



Ascensor neumático de acceso a colectivos de línea urbana para personas con discapacidad

Leandro Piazza

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
2023

Ascensor neumático de acceso a colectivos de línea urbana para personas con discapacidad

Leandro Piazza

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero/a Mecánico/a

Director/a:

- Ing. Pedro Sismondi
- Ing. Guillermo Rodríguez
- Ing. Juan Sismondi

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
2023

*A los docentes, no docentes, compañeros y
amigos que acompañaron mi trayecto a lo largo
de los años dentro de la facultad.
Por más universidad pública.*

1 AGRADECIMIENTOS

A Daniel Corsi, jefe de mantenimiento de MOVI ROSARIO, por brindarme los planos que sirvieron para empezar este proyecto.

A la Ps. Sandra Montanari, Coordinadora Técnica de la Dirección de Discapacidad de la Municipalidad de Rosario, por brindar las estadísticas necesarias para dar un contexto a la elaboración del proyecto.

A los profesores Pedro Sismondi, Juan Sismondi y Guillermo Rodriguez por servir de guía para la elaboración de este proyecto.

2 RESUMEN

A lo largo del éste proyecto se evalúa y se trabaja para buscar una solución a la problemática que tiene la gente con discapacidad motriz al momento de ascender o descender de los colectivos de transporte urbano en la ciudad de Rosario.

Para ello, poniendo como punto de partida el estado del sistema de transporte en el año 2020, se estudian cuales fueron las soluciones aportadas anteriormente, que puntos específicos del sistema actual generan insatisfacción en los usuarios y se pone como objetivo buscar una solución que implique la menor modificación posible de la infraestructura existente.

Al momento de buscar una solución, se pone como promisa la seguridad del usuario, el confort para la utilización del sistema diseñado, la robustez, la adaptación a los diseños utilizados actualmente, tanto dimensionalmente como en las fuentes de energía disponibles, la facilidad para su utilización y la minimización del mantenimiento rutinario que requiere el mecanismo.

Palabras claves: Pasajero, discapacidad, transporte, colectivo, diseño, silla de ruedas.

3 ABSTRACT

Through this Project, we evaluate and work in order to find a solution to the problems that people with disabilities have when getting on or off the urban transport buses in the city of Rosario.

For it, we take as a starting point the situation of the transport system in year 2020, we study the solutions that were previously provided, the specific points of the current system generate dissatisfaction in users and the objective is to find a solution that involves the least possible modification of the existing infrastructure.

At the moment we look for a solution, the priority is user's safety, user's comfort, robustness, adaptation to the designs currently used, both dimensionally and in the available energy sources, it has to be easy to use and we also look for the minimization of the routine maintenance required by the mechanism.

Keywords: Passenger, disability, transport, bus, design, wheelchair.

4 CONTENIDO

1	Agradecimientos	iv
2	Resumen	v
3	Abstract	vi
4	Contenido	vii
5	Introducción	1
6	Estudio de las condiciones límites y las variables	4
6.1	Objetivo	4
6.2	Alcance	4
6.3	Condiciones límites.....	4
6.4	Variables	4
7	Soluciones	6
7.1	Propuesta 1 (seleccionada)	6
7.2	Propuesta 2.....	7
7.3	Propuesta 3.....	8
8	Estudio dinámico del mecanismo	9
8.1	Etapas	9
8.1.1	Objetivo	9
8.1.2	Alcance	9
8.1.3	Primer etapa de movimiento	9
8.1.4	Segunda etapa del movimiento.....	11
8.1.5	Tercera etapa de movimiento	13
9	Cálculo y dimensionamiento de las piezas	15
9.1	Objetivo	15
9.2	Alcance	15
9.3	Generalidades.....	15
9.4	Plataforma	16
9.4.1	Cálculo de resistencia de los materiales.....	17
9.4.2	Estudio por elemento finitos	19
9.5	Guías	23
9.5.1	Cálculo de guías tipo C.....	25
9.5.2	Cálculo de resistencia de los materiales.....	27
9.5.3	Cálculo por elementos finitos.....	30
9.5.4	Cálculo de guías tipo “L”	32
9.5.5	Calculo por resistencia de los materiales	34
9.5.6	Cálculo por elementos finitos.....	37
9.6	Eje de rueda.....	39
9.6.1	Calculo por resistencia de los materiales	41
9.6.2	Cálculo por elementos finitos.....	42

10	Cálculo y selección de componentes comerciales.....	44
10.1	Objetivo	44
10.2	Alcance	44
10.3	Ruedas	44
10.4	Guías lineales.....	44
10.4.1	Selección de guías lineales verticales	45
10.4.2	Selección de guías horizontales.....	48
10.5	Elementos neumáticos	50
10.5.1	Cilindros neumáticos	50
11	Circuito neumático	57
11.1	Funcionamiento.....	57
12	Tabla de figuras e ilustraciones	58
13	Conclusiones	60
14	Bibliografía.....	61
15	ANEXOS.....	62
	A PLANOS.....	62

5 INTRODUCCIÓN

Este trabajo tendrá como objetivo aportar una solución a las dificultades que sufren las personas con discapacidad para poder utilizar los servicios de transporte urbano de pasajeros en la ciudad de Rosario.

Según datos aportados desde la Dirección de discapacidad de la Municipalidad de Rosario, al 2018 habitan nuestra ciudad 32.333 personas con Certificado Único de Discapacidad (CUD). De ese total, 12.968 poseen una discapacidad motriz pura y unas 1.431 utilizan silla de ruedas para desplazarse. De estos datos, cabe señalar que existen otras condiciones que se engloban por fuera de una “discapacidad motriz pura” que también necesitan de la utilización, por ejemplo, de sillas de ruedas, y que no solo las personas que necesitan este elemento para desplazarse, han expresado disconformidad con la accesibilidad de los vehículos del transporte urbano.

Si bien este proyecto no es el primero que busca encontrar una solución a esta problemática, de la cual, de hecho, ya existen una vasta cantidad de soluciones, sea para transporte público, como también para el transporte privado, es cierto también que hoy en día siguen existiendo estas dificultades, y que la disponibilidad no resulta satisfactoria para el usuario ni tampoco para el personal.



Ilustración 5-1: Casos de plataformas para personas con discapacidad

Es por esto que este trabajo estará enfocado en señalar los puntos débiles de las últimas dos experiencias que existieron en este sentido, haciendo base en las modificaciones que tuvo el transporte en los últimos años que sí han aportado a mejorar la solución.

Por un lado, al momento en que existió una plataforma autónoma, alimentada eléctricamente, fue una experiencia que duró poco tiempo, ya que por diversas razones, éstas dejaban de funcionar, librando nuevamente al usuario a su suerte para poder tener acceso.

Por otro lado, este sistema fue reemplazado por una rampa, que el chofer del colectivo debe desplegar de forma manual. Esto se ve acompañado por una suspensión neumática que permite disminuir la altura de la puerta para que tanto personas con discapacidad como también así ancianos u otras personas con movilidad reducida puedan acceder al colectivo. El problema de este sistema es que el usuario que quiere acceder depende de que el chofer u otra persona le despliegue la rampa, y eso no siempre sucede, y cuando si lo hace, requiere igual de un esfuerzo del usuario y de su ayudante.



Ilustración 5-2: : Rampa para acceso de pasajeros con discapacidad motriz

Es por estas razones que este proyecto hará hincapié en la robustez, que estará basada en buscar que el dispositivo requiera de la menor cantidad de mantenimiento posible, que soporte los golpes y la brusquedad de terrenos irregulares por los que debe transitar el colectivo y sobre todo, que ofrezca una solución práctica, ejerciendo la menor cantidad de cambios posibles sobre la unidad, que utilice fuentes de energía ya presentes, y que pueda ser colocado, removido y reemplazado fácilmente de la unidad para no generar costos extras.

No será posible, en una primera instancia, hacer un estudio de costos y de disponibilidad de materiales profundo, si bien se intentará, siempre que sea posible, buscar modelos de piezas comerciales que sean de origen nacional o que se comercialicen en el país, y las piezas que sean diseñadas, se harán a partir de materia prima que puede encontrarse en el país.

Con dicho fin, se elabora un plan de trabajo que asegure conocer en profundidad el punto de partida, clasificar las fortalezas y debilidades de cada solución previa, reconocer las herramientas con las que se cuenta actualmente, proponer soluciones, desarrollar dicha solución y generar un diseño propio. Para ello, el plan de ruta es el siguiente:

-
- Estudiar los planos de los modelos de colectivos que circulan actualmente.
 - Ver con que herramientas se dispone actualmente que puedan funcionar como base del proyecto.
 - Establecer un objetivo y alcance del trabajo que se pretende realizar.
 - Proponer soluciones.
 - Elegir la solución que mejor se adecúe a las necesidades.
 - Bocetar un primer diseño.
 - Dibujar mediante herramientas de diseño 3D el mecanismo.
 - Elaborar un diseño de las piezas que componen el mecanismo.
 - Seleccionar los elementos comerciales.
 - Dibujar los planos para su construcción y montaje.

6 ESTUDIO DE LAS CONDICIONES LÍMITES Y LAS VARIABLES

6.1 OBJETIVO

A lo largo de este capítulo se buscará establecer cuál es el punto de partida para comenzar el diseño del mecanismo. Esto se reflejará en las dimensiones máximas y mínimas, la resistencia, la capacidad, etc.

6.2 ALCANCE

Este análisis servirá para establecer las condiciones generales del mecanismo, y se realizará en base a los planos disponibles e información extraída de internet.

6.3 CONDICIONES LÍMITES

- Las dimensiones de la puerta de ascenso / descenso de personas discapacitadas son: 2100/2020 x 1285, teniendo como espacio libre para la circulación de las personas, 900 mm
- El ingreso de encuentra a 300mm del suelo, por lo que deberá ser esta la distancia a la que se encontrará el usuario antes de ingresar al colectivo
- Si el mecanismo será impulsado por aire comprimido, se debe tener en cuenta que los compresores actualmente utilizados son los KNOR 88mm.
- La línea eléctrica del colectivo está compuesta por 2 baterías de 12 V de 175 Ah. Teniendo una tensión nominal de 24 V y alimentado por un alternador de 24 V y 80 A.

6.4 VARIABLES

- La alimentación del sistema debe ser seleccionada en función de la potencia demandada por el equipo y la disponibilidad en el sector del colectivo donde va a ser colocado. Un motor eléctrico es más accesible y fácil de utilizar en algunas circunstancias, pero puede comprometer el suministro eléctrico si la potencia demandada es muy elevada.
- Se diferencian 3 tipos de sillas de ruedas: Acción manual: éstas cuentan con una rueda trasera de aproximadamente 60 cm de diámetro. Motorizada: las ruedas son más pequeñas (entre 30 y 50 cm diámetro) y las estilo scooter motorizadas con ruedas de 26 cm de diámetro.
- Se debe definir si el movimiento vertical del sistema se hará mediante una elevación perpendicular al suelo o rotando con centro en un punto del chasis del colectivo.
- Los colectivos adaptados poseen una puerta intermedia que sirve para ascenso y descenso de pasajeros con discapacidades motrices. Sin embargo existen algunos colectivos de línea que aún no poseen esta adaptación, que perjudica tanto el ascenso como el viaje dentro del colectivo.
- Se debe definir si el sistema realizará un único movimiento, que debe ser adaptado a todos los suelos y alturas a la que se encuentre el chasis en el momento del ascenso o

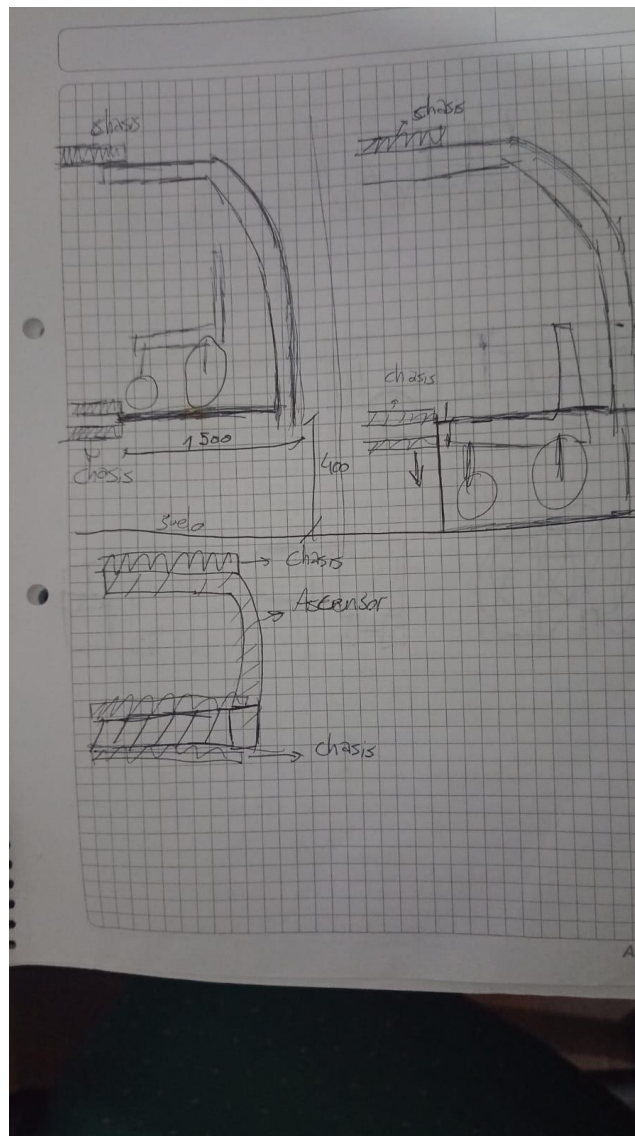
realizar un sistema manual donde el chofer pueda operar el elevador para ajustarlo a las necesidades de la situación.

- El ascensor puede ser fijado a cada colectivo mediante una modificación en el chasis o puede ser agregado al mismo y que en el momento del ascenso, deba ser utilizado como una maquinaria aparte.
- Se debe elegir si el sistema podrá ser operado directamente por la persona discapacitada o deberá contar con la intervención del chofer, esto dependerá de la facilidad en la utilización del sistema.
- La utilización del sistema se puede realizar manualmente, contando únicamente con la fuerza del usuario o del chofer, o puede ser asistida mediante una fuente de energía propia del colectivo.
- Los materiales que se utilizaran en la fabricación del dispositivo determinarán el peso, la durabilidad y la facilidad para operar.
- El peso de los usuarios puede variar fuertemente, dependiendo del peso de la propia persona y el de su silla de rueda. Sabiendo que las sillas de rueda varían en su peso entre 15 y 30kg, y suponiendo usuarios desde niños de 30kg y adultos de 120 kg, el rango de pesos estará entre 45 y 150 Kg.
- La puerta del colectivo se encuentra a 300mm del suelo, con lo que contaremos con una distancia al suelo entre 100 mm (si el usuario está en el cordón) y 300 mm si el usuario no puede ascender desde el cordón.
- Si la velocidad de ascenso es muy lenta el proceso tardará mucho y eso entorpecerá el tránsito, mientras que a mayor velocidad corre riesgo la integridad y la seguridad del usuario.
- Puede utilizarse un dispositivo para el ascenso y uno distinto para el descenso de los pasajeros, simplificando la utilización de los mismo

7 SOLUCIONES

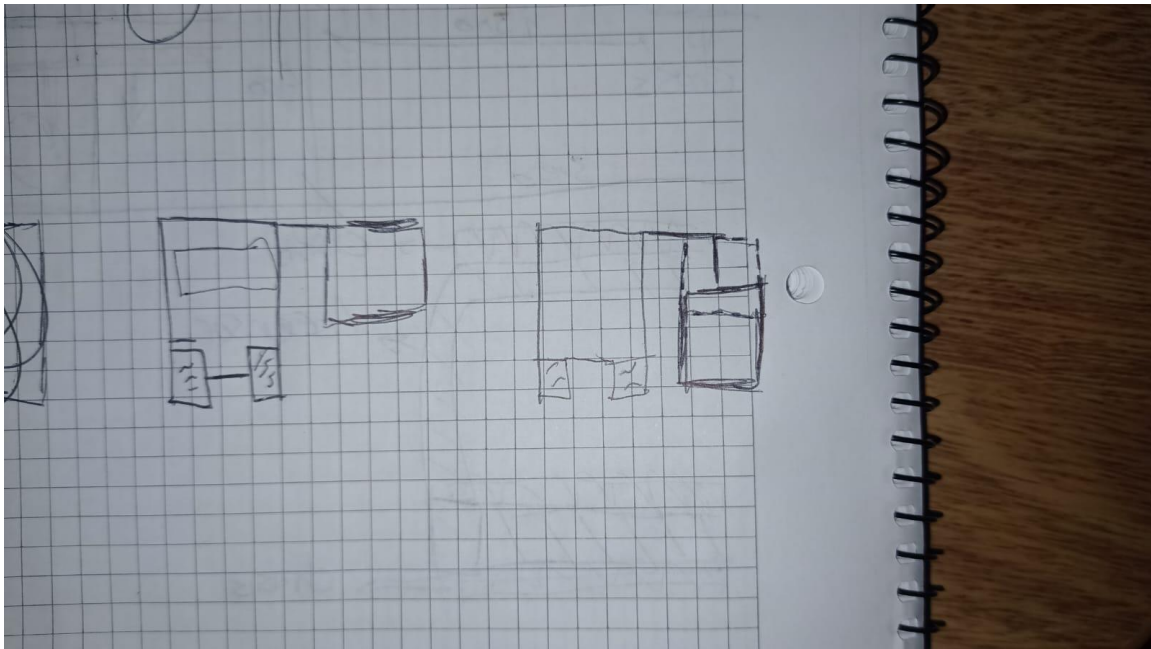
7.1 PROPUESTA 1 (SELECCIONADA)

Conformar una estructura móvil que, al momento de ser utilizada, se desplegará mediante un accionamiento neumático. Esta estructura partirá desde el interior del colectivo hasta quedar por fuera del mismo, colocada en voladizo. Una vez fuera, su base realiza un movimiento vertical para ejecutar la acción demandada.



