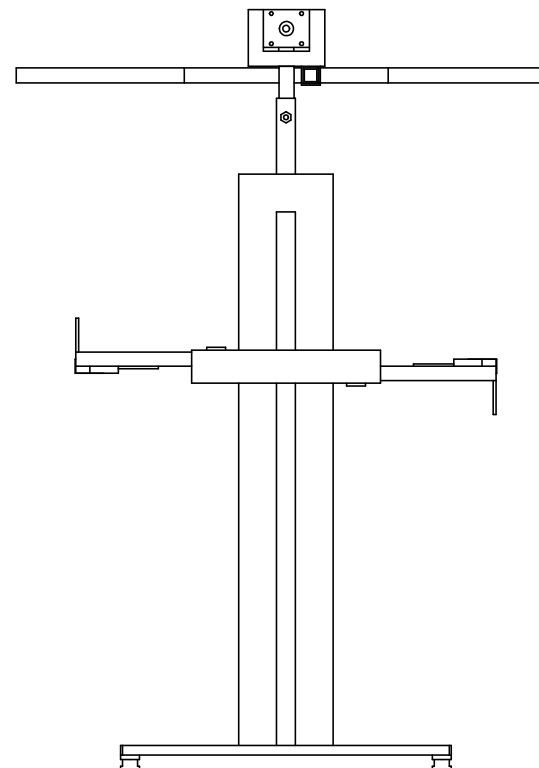
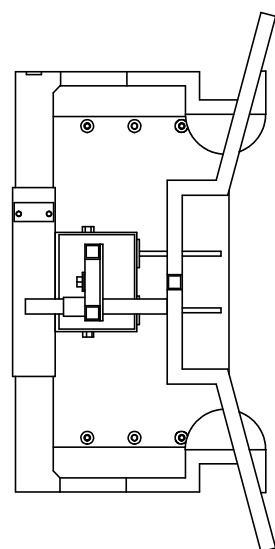
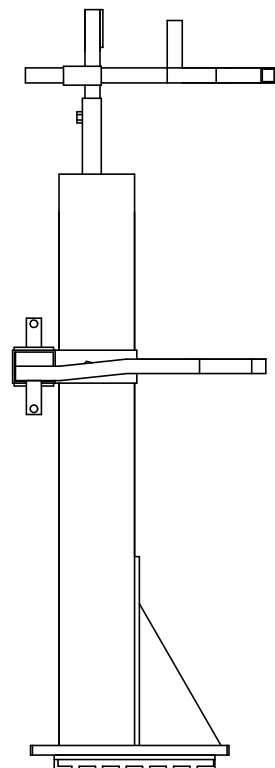


Vista 3D del elemento



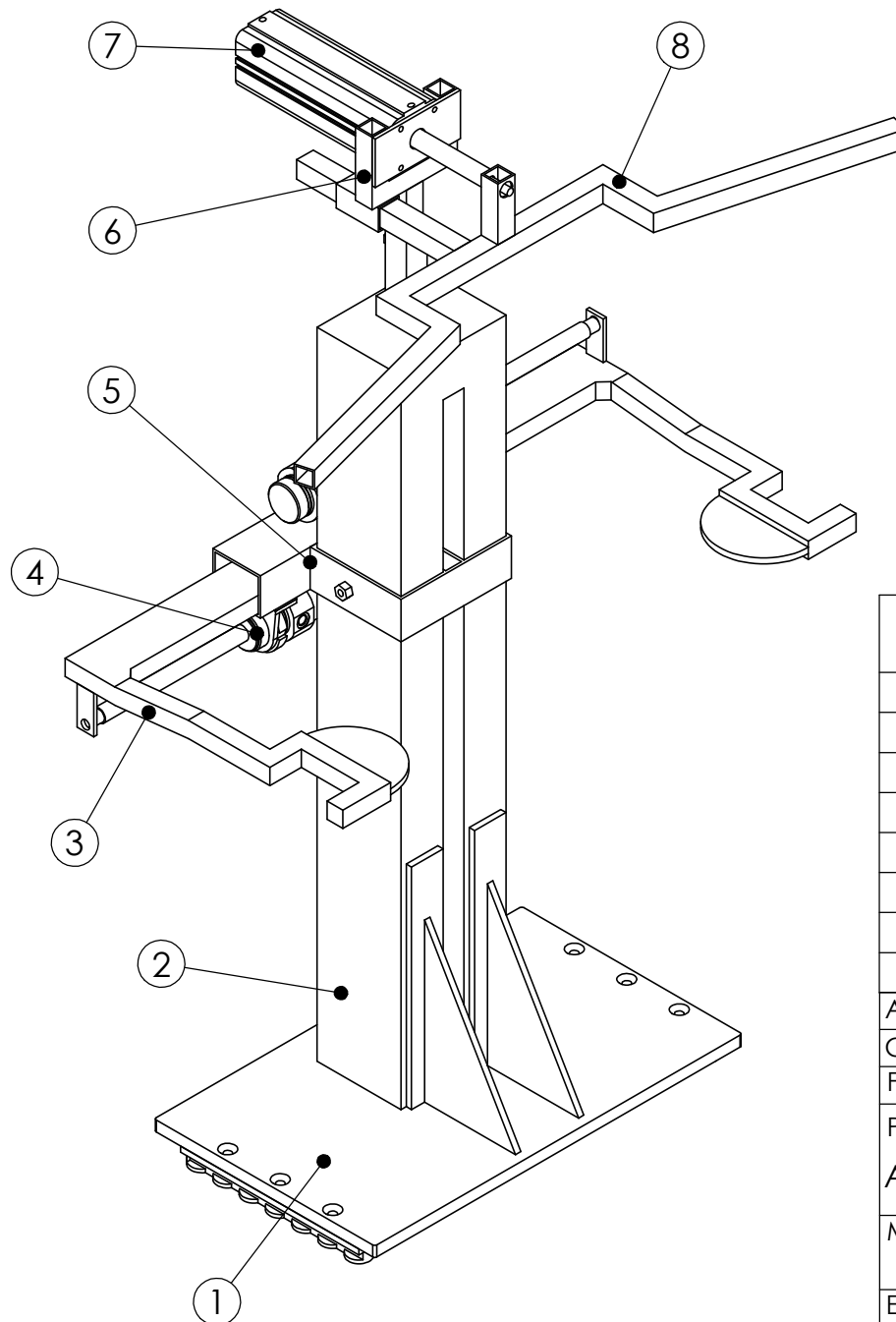
escala 1:10

Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza	
Comprobado:				
Fecha: 21/07/2011				
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento: Pieza		Nº de planos: 16
Material: Acero F111	Título:  Empujador			Hoja:  14
Escala: 1 : 5				



Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:	Universidad de Zaragoza
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento: Ensamblaje	Nº de planos 16
Material: Acero F111	Título:  Plano conjunto		Hoja:  15
Escala: 1 : 8			





Nº DE ELEMENTO	NOMBRE DE LA PIEZA	CANTIDAD	
1	Base Completa	1	
2	Estructura	1	
3	Gancho	2	
4	Cilindro ajuste anchura	2	
5	Portaganchos	1	
6	Soporte Empujador	1	
7	Cilindro empujador	1	
8	Empujador	1	
Autor: Miguel Sanz Serrano		Firma:  Universidad de Zaragoza	
Comprobado:			
Fecha: 21/07/2011			
Proyecto: Anclaje de silla de ruedas		Tipo de documento: Ensamblaje	Nº de planos: 16
Material: Acero F111	Título:  Plano conjunto 2		Hoja:  16
Escala: 1 : 5			