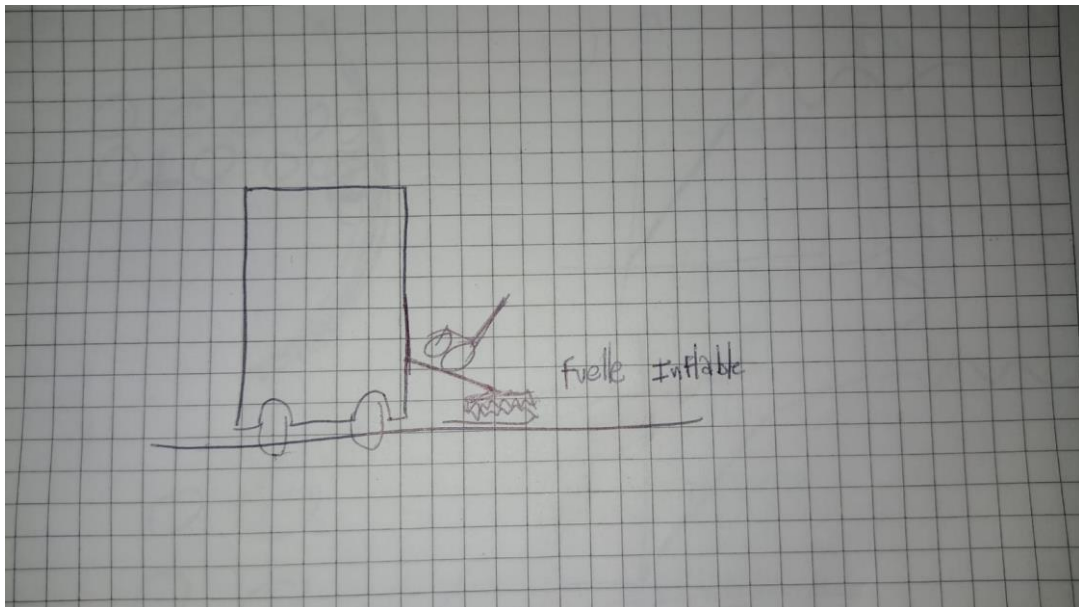
7.2 PROPUESTA 2

Sobre el techo se coloca una plataforma, quedando paralelo a este, de forma que no supere la altura máxima del colectivo. Al momento de ser accionada, la plataforma se mueven mediante unas vías horizontales y verticales hasta alcanzar la altura necesaria, sube hasta la altura de la puerta y vuelven a la posición inicial para continuar con el viaje. Quedando una estructura externa, colocable sobre el vehículo ya fabricado y que debe tener una mínima adaptación.



7.3 PROPUESTA 3

En el ingreso del colectivo se desliza una rampa similar a las que existen actualmente, esta tendrá un pivote alineado con la puerta, de modo tal que pueda bajar hasta la altura que sea necesaria, una vez abajo, el usuario se sube a la rampa, y mediante un fuelle colocado en la parte inferior de la misma, la rampa se coloca a la altura de la puerta para permitir el ingreso del pasajero.



8 ESTUDIO DINÁMICO DEL MECANISMO

8.1 ETAPAS

8.1.1 Objetivo

Durante este capítulo se estudia cada una de las etapas del movimiento esperado por el mecanismo y se estudiará a que esfuerzos estará sometido, que fuerzas deben aplicarse y que medidas de seguridad se deben tener en cuenta en cada una de las etapas. De aquí se desprende un detalle exhaustivo de las variables a tener en cuenta para hacer un dimensionamiento de las piezas y una evaluación concreta del funcionamiento del mecanismo.

8.1.2 Alcance

En este capítulo sólo se hace un análisis cualitativo del funcionamiento, que sirve como base para el diseño de las piezas en el capítulo [Cálculo y dimensionamiento de las piezas](#) o para la selección en el capítulo [Cálculo y selección de componentes comerciales](#) según corresponda.

8.1.3 Primer etapa de movimiento

La primer etapa del movimiento consiste en el desplazamiento horizontal de la plataforma desde el interior del colectivo hacia afuera.

Como puede observarse en las figuras mostradas a continuación, la plataforma comienza retraída dentro del coche, con los cilindros verticales completamente estirados y el cilindro horizontal en su posición inicial.

Los cilindros verticales no efectuarán ningún trabajo, es el horizontal el que se desplaza hasta que la plataforma móvil quede completamente fuera del coche y le sea posible descender sin obstrucciones. Como puede observarse en las Figura 8-1 y Figura 8-2.

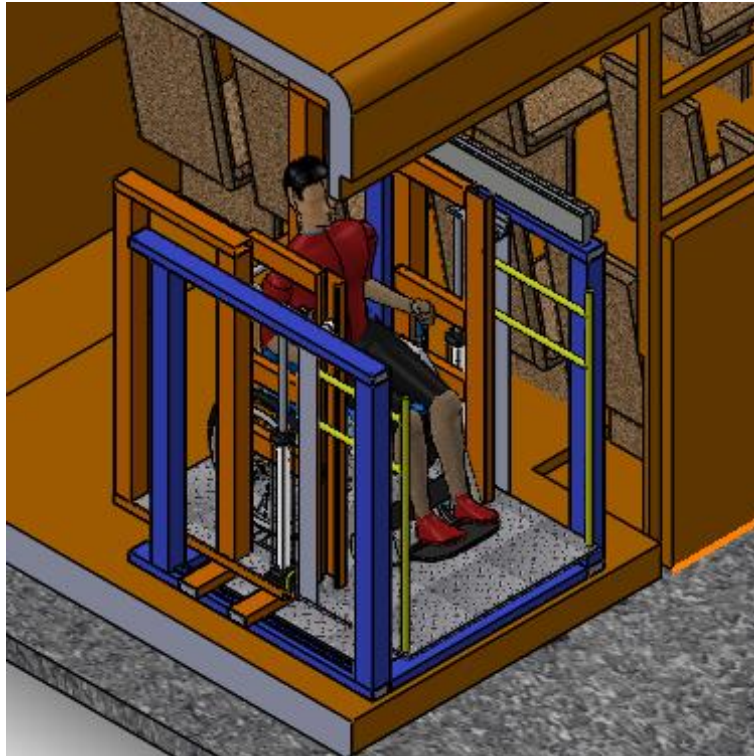


Figura 8-1 Dispositivo completamente retraído

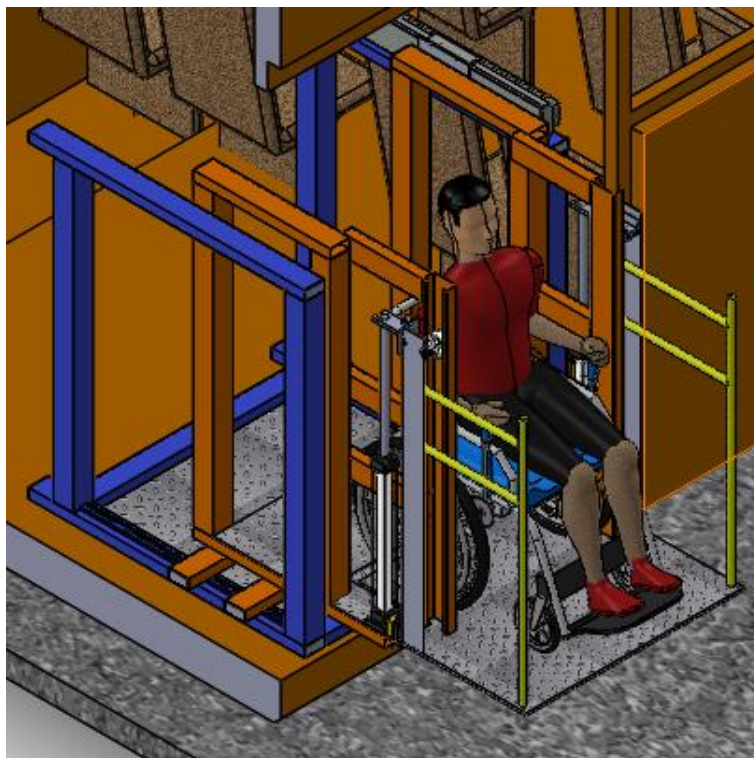


Figura 8-2 Dispositivo completamente expandido

A fines de lograr este movimiento, se deben tener en cuenta lo siguiente:

- El desplazamiento se da sobre guías lineales, que además de soportar el peso del dispositivo y el del usuario sobre su eje vertical, debe soportar además el momento generado cuando la plataforma está desplegada y el esfuerzo se hace sobre un eje desplazado al del apoyo de la guía.
- Tanto éste, como el resto de los movimientos se realizan con una velocidad limitada y una aceleración que no afecte al comfort del usuario y no sugieran ningún peligro en su utilización. Estos valores son definidos al momento del diseño tomando como referencia otros mecanismos e influirán en la selección de los componentes para el circuito neumático.
- El desplazamiento horizontal debe garantizar el completo desarrollo de la plataforma por fuera del vehículo, y una distancia considerable a los límites de éste para asegurar no interferir en la apertura de las puertas.

8.1.4 Segunda etapa del movimiento

En esta segunda etapa la plataforma móvil se desplaza hacia abajo hasta alcanzar el nivel del suelo, así el usuario puede ascender o descender del dispositivo según lo desee.

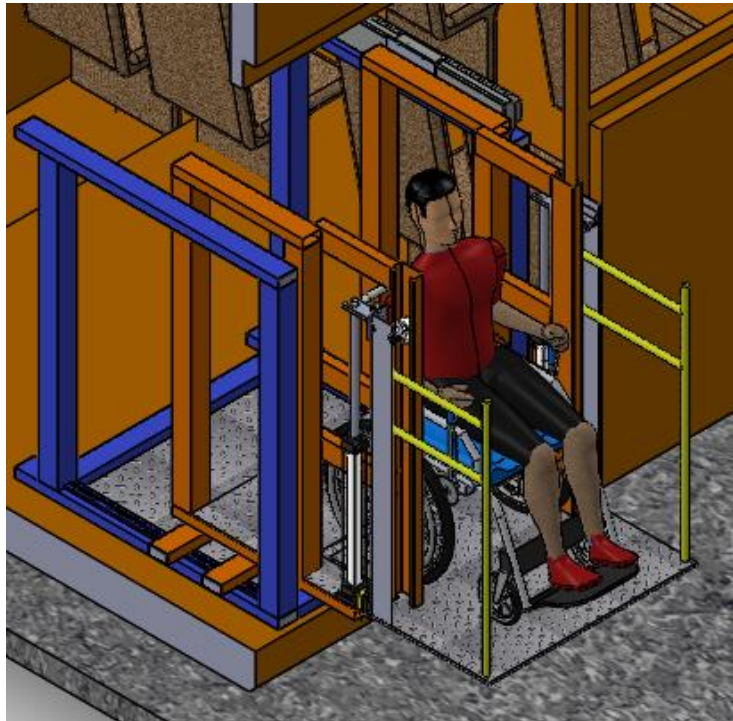


Figura 8-3 Usuario sobre la plataforma móvil



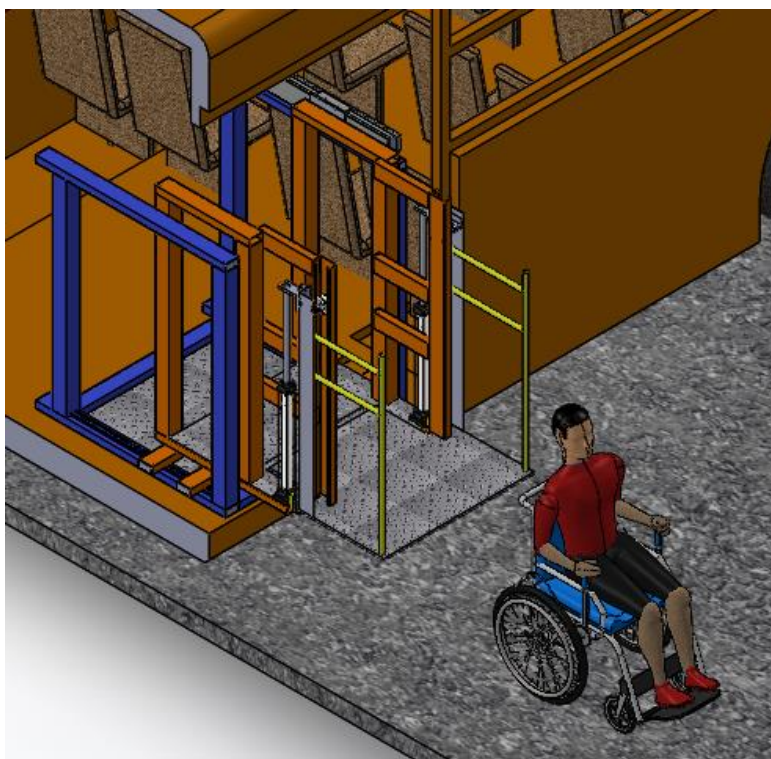
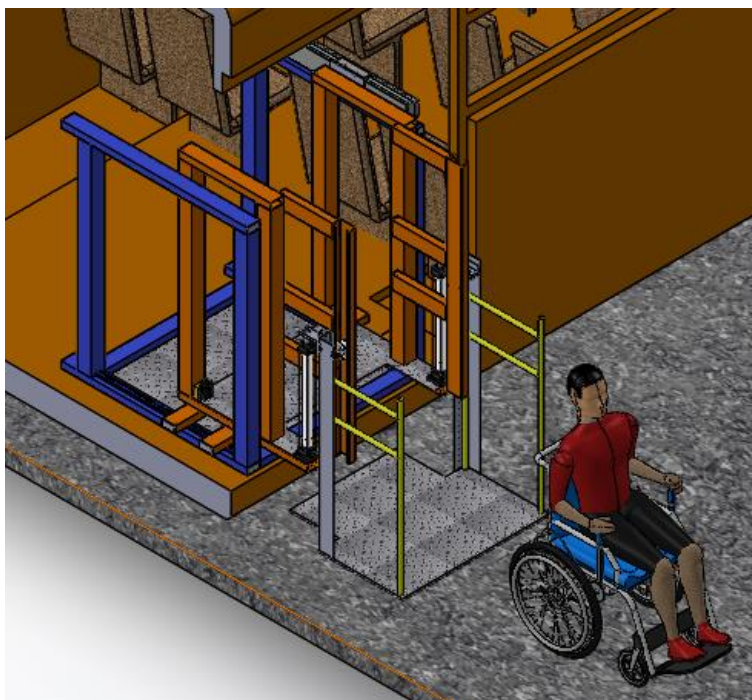
Figura 8-4 Plataforma al nivel del suelo

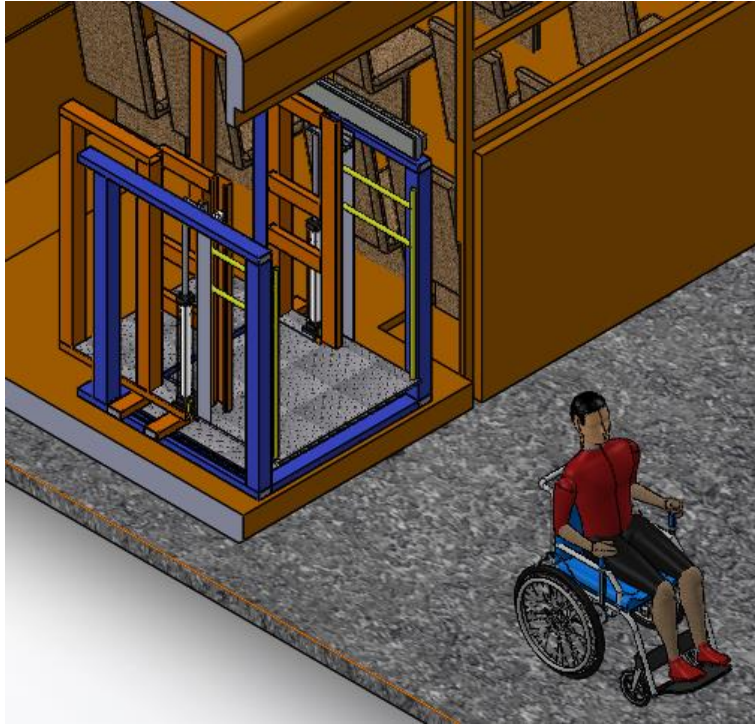
En este caso, debemos tener en cuenta los siguientes puntos:

- Al igual que el caso anterior, las velocidades y aceleraciones no deben afectar al comfort y la seguridad de usuario.
- El movimiento vertical debe ser el necesario para acercar al usuario al pavimento, debe tener la capacidad de frenar antes en caso que el suelo esté mas cerca.
- En el punto mas bajo, se genera un momento que incide sobre la resistencia tanto de la guía tipo C y de la rueda.
- Debe haber una parada entre una etapa de movimiento y la otra para asegurar que el usuario esté colocado correctamente.

8.1.5 Tercera etapa de movimiento

Durante esta etapa, el usuario ya habrá descendido del vehículo, y la plataforma deberá retraerse para que el colectivo pueda continuar con su recorrido.





Esta etapa del movimiento se realiza sin cargas adicionales a las del propio mecanismo. Si bien el usuario no está montado sobre el mismo, hay que tener en cuenta que aún así, habrá otros pasajeros en las cercanías, por lo que no es conveniente aumentar la velocidad.

9 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS PIEZAS

9.1 OBJETIVO

A lo largo de este capítulo se hará un estudio integral del material a utilizar y las dimensiones que deberá tener cada una de las piezas para operar de manera correcta y segura.

Para ello se emplean métodos de cálculo de resistencia de materiales generales, como ser un diagrama de cuerpo libre, en otros casos se utilizarán métodos mas complejos y que requieren de la utilización de herramientas informáticas, como el cálculo por elementos finitos.

9.2 ALCANCE

Los cálculos y comprobaciones se hacen teniendo en cuenta la peor situación posible a la que se encuentra sometido cada componente, teniendo en cuenta los distintos tipos de esfuerzos que se generan en cada uno de ellos.

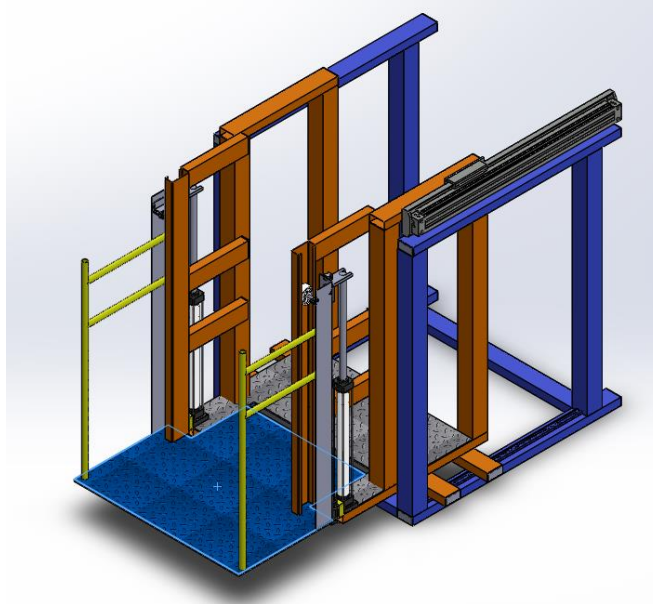
9.3 GENERALIDADES

Este proyecto se basa en un equipo que irá montado sobre una unidad móvil, que sufrirá el desgaste propio de un elemento de utilización pública y masiva, y que tendrá una alta criticidad, ya que el fallo de una o mas de las piezas que lo componen, puede desencadenar en un accidente dónde el usuario podría resultar herido.

Es por esto que se utilizará un factor de seguridad de entre 7 y 10 veces el valor nominal, dependiendo de la criticidad en un primer punto y de las posibilidades en segunda instancia.

9.4 PLATAFORMA

La plataforma es la que alojará al usuario durante el ascenso y descenso.



Se trata de una chapa antideslizante de dimensiones detalladas en la *Figura 9-1* fabricada con un acero al carbono SAE 1010 con las dimensiones mostradas en la *Figura 9-2*

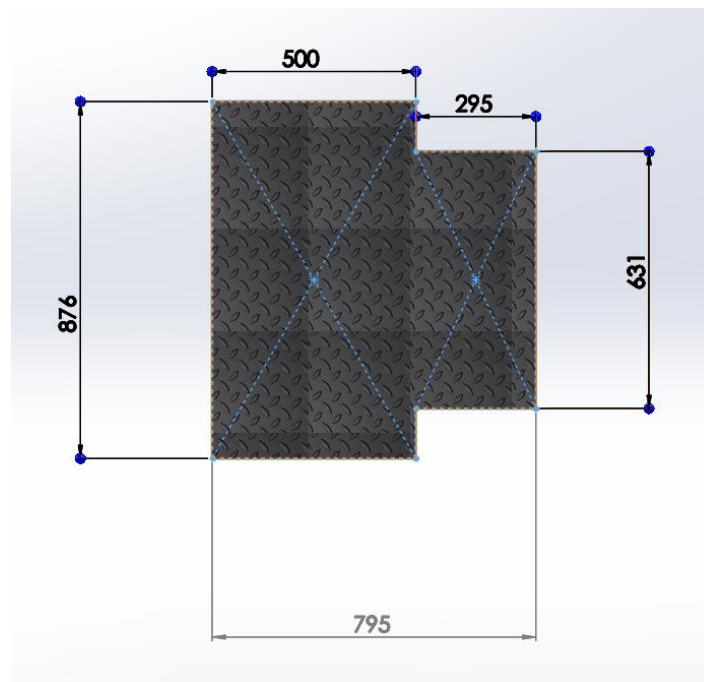


Figura 9-1 Dimensiones de la plataforma

La plataforma es rigidizada por un alma fabricada a partir de planchuelas de 1" de ancho x 1/2" de espesor como se ilustra en la *Figura 9-2*

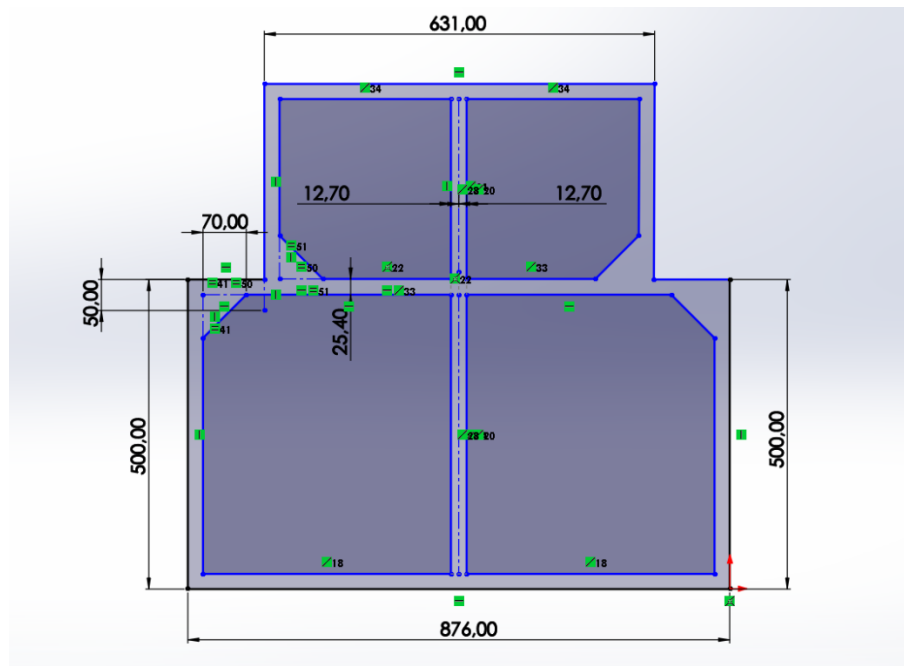


Figura 9-2 Perfiles de refuerzo de la plataforma

9.4.1 Cálculo de resistencia de los materiales

9.4.1.1 Tensión máxima calculada

En primer lugar se procede a verificar la selección de los materiales y el diseño mediante un modelo simplificado, para ello, se considera la plataforma rectangular con medidas de 876 x 795mm con un espesor de 17,46mm, que corresponde a la suma del espesor de la chapa y el del refuerzo.

Se realizará el análisis considerando que la peor situación es encontrar la carga en un extremo y se la colocará en voladizo sujeta de un extremo como se muestra en el diagrama a continuación.

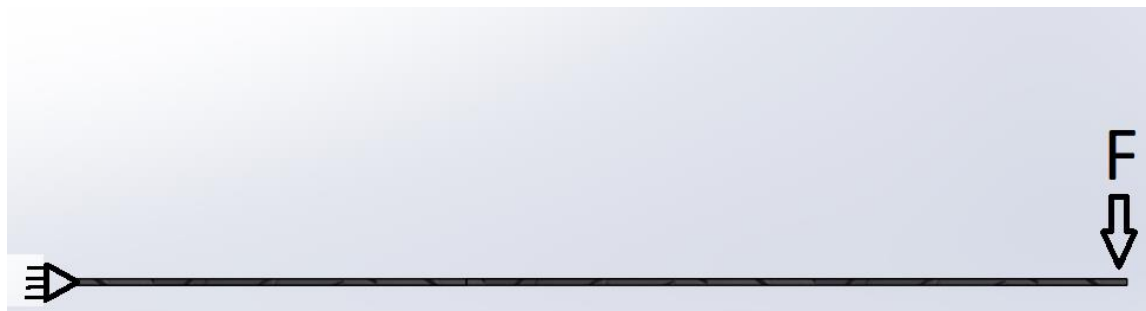


Figura 9-3: Diagrama de esfuerzos de la plataforma

Para ello, se considera una fuerza de 400kgF, que se considera el peso de una persona promedio con un factor de seguridad de 5.

Ahora bien, el calculo de la tensión por flexión pura encontrada sobre la plataforma está determinada por la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{M_y}{I}$$

Donde:

- σ = Tensión por flexión pura
- M_y = Mayor momento en el eje Y
- I = Inercia de la plataforma

El momento se calcula mediante la fórmula: $M_y = F \cdot d$

Siendo:

$$F = 400\text{kgF} = 3290\text{N}$$

$$d = 795\text{mm} = 0,795\text{m}$$

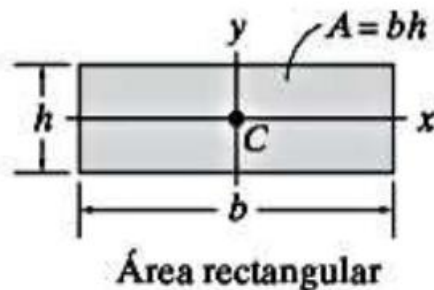
Por lo que se obtiene:

$$M_y = F \cdot d = 3290\text{N} \cdot 0,795\text{m} = 2615\text{Nm}$$

Como en la fibra neutra no existen tensiones, se debe multiplicar este resultado por la distancia entre la misma y el lugar de mayor tensión (la superficie de la plataforma):

$$M_c = 2615\text{Nm} \cdot 0,00873\text{m} = 22,82\text{Nm}^2$$

La inercia de una sección rectangular se obtiene de la siguiente manera:



$$I_x = \frac{1}{12}bh^3$$

$$I_y = \frac{1}{12}hb^3$$

Como lo que se busca es el momento flector en el eje Y se utiliza la primer fórmula quedando determinado de la siguiente manera:

$$I_y = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}873mm(17,46mm)^3 = 387227mm^4 = 3,87 \cdot 10^{-7}m^4$$

Así se obtiene que la tensión por flexión en la plataforma es:

$$\sigma = \frac{M_y}{I} = \frac{22,82Nm^2}{3,87 \cdot 10^{-7}m^4} = 58966408 \frac{N}{m^2} = 6,0129 \frac{kg}{mm^2}$$

Lo cual da muy por debajo del límite de fluencia del acero SAE 1010 23,6 kg/mm².

9.4.1.2 Deformación máxima calculada

Para calcular la máxima deformación, se vuelve a suponer la situación anterior: plataforma en voladizo y la carga en un extremo.

En este caso, la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$D = -\frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

Donde:

- L es la distancia entre el punto de apoyo y la fuerza
- E es el módulo elástico o módulo de Young del material, en este caso E=280MPa

Por lo tanto, reemplazando valores obtenemos lo siguiente:

$$D = -\frac{3290N \cdot (0,795m)^3}{3 \cdot 280000000 \frac{N}{m^2} \cdot 3,87 \cdot 10^{-7}m^4} = -4,26mm$$

El signo negativo indica que es desplazamiento se hará hacia abajo.

9.4.2 Estudio por elemento finitos

Una vez comprobado el material por resistencia de los materiales, se debe realizar un análisis por elementos finitos para verificar que no aparezcan tensiones localizadas que puedan producir una rotura del material. Las tensiones que se analizarán en este caso son las de vonMises, que es un modelo para encontrar tensiones equivalentes a las que se generan en varias direcciones.

Para el estudio por elementos finitos primero se definen las restricciones y los esfuerzos a los que va a ser sometida la plataforma.

El esfuerzo debe ser considerado en las peores condiciones, por lo que si se supone el peso promedio de una persona en 80Kg, un factor de seguridad de 5, arroja una fuerza puntual de 400kgF.

Para encontrar el mecanismo de estudio, se suponen dos condiciones, donde la plataforma estará completamente de un extremo y el esfuerzo será aplicado desde el otro. Las cartelas que se colocan al costado de la plataforma deben ser tenidas en cuenta para su sujeción.

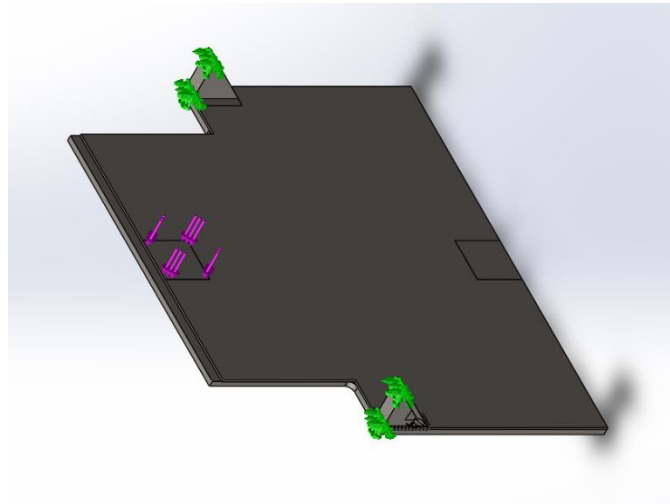


Figura 9-4: Mallado, restricciones y fuerzas de la simulacion de la plataforma primer situación

9.4.2.1 Tensiones de Von Mises

Como se especificó anteriormente, se coloca una fuerza de 400kgF en el área resaltada con color rosa y se hace un estudio de las tensiones de Von Mises encontradas. Para la interpretación de

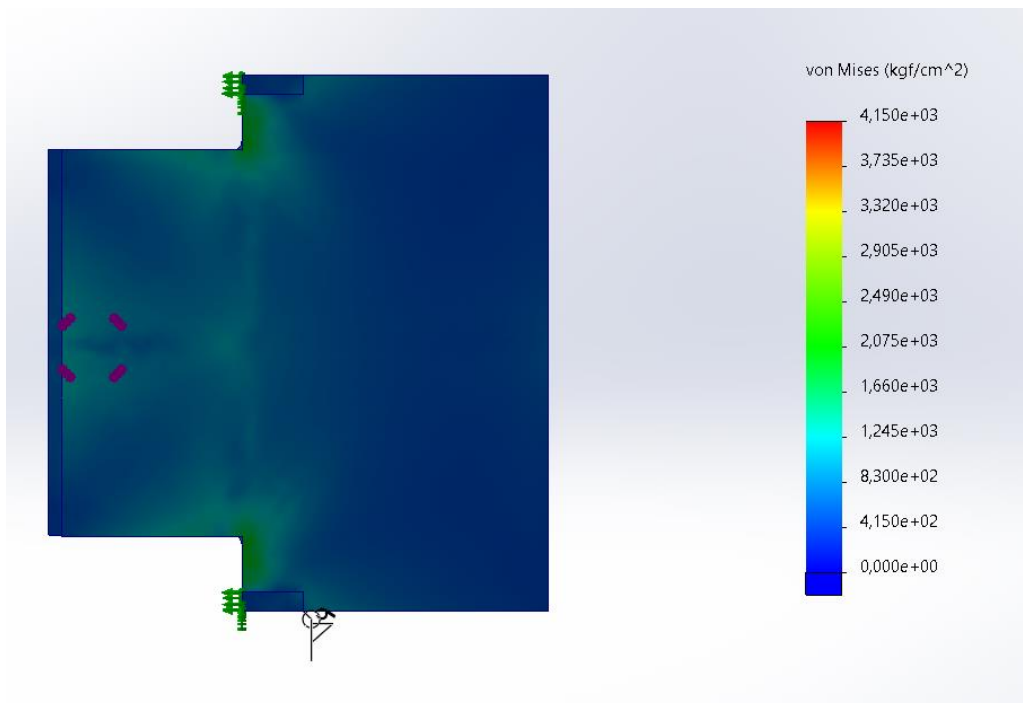


Figura 9-5 Estudio por elemento finitos de la plataforma

los resultados, se utiliza escala de colores, donde se parte de 0 kgF/mm² hasta 41,5 kgF/mm² que es la resistencia a la fluencia del acero SAE 1045 laminado, del que esta compuesto la planchuela de refuerzo.

Como se puede observar en la Figura 9-5, no existe concentración de tensiones significativa sobre la plataforma compuesta de chapa antideslizante, sin embargo, es importante hacer una observación más detallada sobre el refuerzo de la misma, ya que es ahí donde existen cambios de geometría que deben ser suavizados para evitar la aparición de tensiones de vonMises elevadas.

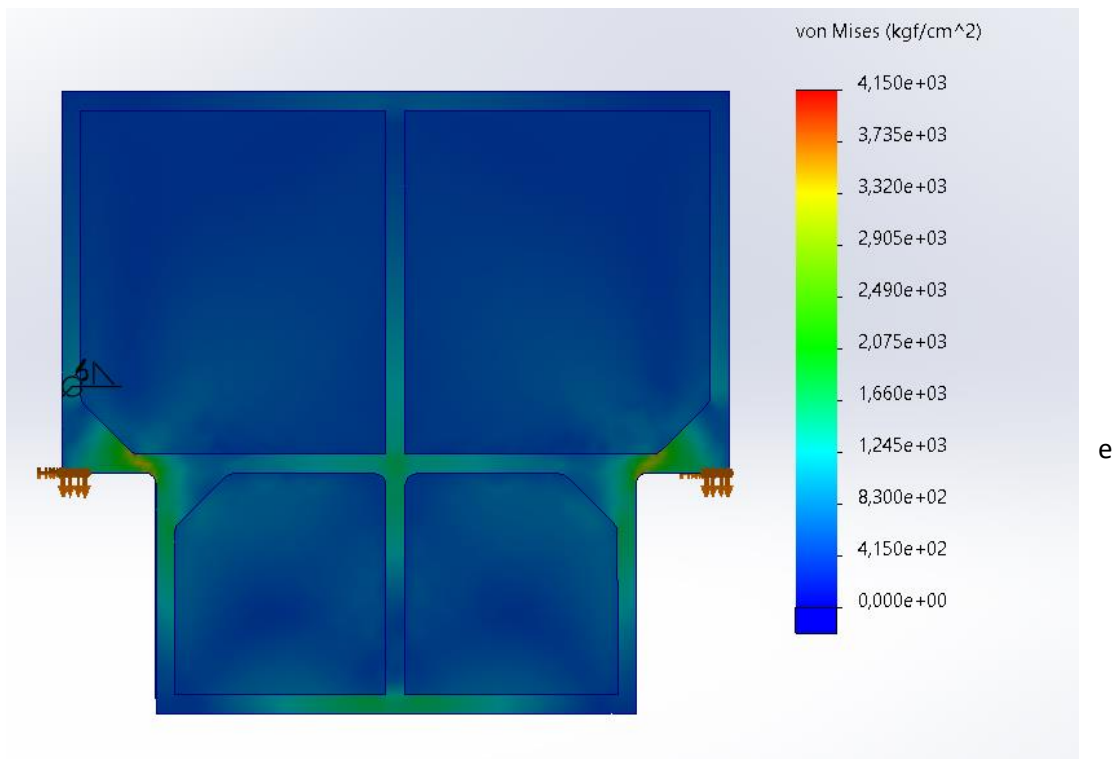


Figura 9-6 Tensiones de vonMises en el refuerzo de la plataforma

Se observan concentraciones de tensiones en dos zonas de cambio de geometría, que aunque se haya realizado un redondeo, no fue suficiente para que desaparezcan. Es importante entonces verificar que éstas no superen el límite de fluencia del material.

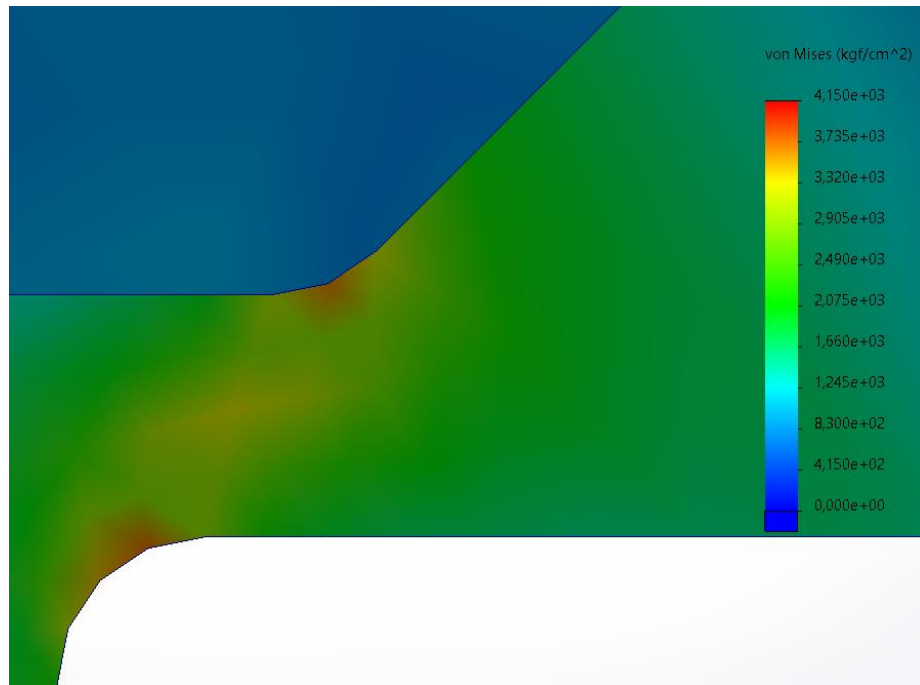


Figura 9-7 Zonas de concentración de tensiones

Se puede verificar que las tensiones de vonMises máximas encontradas tienen un valor de 37,35 kgF/mm², un 10% por debajo del límite de fluencia del material. Si se tiene en cuenta además que este es un valor que está sobredimensionado y colocado en su peor situación posible, se puede asegurar que el diseño de la plataforma verifica para ser utilizada en el mecanismo.

9.4.2.2 Desplazamientos

Ahora, utilizando el mismo método de elementos finitos, se observan cuales fueron las deformaciones calculadas.

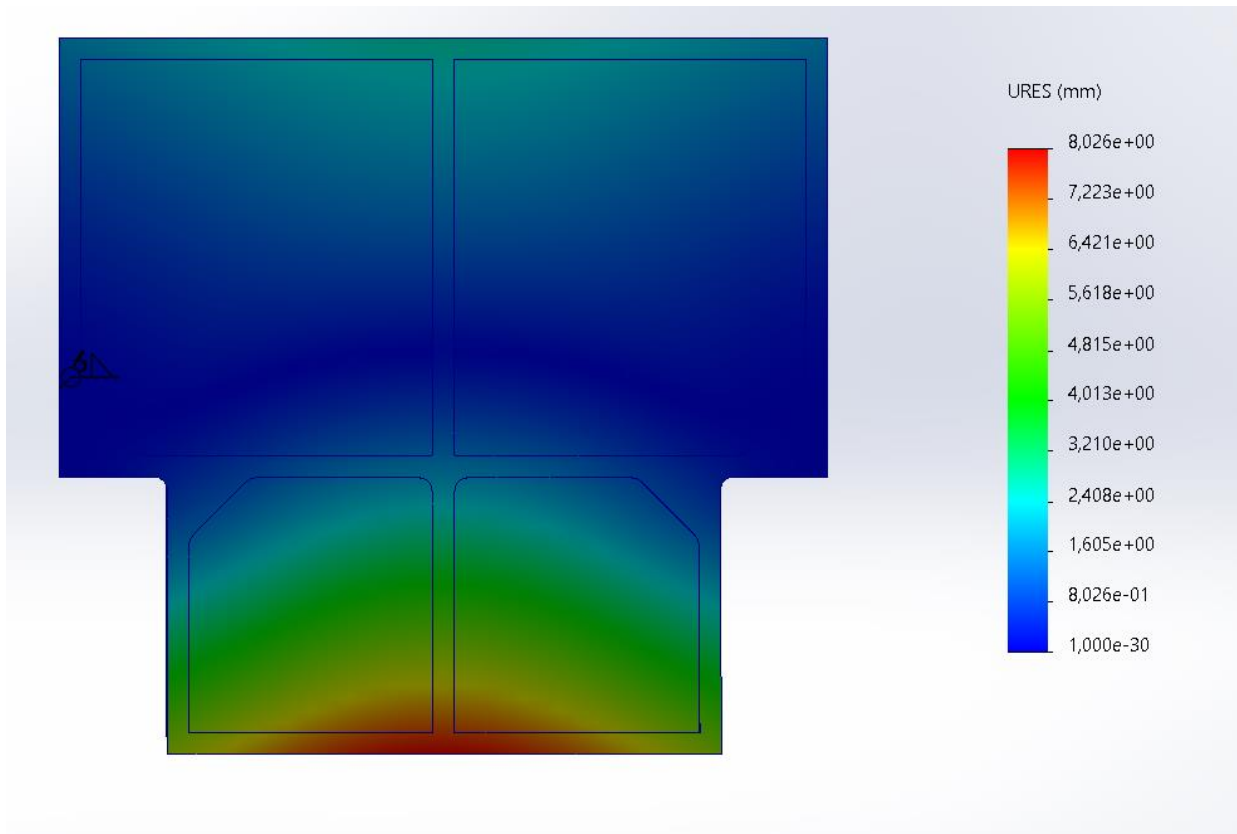


Figura 9-8: Desplazamientos calculados

Se encuentran deformaciones máximas de 8,02 mm en la zona donde se coloca la carga.

9.5 GUIAS

Las guías del equipo son una parte estructural central del equipo diseñado, resisten los momentos generados por el peso del usuario del equipo en voladizo. Debido a que la posición donde trabajan las ruedas varía en la medida que la plataforma asciende y desciende, se debe tomar la peor posición para verificar que resista los esfuerzos a los que serán sometidas.

Existen dos tipos de guías, las guías tipo C (Figura 9-10) y las guías tipo L (Figura 9-9)

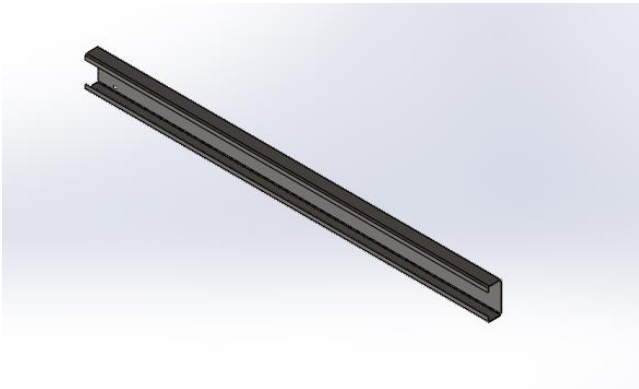


Figura 9-10 Guía tipo "C"

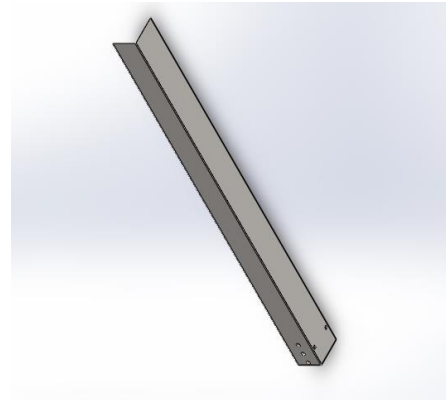


Figura 9-9 Guía tipo L

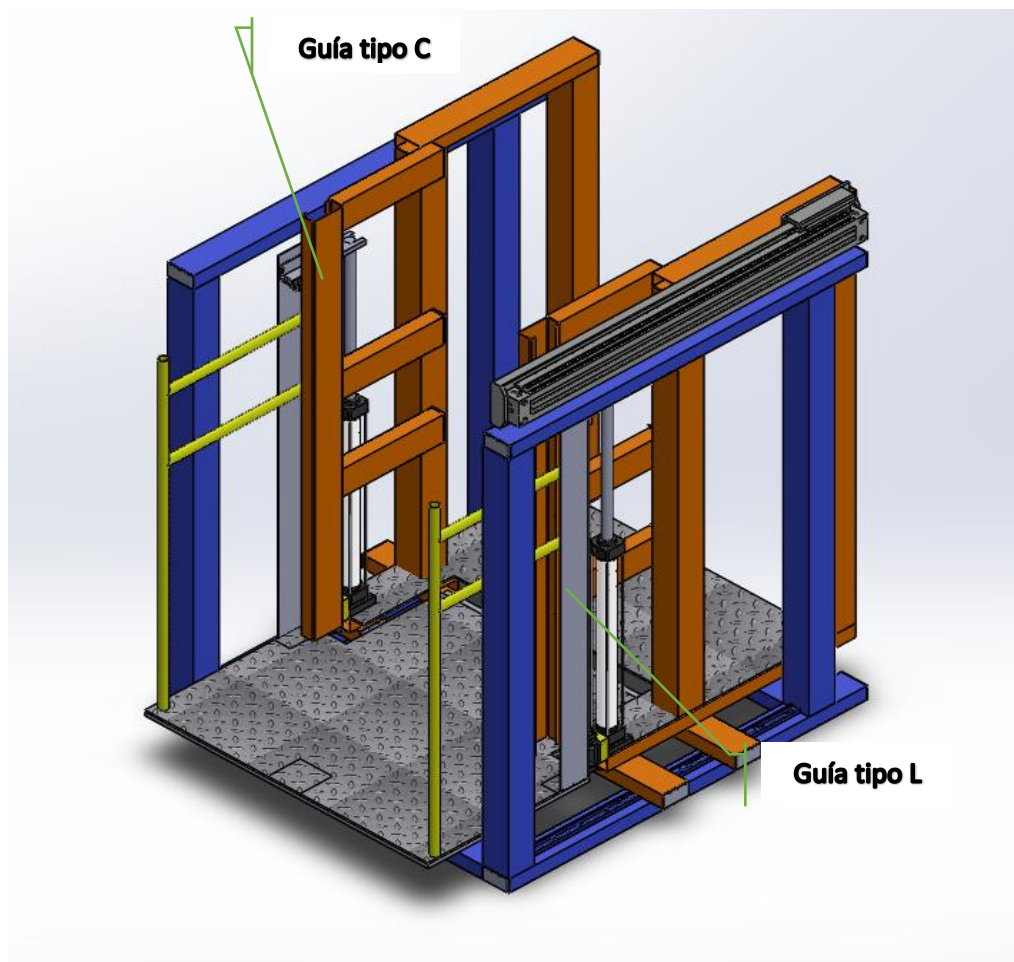


Figura 9-11 Posición de las guías "C" y "L" en el conjunto general

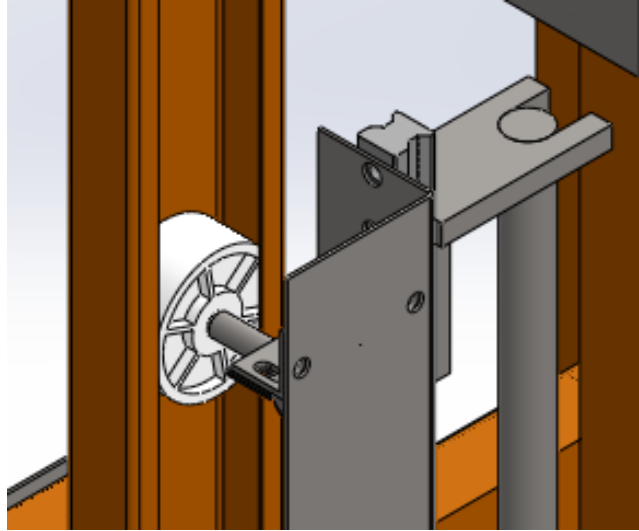


Figura 9-12 Fuerzas sobre las guías C

9.5.1 Cálculo de guías tipo C

Las guías tipo “C” trabajan sostenidas por 3 soportes (Figura 9-13Figura 9-12) y se vincula con la plataforma mediante las ruedas tal como se muestra en la Figura 9-12.

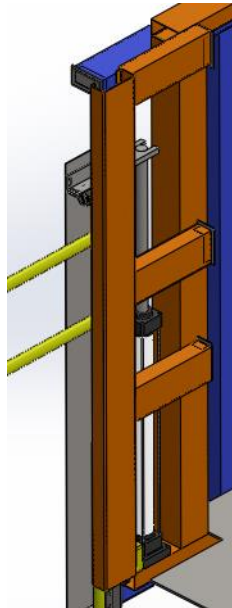


Figura 9-13: Vinculación de las guías C con la plataforma

Como se dijo anteriormente, el objetivo de estas guías es soportar el momento generado por el peso del usuario durante el ascenso y descenso, momento en que la carga se está ejerciendo a aproximadamente 600mm de la guía.

Las dimensiones de esta guía tipo C son las siguientes:

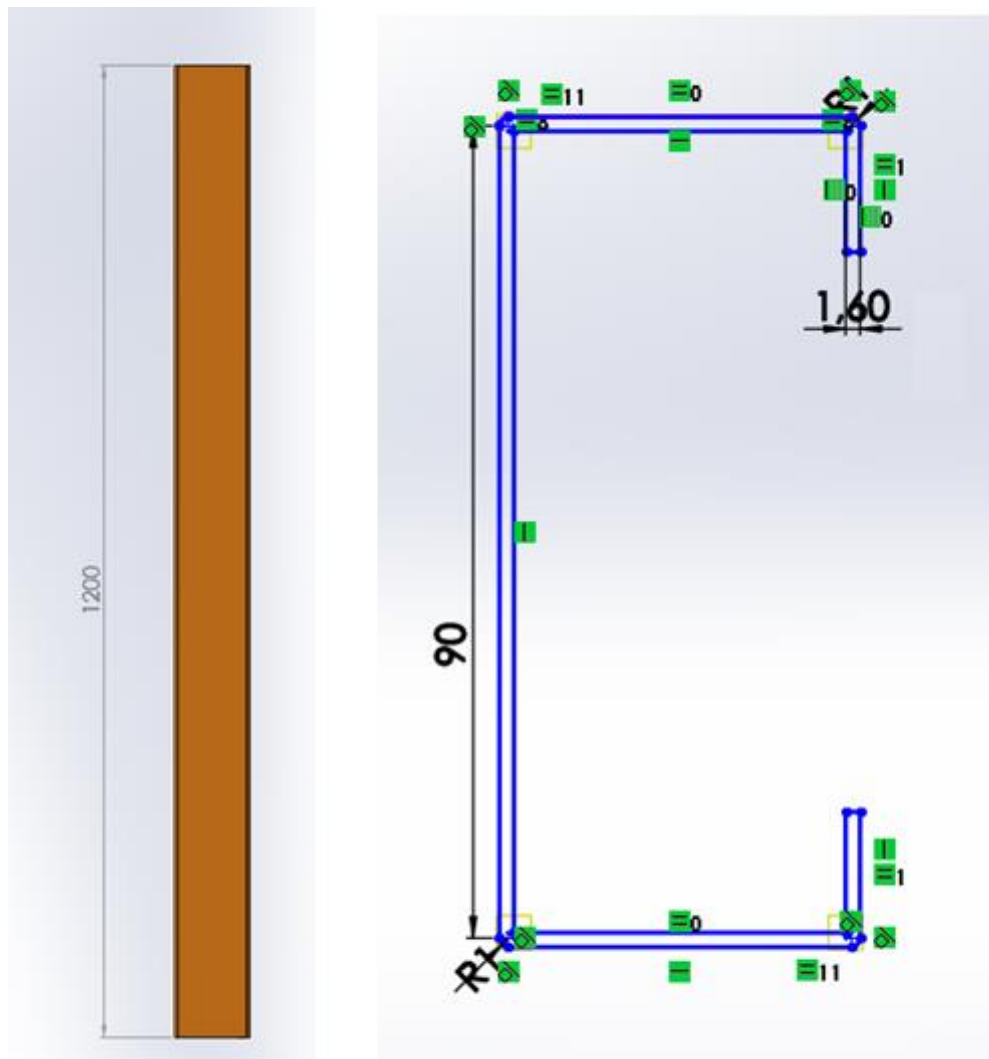


Figura 9-14: Dimensiones de la guía tipo "C"

Este momento es aplicado sobre la guía C mediante una fuerza normal al eje de la misma, que es realizado por las ruedas sujetas a las guías L. Como se puede observar en la Figura 9-15.

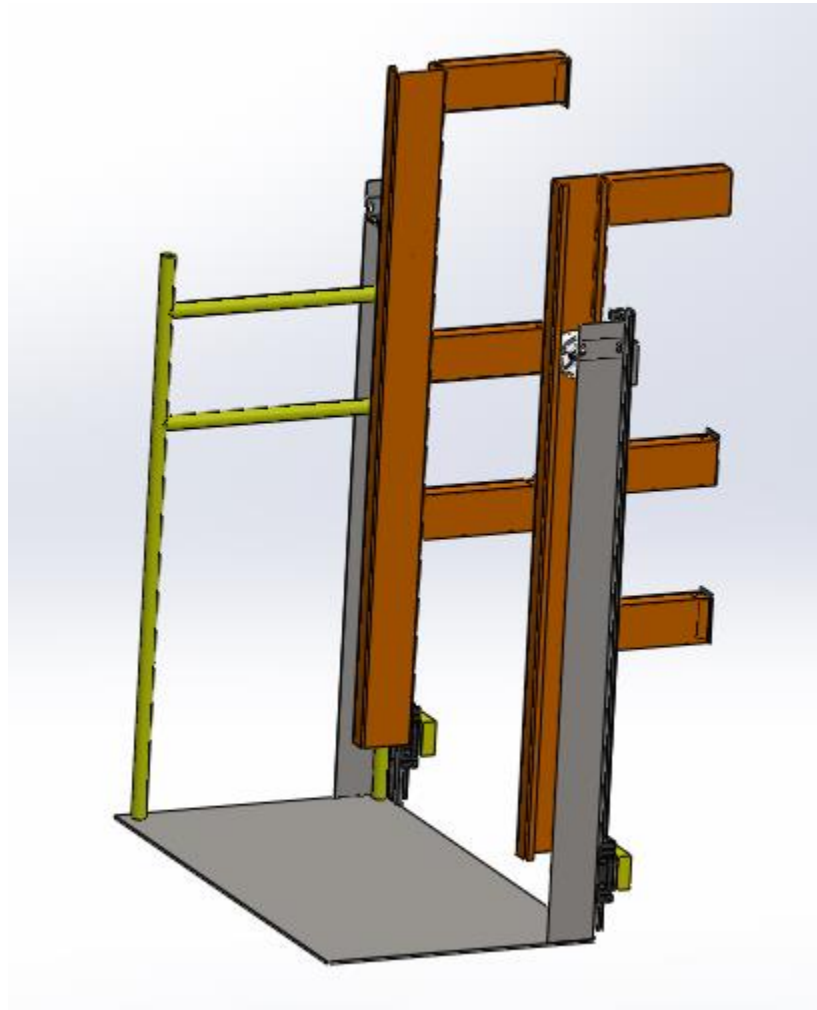


Figura 9-15 Esfuerzo actuante sobre las guías "C"

9.5.2 Cálculo de resistencia de los materiales

9.5.2.1 Tensión máxima calculada

Para calcular esto, nuevamente se utiliza el peso del usuario con un factor de seguridad de 5, es decir 3290N.

Igualando los momentos, se puede determinar que:

$$F_u \cdot d_x = F_m \cdot d_z$$

Entonces:

$$F_m = \frac{F_u \cdot d_x}{d_z} = \frac{3290N \cdot 0,6m}{1,1m} = 1794N$$

Nuevamente se calcula esta pieza suponiendo la peor situación: viga en voladizo con la carga en un extremo, como se indica en el diagrama de la Figura 9-16

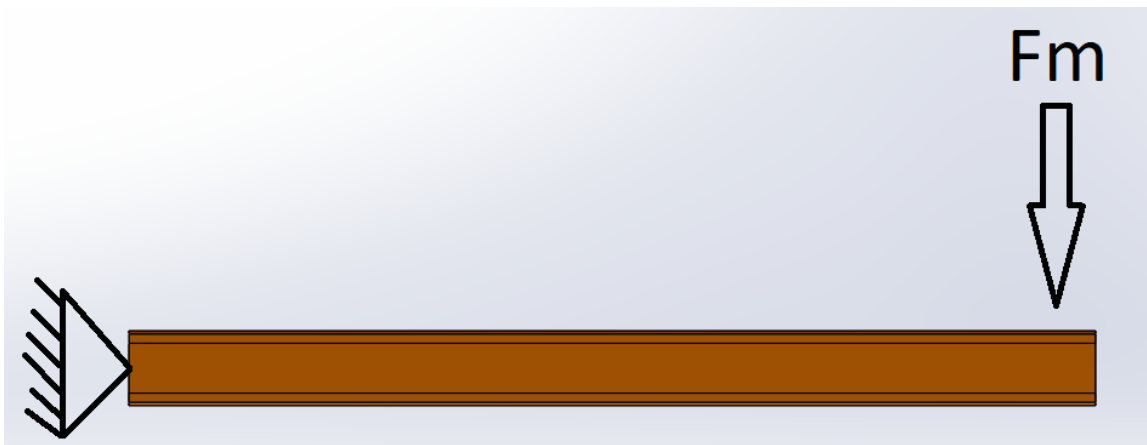


Figura 9-16: Diagrama de esfuerzos de las guías tipo C

Se calcula ahora la tensión máxima encontrada en el perfil, con la fórmula:

$$\sigma = \frac{M_y}{I}$$

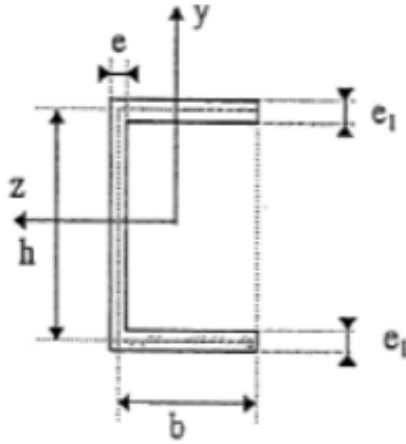
Conociendo que el límite de fluencia de un un acero SAE 1045 es $41,5 \text{ kg/mm}^2$ se procede a calcular el momento máximo encontrado y así determinar cual es la inercia mínima que debe tener el perfil.

$$M_z = F_m \cdot d_z \cdot d_{FN} = 1794N \cdot 0,55m \cdot 0,045m = 44,40 \text{ Nm}^2$$

Así, la inercia encontrada en el perfil debe ser:

$$I_z > \frac{44,40 \text{ Nm}^2}{41,5 \text{ kg/mm}^2} = 1,09 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

La inercia de un perfil de estas características se calcula de la siguiente manera:



$$I_z = \frac{1}{12} \cdot e(h + e_i)^3 + 2(b - \frac{e}{2}) \left[\frac{1}{12} e_i^3 + e_i \left(\frac{h}{2} \right)^2 \right]$$

Al tratarse de un perfil plegado, $e_i = e$, entonces reemplazando valores, proponiendo un espesor de 1,6mm, se calcula:

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot 1.6mm(86,8mm + 1,6mm)^3 + 2(38mm - \frac{1.6mm}{2}) \left[\frac{1}{12} (1,6mm)^3 + 1,6mm \left(\frac{86,8mm}{2} \right)^2 \right]$$

$$I_z = 224192mm^4 = 2,24192 \cdot 10^{-7}m^4$$

Se puede asegurar que el perfil resistirá el esfuerzo solicitado.

9.5.2.2 Deformación máxima calculada

Se vuelve a suponer la situación anterior y se utiliza la fórmula antes mencionada:

$$D = - \frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

Reemplazando valores, se obtiene:

$$D = - \frac{1794N \cdot (0,55m)^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11}PA \cdot 2,24192 \cdot 10^{-7}m^4} = 2,219mm$$

9.5.3 Cálculo por elementos finitos

Para realizar el cálculo por elementos finitos, se simula la situación anterior, con una carga en el extremo de 1794N y una sujeción tipo voladizo como se muestra en la Figura 9-17: Mallado, cargas y sujeciones del perfil tipo “C” Figura 9-17.

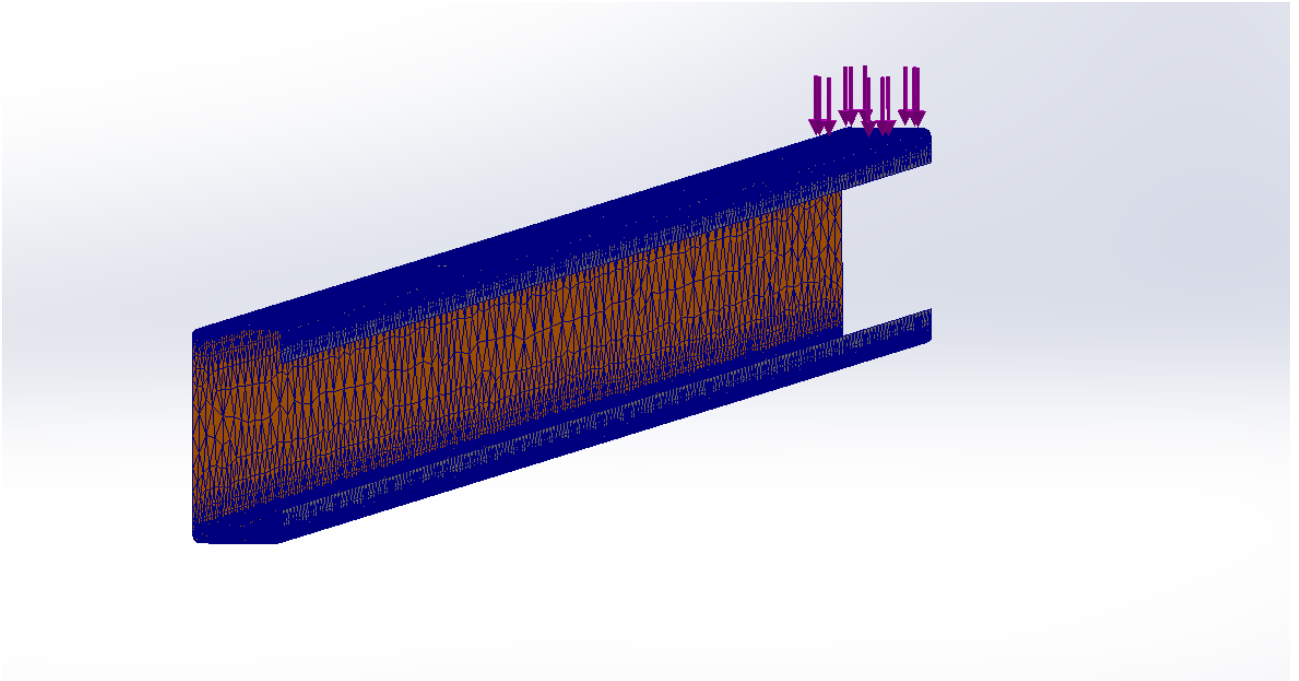


Figura 9-17: Mallado, cargas y sujeciones del perfil tipo “C”

9.5.3.1 Tensiones de Von Mises

Se muestran los resultados obtenidos en la Figura 9-18

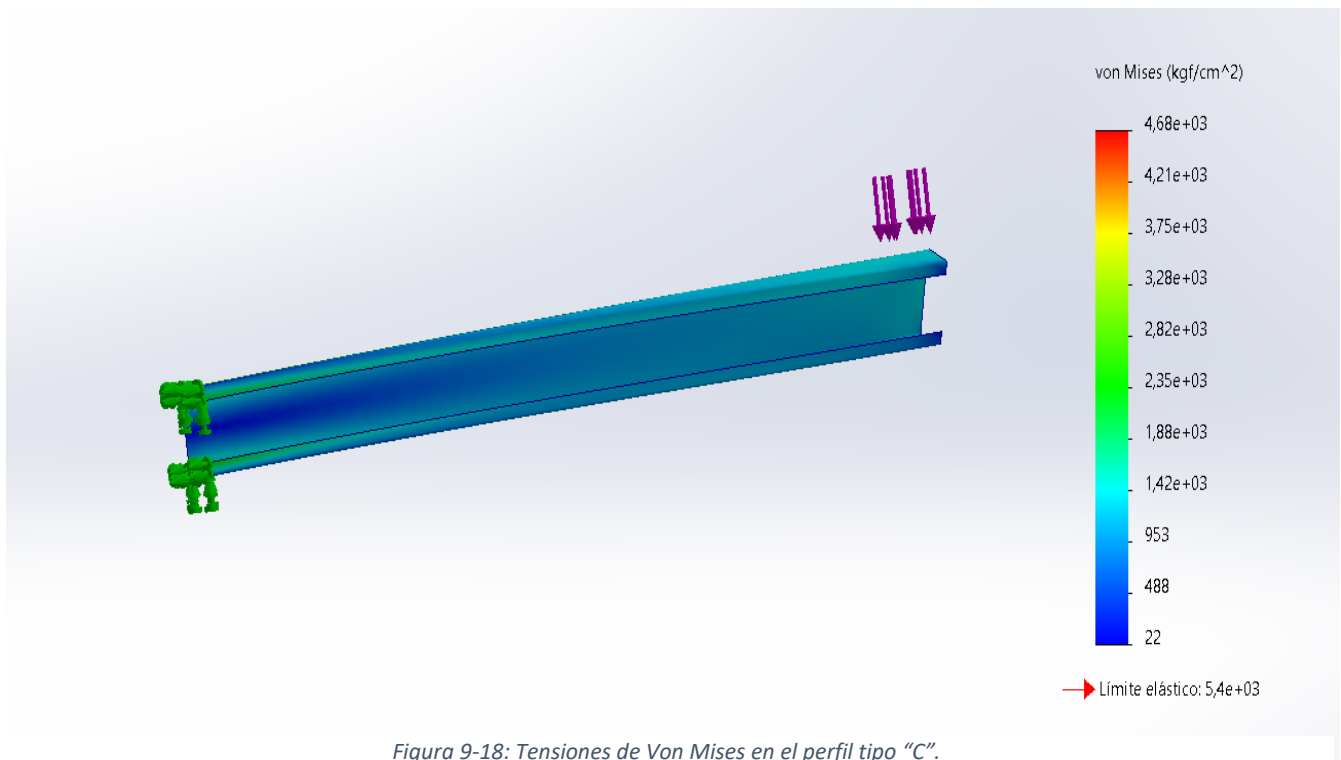


Figura 9-18: Tensiones de Von Mises en el perfil tipo "C".

Como puede observarse, las tensiones máximas halladas se encuentran por debajo del límite de fluencia del material, por lo que se puede asegurar que la pieza resistirá el trabajo solicitado.

9.5.3.2 Desplazamientos

Se evalúa mediante la misma herramienta cual es la máxima deformación hallada.

Como puede observarse en la Figura 9-19, el máximo desplazamiento calculado es de 3,21mm, similar a lo calculado anteriormente de manera analítica.

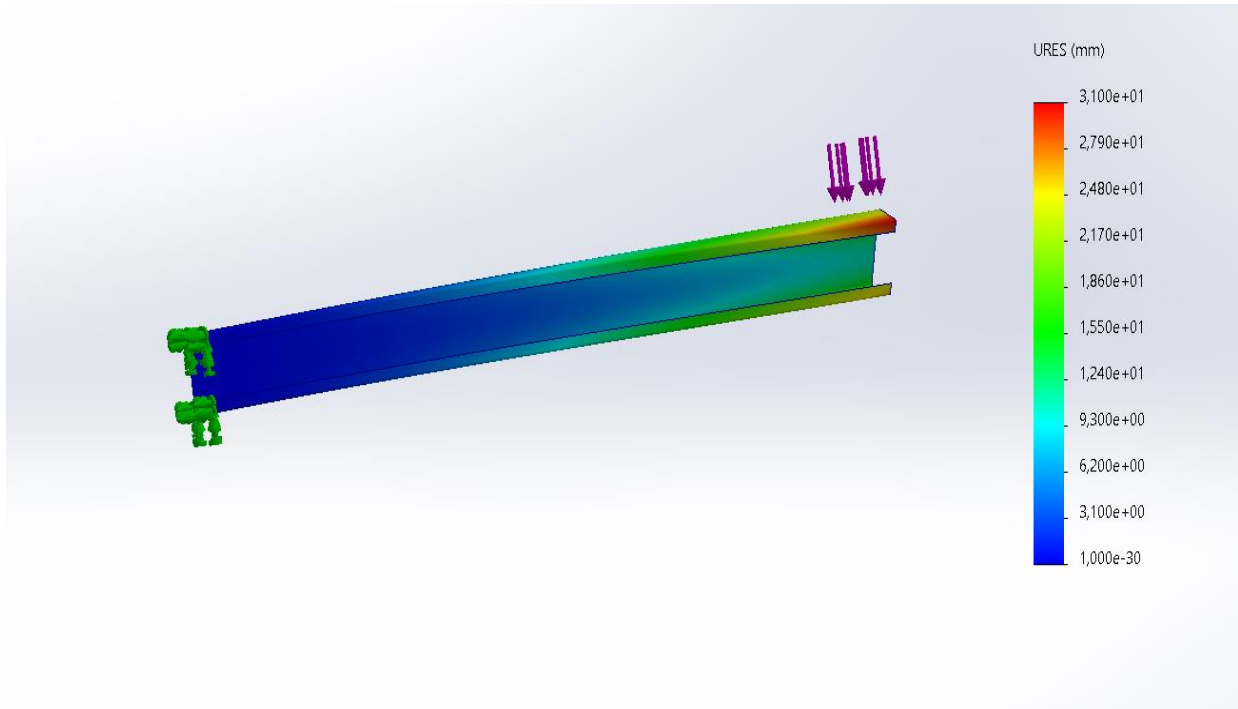


Figura 9-19: Deformaciones en el perfil tipo "C"

9.5.4 Cálculo de guías tipo "L"

En éste caso se estudiarán las fuerzas actuantes sobre las guías tipo "L" y las tensiones máximas calculadas.

Como se observa en la Figura 9-11, las guías tipo "L" trabajan vinculadas a la plataforma mediante una soldadura de filete y mediante 2 cartelas de refuerzo. Por otro lado, a uno de sus lados, se ubica un manguito porta rodamientos sobre el cual rota el eje que vincula al perfil en estudio por el tipo "C". En su parte trasera, tiene vinculado mediante soldadura una guía lineal que por un lado sirve de contención para que la pieza pueda desplazarse verticalmente, y por

otro lado, es sobre ella que los cilindros neumáticos realizan la fuerza para lograr el ascenso y descenso de la plataforma.

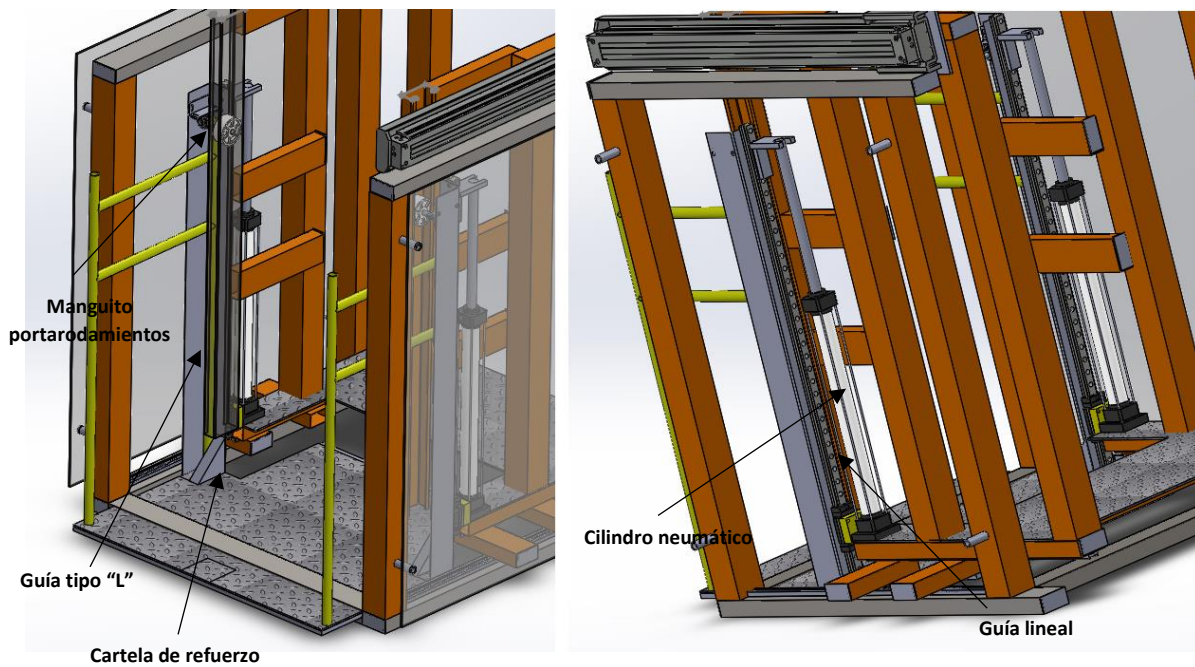


Figura 9-20: Posición de las guías tipo "L" en el conjunto

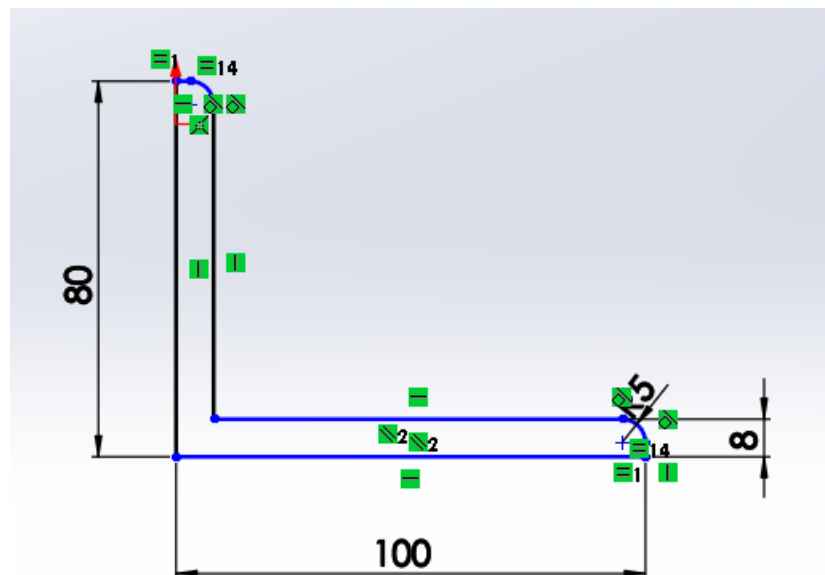


Figura 9-21: Corte transversal guía tipo "L"

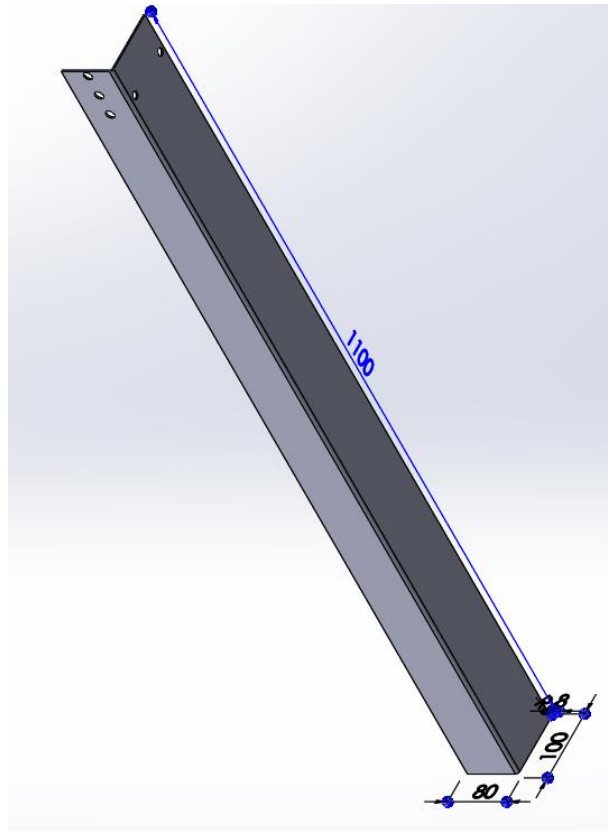


Figura 9-22: Dimensiones de la guía tipo "L"

9.5.5 Cálculo por resistencia de los materiales

9.5.5.1 Tensión máxima calculada

Teniendo en cuenta las dimensiones mostradas en la Figura 9-21 y en la Figura 9-22, se realiza un diagrama con los esfuerzos que permite hacer un cálculo de tensiones resultantes.

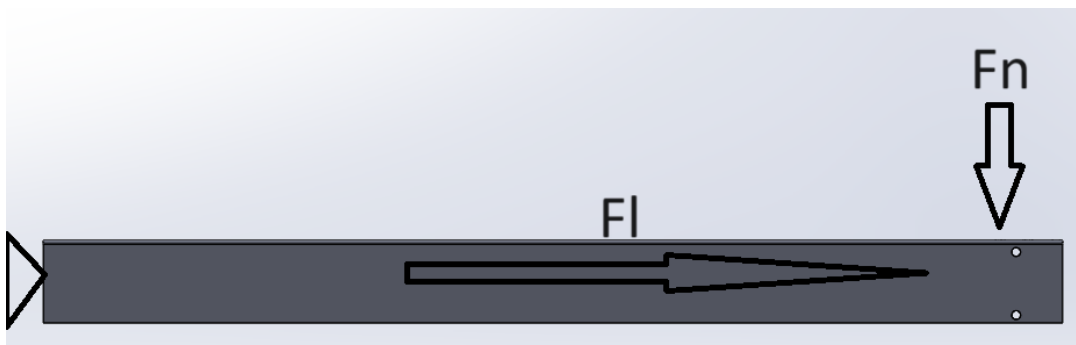


Figura 9-23: Diagrama de esfuerzos en la guía tipo "L"

Donde:

- F_l es la fuerza longitudinal que soporta la guía, que equivale a la mitad de la fuerza que soporta la plataforma, es decir $\frac{2615Nm}{2} = 1307,5N$
- F_n es la fuerza normal a la guía, y es la reacción al esfuerzo que realiza sobre la guía tipo C, es decir que tiene un valor de 1794N

Así, se debe resolver este cálculo utilizando un modelo de viga empotrada sometida a la flexión y a la tracción simultáneamente.

En este caso, las tensiones resultantes de ambos esfuerzos se calculan sumando las tensiones calculadas por separado, es decir:

$$\sigma_{total} = \sigma_{traccion} + \sigma_{flexión}$$

$$\sigma_{traccion} = \frac{F_l}{A} = \frac{1307N}{1376mm^2} = 0,095 \text{ kgf/mm}^2$$

Para calcular ahora la tensión por flexión, primero se debe calcular el momento de inercia de la guía L, para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$I_x = \frac{1}{12} b_1 \cdot h_1^3 + \frac{1}{12} h_2 \cdot b_2^3$$

Para este caso, se tiene que:

- $b_1 = 80mm$
- $h_1 = 8mm$
- $b_2 = 100mm$
- $h_2 = 8mm$

Así, reemplazando valores, se obtiene:

$$I_x = \frac{1}{12} 80mm \cdot (8mm)^3 + \frac{1}{12} 8mm \cdot (100mm)^3 = 670080mm^4 = 6,708 \cdot 10^{-7} m^4$$

Por otro lado, el momento máximo calculado será:

$$M_z = F_n \cdot d_z \cdot d_{EN} = 1794N \cdot 1,1m \cdot 0,05m = 98,67 Nm^2$$

Entonces la tensión por flexión resulta:

$$\sigma_{flexión} = \frac{M}{I} = \frac{98,67 Nm^2}{6,708 \cdot 10^{-7} m^4} = 14,99 kg/mm^2$$

Así, la tensión total es:

$$\sigma_{total} = \sigma_{tracción} + \sigma_{flexión} = 0,095 kgf/mm^2 + 14,99 kg/mm^2 = 15,085 kg/mm^2$$

Lo que resulta por debajo de la resistencia a la fluencia del SAE 1045: $41,5 kg/mm^2$.

9.5.5.2 Deformación máxima calculada

La máxima deformación en este caso debe calcularse en 2 sentidos, por un lado el estiramiento debido al esfuerzo de tracción y por el otro, la flecha debido a la flexión.

$$\delta_{long} = \frac{P \cdot L}{A \cdot E} = \frac{1307N \cdot 1,1m}{1,376 \cdot 10^{-3} m^2 \cdot 2 \cdot 10^{11} PA} = 0,005 mm$$

$$\delta_{trans} = -\frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{1307N \cdot 1,1 m^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11} PA \cdot 6,708 \cdot 10^{-7} m^4} = 4,32mm$$

9.5.6 Cálculo por elementos finitos

El primer paso será modelizar el sistema en la peor situación en la cual puede estar aplicado como se hizo anteriormente y se muestra en la Figura 9-24. Se coloca una sujeción fija en el apoyo de la guía y cartela sobre la plataforma. Por otro lado se coloca una carga de 1307N sobre el apoyo que tiene la guía lineal vertical y que será donde se aplique también el esfuerzo del cilindro neumático vertical. Por otro lado, se aplica una carga perpendicular a ésta última que será de 1794N.

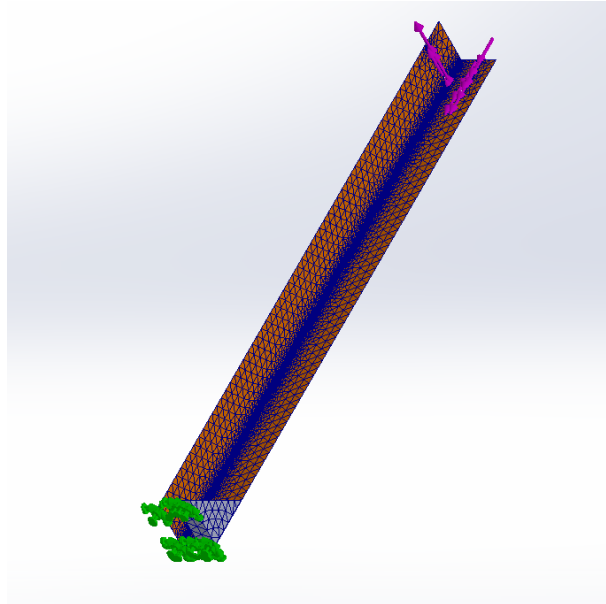
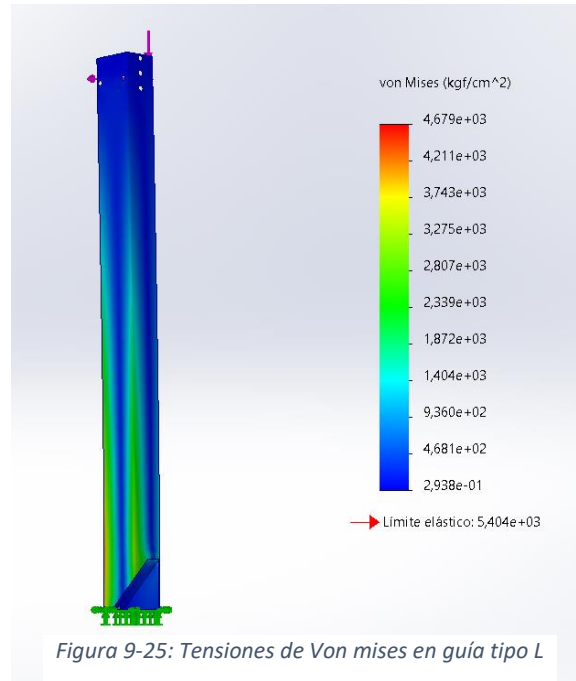


Figura 9-24: Mallado, esfuerzos y restricciones en guía tipo L

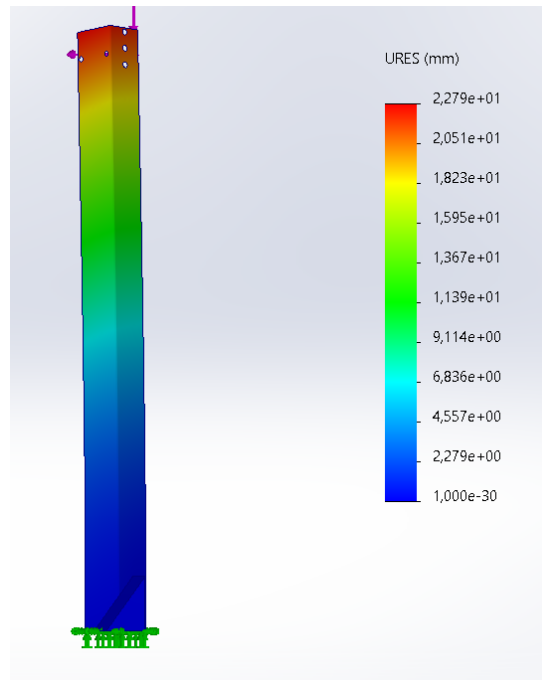
9.5.6.1 Tensiones de Von Mises

Como se observa en la Figura 9-25Figura 9-26, las tensiones máximas encontradas se encuentran por debajo del límite de fluencia del material, por lo que se puede asegurar que este diseño verifica las condiciones a las que será sometido.



9.5.6.2 Desplazamientos

Utilizando los mismos parámetros de simulación, se verifica cual es la máxima deformación que sufrirá la pieza.



9.6 EJE DE RUEDA

Como se observa en la Figura 9-27, el eje de la rueda tendrá contacto con un rodamiento rígido de bolas, que lo restringirá en los movimientos axiales y un anillo seeger.

Para poder estudiar y modelizar esta pieza se deben tener en cuenta esfuerzos que ya han sido calculados a lo largo de este proyecto:

- Una fuerza normal al eje, que será la mitad de la que imprime la guía "L" sobre la guía "C", equivalente a 897N.
- Una fuerza axial, que si bien no está contemplada dentro del funcionamiento del mecanismo, es importante evaluar que la pieza soporte su presencia, por lo que a modo de verificarla, se la estimará también en 850N.

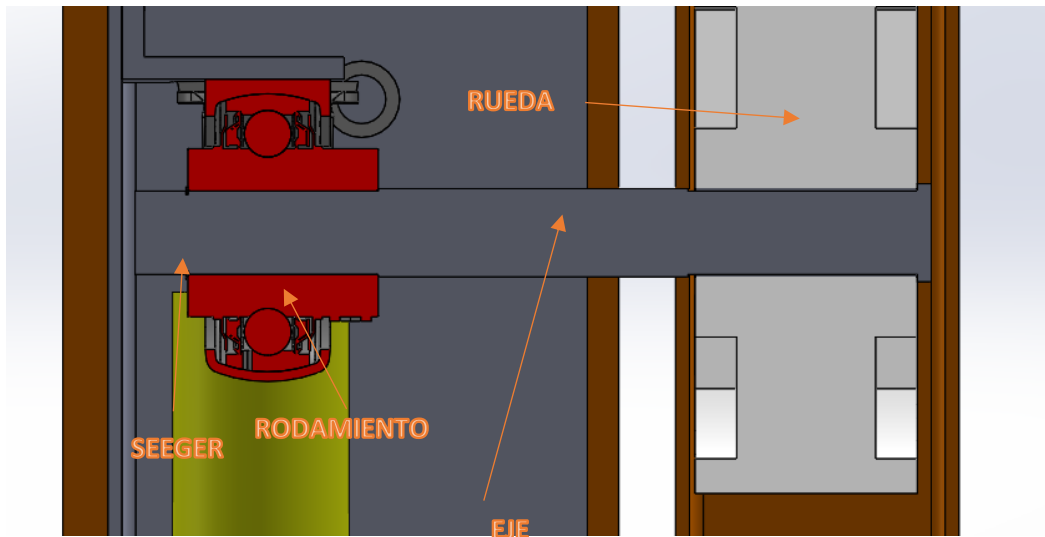


Figura 9-27: Posición del eje de rueda en el conjunto

Ambas fuerzas son representadas en la Figura 9-28 .

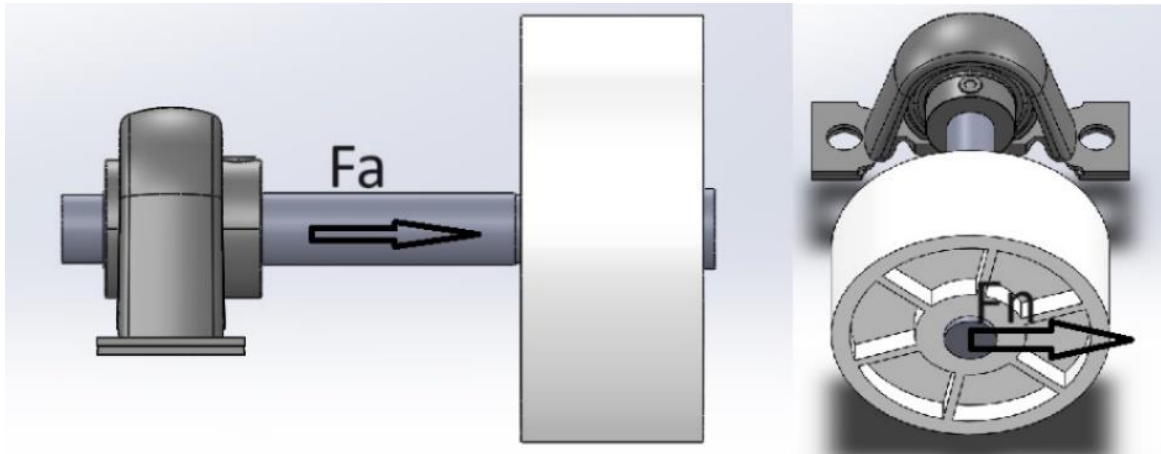


Figura 9-28: Esfuerzos sobre el eje de la rueda

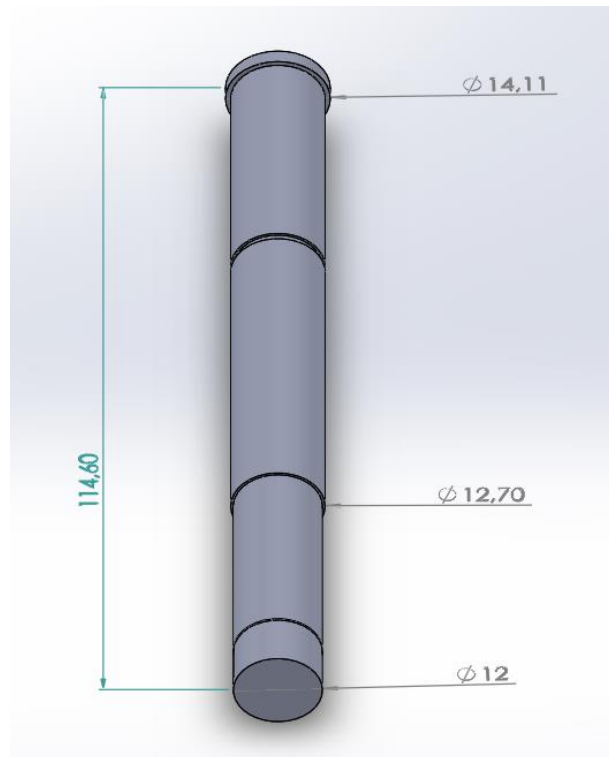


Figura 9-29: Dimensiones del eje

9.6.1 Cálculo por resistencia de los materiales

Repitiendo el proceso realizado anteriormente, se considera a la pieza sometida al peor esfuerzo posible y se realiza un diagrama con los esfuerzos en dicha situación.

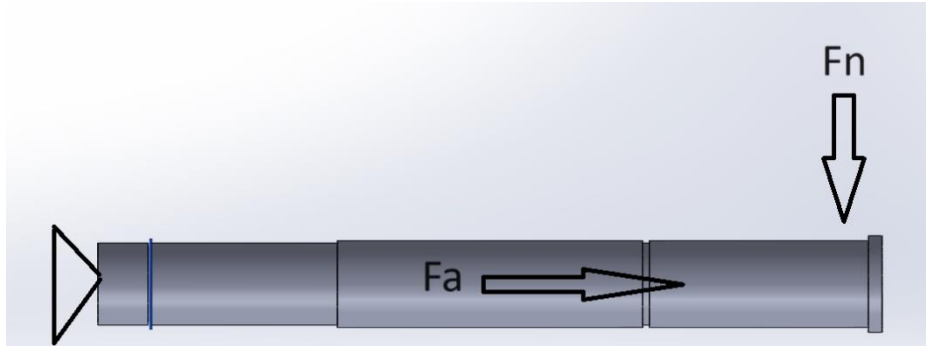


Figura 9-30: Diagrama de los esfuerzos del eje de la rueda

9.6.1.1 Máxima tensión calculada

Tal como se hizo en el apartado de Cálculo de guías tipo “L”, esta pieza debe estudiarse mediante un modelo de esfuerzos combinados a la tracción y a la flexión, por lo que utilizaremos las mismas fórmulas. Para este caso, el diámetro que se usará para los cálculos será 12mm, ya que es el menor que tiene el eje.

$$\sigma_{total} = \sigma_{traccion} + \sigma_{flexión}$$

$$\sigma_{traccion} = \frac{F_l}{A} = \frac{850N}{113mm^2} = 7,52 \text{ kgf/mm}^2$$

Para calcular la tensión debido a la flexión, primero se debe calcular la inercia que tiene el eje.

Para un área circular, el momento de inercia se calcula mediante la formula:

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot r^4$$

Entonces, la inercia del área del eje será:

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot (6mm)^4 = 1017mm^4 = 1,017 \cdot 10^{-9}m^4$$

El momento máximo encontrado estará dado por:

$$m_f = 897N \cdot 0,1146mm \cdot 0,06m = 6,16Nm^2$$

Entonces, la tensión por flexión será:

$$\sigma_{flexión} = \frac{m_f}{I} = \frac{12,32 Nm^2}{1,017 \cdot 10^{-9} m^4} = 61,76 \text{ kgf/mm}^2$$

Así, la tensión total calculada será:

$$\sigma_{total} = \sigma_{traccion} + \sigma_{flexión} = 7,52 \text{ kgf/mm}^2 + 61,76 \text{ kgf/mm}^2 = 69,28 \text{ kgf/mm}^2$$

Un redondo de acero 4140, con un proceso de temple en aceite, tendrá un límite de fluencia de $100,7 \text{ kgf/mm}^2$. Por lo que podrá ser utilizado para esta pieza.

9.6.2 Cálculo por elementos finitos

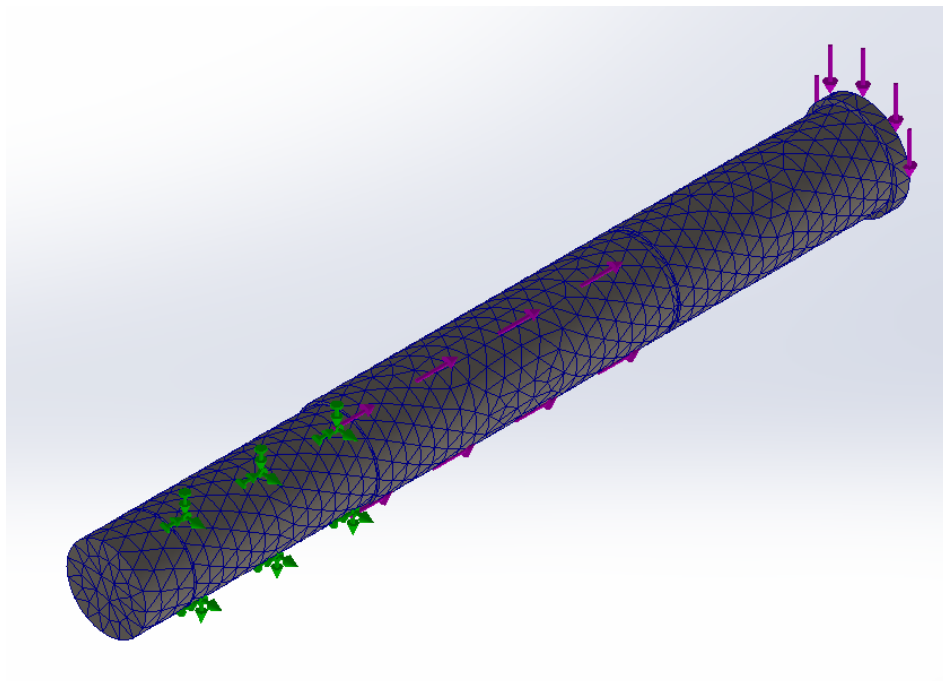


Figura 9-31: Mallado, sujeciones y esfuerzos en los ejes de las ruedas

9.6.2.1 Tensiones de von Mises

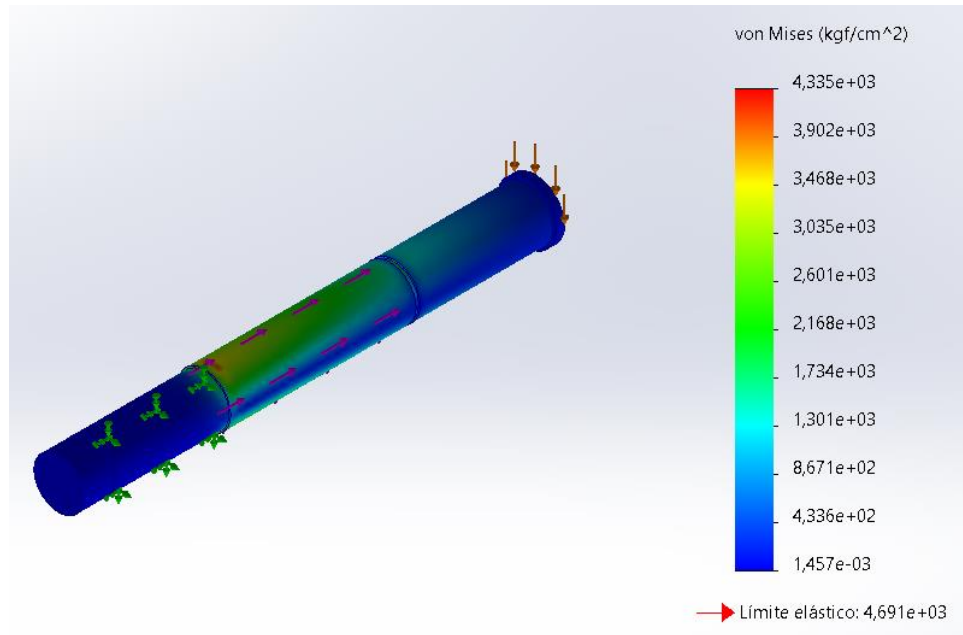


Figura 9-32: Tensiones de VonMises sobre los ejes de las ruedas

9.6.2.2 Desplazamientos

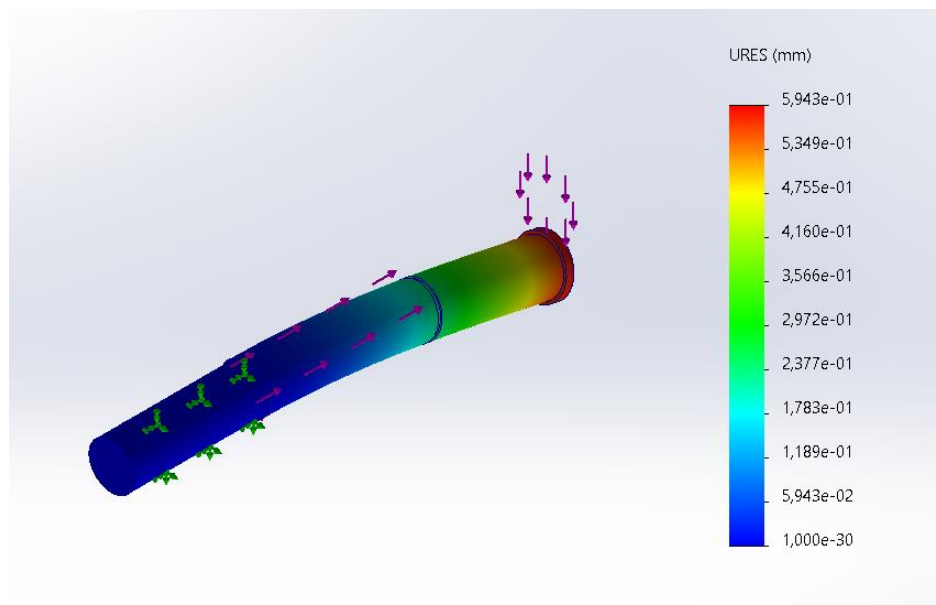


Figura 9-33: Desplazamientos hayados en los ejes de las ruedas

10 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES COMERCIALES

10.1 OBJETIVO

A lo largo de éste capítulo, se utilizará información provista y/o calculada en los capítulos *Estudio dinámico del mecanismo* y *Cálculo y dimensionamiento de las piezas* para dimensionar y encontrar los mejores componentes de origen comercial que serán incluidos en este proyecto.

10.2 ALCANCE

Los materiales y componentes seleccionados en éste capítulo asegurarán un correcto funcionamiento del mecanismo objetivo, su elección se limita a propiedades mecánicas, funcionalidad y resistencia, no se tendrá en cuenta factores como disponibilidad geográfica o rentabilidad económica.

10.3 RUEDAS

Tal como se estudió previamente en la sección 9.6-Eje de rueda, y se puede observar en la Figura 9-30, la rueda transmitirá el momento generado por el pasajero. La fuerza calculada en dicho capítulo es de 92kgf. Como se puede observar en la Figura 9-1Figura 11-1, se selecciona del catálogo del fabricante un elemento que cumpla con dichos requerimientos.


RuedasHofer


NYLON TÉRMICO - ALTA TEMPERATURA

Monobloque de nylon reforzado con fibra de vidrio. Eje liso. Apto para temperaturas de hasta 250°C discontinuos.


RUEDAS SIN SOPORTES

Diámetro	Ancho	Diámetro interior	Carga Kgs.	Eje	Cod.
75	32	1/2"	100	Liso	4278
100	35	1/2"	125	Liso	4187
100	40	1/2"	150	Liso	4270
150	50	3/4"	250	Liso	4273

4187



4273



Figura 10-1: Elección de rueda en catálogo

10.4 GUÍAS LINEALES

El mecanismo cuenta con dos guías lineales, una es para acompañar el movimiento vertical que hace la plataforma del usuario respecto a la estructura del subconjunto móvil. Donde la carga estará dada por el momento generado ya calculado anteriormente y no tendrá grandes esfuerzos normales a la misma.

Por otro lado, otra guía lineal, debe acompañar el desplazamiento horizontal de toda la estructura del subconjunto móvil respecto a la estructura de fijación. Donde tendrá que soportar de manera directa tanto el peso del usuario y el resto de la plataforma, como así también el momento generado por éstos.

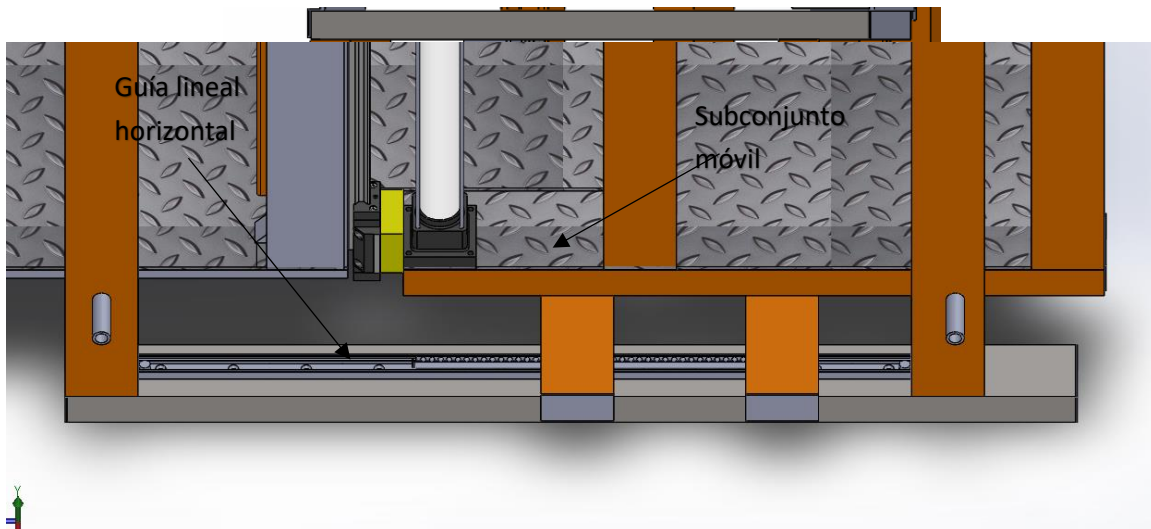


Figura 10-3: Posición de las guías horizontales en el conjunto

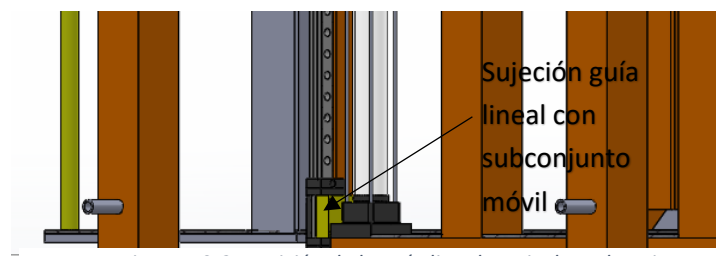


Figura 10-2: Posición de la guía lineal vertical en el conjunto

Las guías serán seleccionadas del catálogo de guías *Easyslide* de la empresa *Rollon*. Para comenzar la selección se debe definir correctamente los esfuerzos que debe soportar cada una de ellas.

10.4.1 Selección de guías lineales verticales

Como se mencionó anteriormente, las guías verticales deben soportar principalmente los esfuerzos generados por el momento que aplica el usuario al subirse a la plataforma, sumado al peso que ésta tiene sin carga.

Entonces se tiene que:

- $m_{usuario} = 80kg$
- $m_{plataforma} = 15kg$

Y por otro lado, la distribución de fuerzas y momentos se puede esquematizar la siguiente manera:

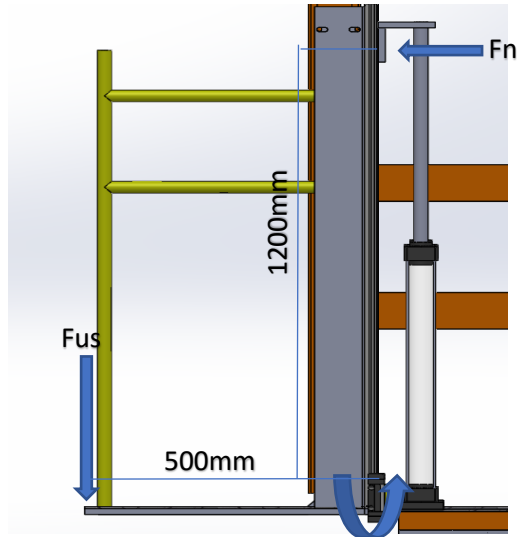


Figura 10-4: Esfuerzos y momentos en plataforma

Así, se pueden igualar esfuerzos de la siguiente manera:

$$F_{us} \cdot 0,5m = F_n \cdot 1,2m$$

Entonces:

$$F_n = \frac{95kgf \cdot 0.5m}{1,2m} = 39,5kgf = 387N$$

Una vez que se tiene el esfuerzo que debe soportar la guía, se procede utilizando el catálogo para encontrar la que mejor se adapte a las necesidades.

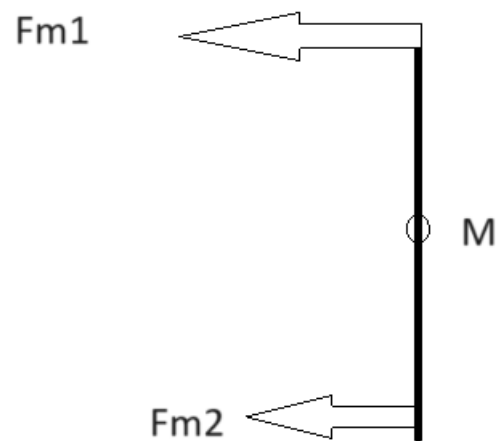
En primer lugar, se elije una guía tipo SNK debido a que se debe colocar en posición vertical, como lo indica el catálogo:

Observaciones:

- Las guías SN sólo puede montarse horizontalmente, las guías SNK de altas prestaciones pueden montarse tanto vertical como horizontalmente.
- Se aconseja el uso de topes externos
- Para todas las guías lineales pueden usarse tornillos de fijación de resistencia 10.9

Ahora, observando la tabla de dimensiones y capacidad de carga, se selecciona el modelo SNK con una longitud S de 110mm:

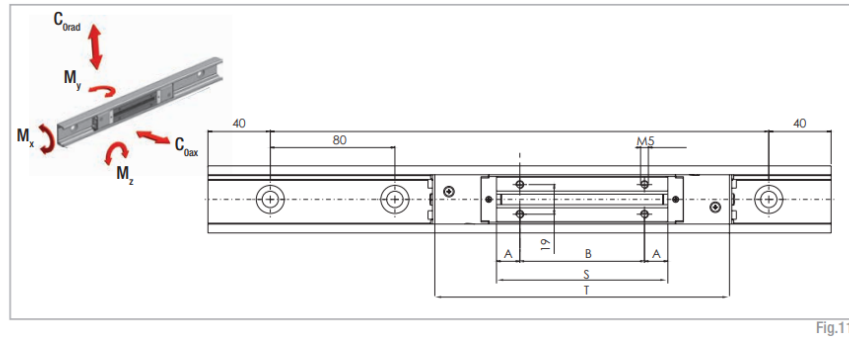
El momento generado sobre el cursor de 110mm se calcula de la siguiente manera:



$$M = (Fm_1 - Fm_2) \cdot \frac{S}{2} = 19Nm$$

Por lo que se puede asegurar el cursor soportará el momento al que será sometido.

> SNK



Tipo	Tamaño	Cursor									
		Capacidades de carga y momentos									
		Longitud S [mm]	Longitud T [mm]	A [mm]	B [mm]	Nº of holes	C _{grad} [N]	C _{ox} [N]	M _x [Nm]	M _y [Nm]	M _z [Nm]
SNK	43	110	198	15	80	4	7842	5489	75	95	136
		150	238	15	60	6	10858	7600	105	182	261

Tab. 12

10.4.2 Selección de guías horizontales

De igual manera ahora se buscará una guía que pueda ser utilizada en posición horizontal y resista los esfuerzos.

En primer lugar, se debe tener en cuenta la carga normal a la que estará sometida, en este caso, como se puede observar en la Figura 11-3, el peso que soportará será el del usuario y el de todo el subconjunto móvil. Cuyos valores son los siguientes:

- $m_{\text{usuario}} = 80kg$
- $m_{\text{plataforma}} = 15kg$
- $m_{\text{smovil}} = 22kg$
- $m_{\text{total}} = 117kg$

Para este caso, se utiliza un tipo de guía SN ya que permite el trabajo en posición horizontal, por lo que se busca una que soporte la carga calculada mas arriba.

Tipo	Tamaño	Cursor								
						Capacidades de carga y momentos				
		Longitud S [mm]	a [mm]	b [mm]	Nº de agujeros	C _{Grad} [N]	C _{Max} [N]	M _x [Nm]	M _y [Nm]	M _z [Nm]
SN	28	60	10	20	3	3480	2436	17.1	24	35
		80			4	4640	3248	22.7	43	62
		130			2	7540	5278	36.9	114	163
		210			3	12180	8526	59.7	298	426
		290	25	80	4	16820	11774	82.4	569	813
		370			5	21460	15022	105.1	926	1323
		450			6	26100	18270	127.9	1370	1958

Tab. 3

La guía con cursor de 60mm (marcado en rojo) tiene una capacidad de carga de 2436N, por lo que se puede asegurar que soportará las cargas calculadas.

De estas cargas, la masa del subconjunto móvil no debe ser tomada en cuenta para calcular el momento que al que será sometido el cursor de la guía, por lo que la fuerza que ejerce momento será:

$$F_m = 95kgf = 931N$$

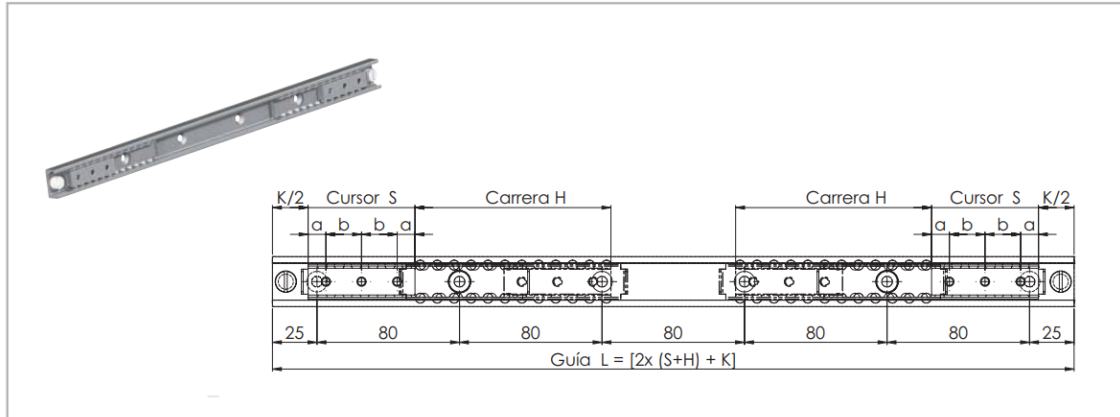
Restando los momentos generados en cada uno de los extremos, se puede obtener cual es el torque al que está sometido cada cursor en función de su longitud

$$M = (m_1 - m_2) = 931N \cdot 0,5m - 931N \cdot (0,5m + 0,06m) = 55,86N$$

Como puede observarse, la guía seleccionada no soportará el momento, por lo que se elige otra (marcada en verde) que si lo hace y su capacidad de carga es aún mayor.

3 Dimensiones y capacidad de carga

Versión 2 con cursores múltiples independientes



* Para los sistemas de las versiones 2 en el tamaño 63 con dos cursores independientes, la dimensión K cambia de 80 mm a 110 mm y para cada cursor adicional aumentar otros 30 mm. Fig. 8

10.5 ELEMENTOS NEUMÁTICOS

10.5.1 Cilindros neumáticos

Los cilindros neumáticos son los componentes del mecanismo que ejercerán la fuerza sobre sus partes para generar los movimientos de ascenso y descenso, así como también la entrada y salida de la plataforma.

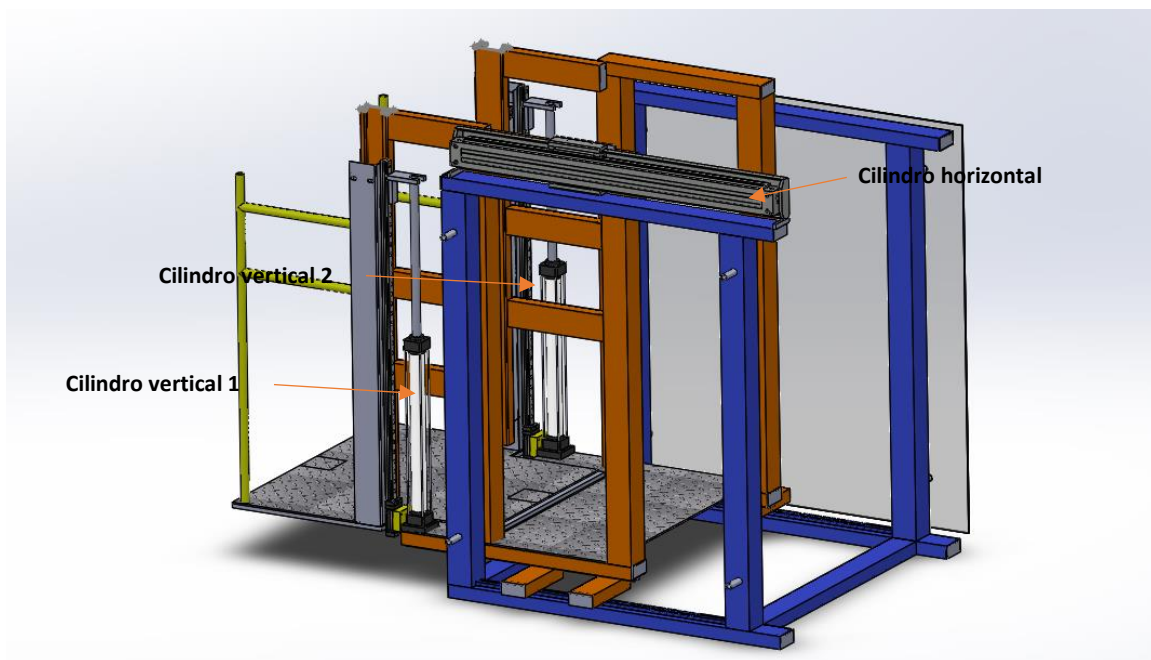


Figura 10-5: Posición de los actuadores lineales en el conjunto general

10.5.1.1 Selección de actuadores verticales

Para la selección de estos cilindros se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- La carga a elevar, ya calculada en el capítulo 10.4- **Guías lineales**, es de 117 kg.
- La presión disponible en el sistema neumático es de 6 bar.
- La aceleración máxima será de 1 m/s^2 .
- La carrera total del cilindro será de 500mm

Entonces, el primer paso será calcular la fuerza que se debe ejercer sobre el embolo, y se hace de la siguiente manera:

$$F = m \cdot a = 117 \text{ kg} \cdot (9,8 \text{ m/s}^2 + 1 \text{ m/s}^2) = 1263,6 \text{ N}$$

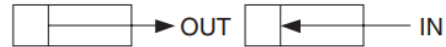
Ahora se calcula el área efectiva que debe tener el pistón neumático:

$$\frac{F}{A} = P \rightarrow A = \frac{F}{P} = \frac{1263,6 \text{ N}}{0,6 \text{ N/mm}^2} = 2106 \text{ mm}^2$$

Esta área resultará de restarle el área del émbolo al área interior del cilindro.

Fuerza teórica

(Unidad: N)



Diámetro [mm]	Diám. vástago [mm]	Dirección funcionamiento	Área émbolo (mm ²)	Presión de trabajo [MPa]								
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
32	12	OUT	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804
		IN	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691
40	16	OUT	1257	251	377	503	629	754	880	1006	1131	1257
		IN	1056	211	317	422	528	634	739	845	950	1056
50	20	OUT	1963	393	589	785	982	1178	1374	1570	1767	1963
		IN	1649	330	495	660	825	989	1154	1319	1484	1649
63	20	OUT	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	3117
		IN	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803
80	25	OUT	5027	1005	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4524	5027
		IN	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536
100	30	OUT	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7069	7854
		IN	7147	1429	2144	2859	3574	4288	5003	5718	6432	7147
125	32	OUT	12272	2454	3682	4909	6136	7363	8590	9818	11045	12272
		IN	11468	2294	3440	4588	5734	6881	8028	9174	10321	11468

Nota) Fuerza teórica [N] = Presión [MPa] x Área del émbolo [mm²]

Del catálogo del fabricante de actuadores lineales SMC, se obtiene que el diámetro debe ser de 63mm. Por lo que a partir de este dato se selecciona las dimensiones que debe tener el cilindro.



Diámetro: 63mm

Carrera: 50mm

Fuerza máxima: 1682N

10.5.1.2 Selección de actuador horizontal

Para seleccionar éste cilindro, se debe tener en cuenta primer cual va a ser la fuerza que debe ejercer.

En el catálogo de guías lineales se puede leer la siguiente aclaración:

> Coeficiente de rozamiento

Con una lubricación y montaje correctos en superficies rígidas , niveladas y, en caso de pares de guías paralelas, el coeficiente de rozamiento es menor o igual a 0.01. Este valor puede cambiar según la situación de montaje (ver pág. ES-19, Instrucciones de uso). Para la serie SNK el coeficiente de rozamiento es igual o inferior a 0,06

Entonces, la fuerza que deberá realizar el actuador horizontal se calcula de la siguiente manera:

$$F_{horizontal} = F_{normal} \cdot 0,06 = 1146,6N \cdot 0,06 = 68,76N = 7kg$$

Fuerza teórica

Unidad: N

Diámetro [mm]	Área del émbolo [mm ²]	Presión de trabajo [MPa]						
		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
25	490	98	147	196	245	294	343	392
32	804	161	241	322	402	483	563	643
40	1256	251	377	502	628	754	879	1005

Nota) Esfuerzo teórico [N] = Presión [MPa] x Área del émbolo [mm²]

De aquí se obtiene que un cilindro de 25mm de diámetro es suficiente para realizar los movimientos horizontales.

Diámetro: 25mm

Carrera: 600mm

Fuerza máxima: 294N



10.5.1.3 Selección de actuador de giro

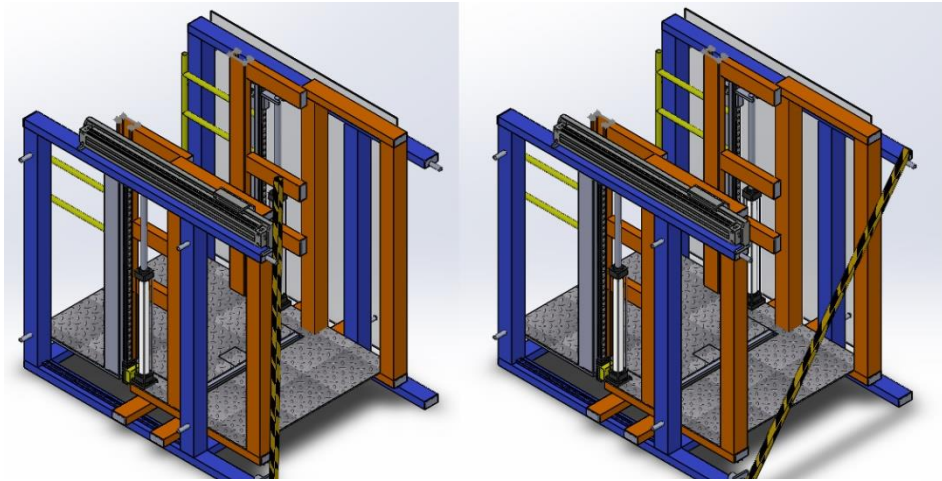


Figura 10-6: Movimiento de la baranda de protección

Como puede observarse en la Figura 11-6: Movimiento de la baranda de protección la baranda de protección evita que un pasajero del colectivo pueda resultar herido durante los movimientos que realiza la plataforma. Es por ello que realiza un movimiento angular para habilitar o deshabilitar el paso de los usuarios.

Para dicho movimiento se utiliza un actuador de giro. Los esfuerzos no son significativos por lo que no es necesario calcularlos, si debe tenerse en cuenta que el actuador debe permitir giros de 90 grados.



El actuador seleccionado es un actuador de giro de paleta – CRB2-Z de la marca SMC.

10.5.1.4 Selección de regulador de caudal

Para controlar la velocidad de los actuadores neumáticos se utilizan reguladores de caudal.

La velocidad de desplazamiento de la plataforma es de 15cm/s, por lo que a partir de este dato se debe calcular cuál será el caudal de aire necesario.

En el capítulo 10.5.1.1 se determina que el área del actuador a la salida y a la entrada es de 2803mm^2 y 3117mm^2 respectivamente. Además, del capítulo 10.5.1.2, se determina que el área del embolo del actuador horizontal es 490mm^2

Teniendo en cuenta la velocidad indicada anteriormente, se calcula cual será el caudal necesario en cada caso:

$$Q_{\text{entrada}} = 2803\text{mm}^2 \cdot 150 \text{ mm/s} = 420450 \text{ mm}^3/\text{s} = 25,227 \text{ l/min}$$

$$Q_{\text{salida}} = 3117\text{mm}^2 \cdot 150 \text{ mm/s} = 467550 \text{ mm}^3/\text{s} = 28,053$$

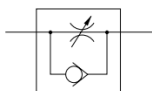
$$Q_{\text{horizontal}} = 490\text{mm}^2 \cdot 150 \text{ mm/s} = 73500 \text{ mm}^3/\text{s} = 4,41$$

Entonces, teniendo en cuenta estos caudales y que la presión disponible es de 6 bar, se busca un regulador de caudal, , o más de uno de ser necesario, que contemple este rango de valores.

Del catálogo de reguladores de caudal para funcionamiento a baja velocidad serie AS-M de la marca SMC, se seleccionan los siguientes componentes:



Símbolo



Características técnicas

Modelo		AS12□0M		AS22□0M-□01		AS22□0M-□02	
Conexionado	Lateral cilindro	M5	10-32UNF	R1/8	NPT1/8	R1/4	NPT1/4
	Lateral tubo			Rc1/8		Rc1/4	
Diámetro cilindro aplicable mm		6, 10, 15, 20, 25		20, 25, 32, 40			
Presión de prueba				1.5MPa			
Presión máx. de trabajo				1.0MPa			
Presión mín. de trabajo				0.1MPa			
Temperatura ambiente y de fluido		-5 a 60°C (sin congelación)					
Número de revoluciones del tornillo		20 revoluciones		10 revoluciones			
Opcional		-		Con obturador			
Peso g		11.5		36		74	
Caudal controlado	Caudal l/min (ANR)	7		12		38	
	Área efectiva mmX	0.1		0.2		0.6	
Caudal libre	Caudal l/min (ANR)	105		280		420	
	Área efectiva mmX	1.6		4.3		6.5	

Nota 1) El valor del caudal tiene una presión de 0.5MPa y una temperatura de 20°C.

Nota 2) Se pueden identificar visualmente los modelos de sistema de entrada y de salida por la contratuercas.

El modelo de sistema de salida es niquelado electrolítico, mientras que el de entrada es cincado cromado negro.

Nota 3) Todos los componentes de bronce tienen niquelado electrolítico.

El regulador de todos los modelos y la contratuercas del modelo de sistema de entrada tienen cincado cromado negro.

Donde el modelo AS120M aplica para el actuador horizontal, y el modelo AS220M-01 para los actuadores verticales.

11 CIRCUITO NEUMÁTICO

11.1 FUNCIONAMIENTO

Chofer presiona el botón BC (botón chofer), la barrera de seguridad se cierra, luego despliega la plataforma accionando el cilindro horizontal CH hasta que alcance el fin de carrera. Si se presiona el botón BP (botón pasajero) no debe suceder nada.

Con el FCH (final de carrera cilindro horizontal) activos, si el chofer presiona nuevamente BC la plataforma desciende, retrayendo los cilindros verticales CV1 y CV2, lo mismo ocurre si el pasajero presiona BP.

Cuando la plataforma está debajo y con el FCV1 (final de carrera cilindro vertical 1) y FCV2 (final de carrera cilindro vertical 2) activos, presionando BP o BC la plataforma asciende. Una vez arriba, si el chofer activa el pulsador BC, la plataforma vuelve a ingresar al colectivo, si lo hace el pasajero no debe suceder nada. Una vez finalizado el movimiento, la barrera de seguridad vuelve a elevarse para liberar el paso.

Si se presionan BC o BP durante un movimiento, no sucede nada. Si el chofer presiona PE (parada de emergencia) la plataforma queda en donde está. Si presiona R (Reset) luego de la parada de emergencia, la plataforma vuelve hasta la última posición estable. Si presiona R desde una posición estable, no sucede nada.

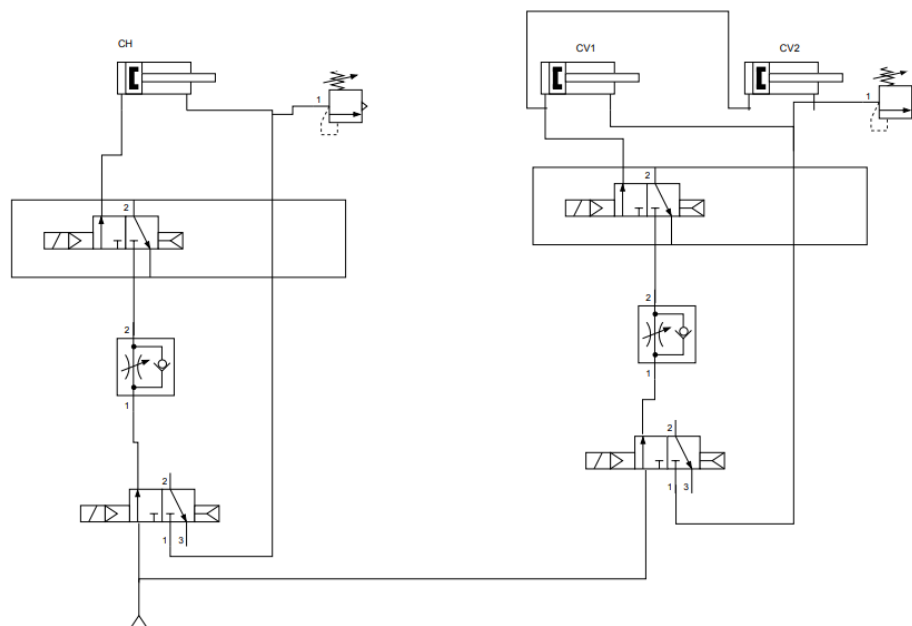


Figura 11-1: Circuito neumático

12 TABLA DE FIGURAS E ILUSTRACIONES

Ilustración 5-1: Casos de plataformas para personas con discapacidad.....	1
Ilustración 5-2: : Rampa para acceso de pasajeros con discapacidad motris	2
Figura 8-1 Dispositivo completamente retraído	10
Figura 8-2 Dispositivo completamente expandido	10
Figura 8-3 Usuario sobre la plataforma móvil.....	11
Figura 8-4 Plataofrma al nivel del suelo	12
Figura 9-1 Dimensiones de la plataforma	16
Figura 9-2 Perfiles de refuerzo de la plataforma.....	17
Figura 9-3: Diagrama de esfuerzos de la plataforma	17
Figura 9-4: Mallado, restricciones y fuerzas de la simulacion de la plataforma primer situación. 20	
Figura 9-5 Estudio por elemento finitos de la plataforma	20
Figura 9-6 Tensiones de vonMises en el refuerzo de la plataforma	21
Figura 9-7 Zonas de concentración de tensiones.....	22
Figura 9-8: Desplazamientos calculados	23
Figura 9-9 Guía tipo L	24
Figura 9-10 Guía tipo "C"	24
Figura 9-11 Posición de las guías "C" y "L" en el conjunto general.....	24
Figura 9-12 Fuerzas sobra las guías C.....	25
Figura 9-13: Vinculación de las guías C con la plataforma	25
Figura 9-14: Dimensiones de la guía tipo "C"	26
Figura 9-15 Esfuerzo actuante sobre las guías "C"	27
Figura 9-16: Diagrama de esfuerzos de las guías tipo C	28
Figura 9-17: Mallado, cargas y sujeciones del perfil tipo "C"	30
Figura 9-18: Tensiones de Von Mises en el perfil tipo "C"	31
Figura 9-19: Deformaciones en el perfil tipo "C"	32
Figura 9-20: Posición de las guías tipo "L" en el conjunto	33
Figura 9-21: Corte transversal guía tipo "L"	33
Figura 9-22: Dimensiones de la guía tipo "L"	34
Figura 9-23: Diagrama de esfuerzos en la guía tipo "L"	34
Figura 9-24: Mallado, esfuerzos y restricciones en guía tipo L	37
Figura 9-25: Tensiones de Von mises en guía tipo L	38
Figura 9-26: Desplazamientos en guía tipo "L"	38
Figura 9-27: Posición del eje de rueda en el conjunto	39
Figura 9-28: Esfuerzos sobre el eje de la rueda.....	40
Figura 9-29: Dimensiones del eje	40
Figura 9-30: Diagrama de los esfuerzos del eje de la rueda.....	41
Figura 9-31: Mallado, sujeciones y esfuerzos en los ejes de las ruedas.....	42
Figura 9-32: Tensiones de VonMises sobre los ejes de las ruedas.....	43
Figura 9-33: Desplazamientos hayados en los ejes de las ruedas.....	43
Figura 10-1: Elección de rueda en catálogo	44
Figura 10-2: Posición de la guía lineal vertical en el conjunto	45

Figura 10-3: Posición de las guías horizontales en el conjunto	45
Figura 10-4: Esfuerzos y momentos en plataforma	46
Figura 10-5: Posición de los actuadores lineales en el conjunto general.....	50
Figura 10-6: Movimiento de la baranda de protección.....	53
Figura 11-1: Circuito neumático.....	57

13 CONCLUSIONES

Para lograr un sistema de transporte mas inclusivo resulta fundamental garantizar la accesibilidad para personas con discapacidad. A pesar de que exista ya una cantidad de soluciones previas, hoy en día es una necesidad que queda latente.

Si bien cuando uno piensa en discapacidad, se le viene a la cabeza la imagen de una persona en sillas de ruedas, lo cierto es que existen miles de condiciones que afectan a las personas a la hora de desenvolverse en su vida diaria, avanzar hacia un mundo más evolucionado, requiere también garantizar que todas las personas puedan acceder a él.

A su vez, existe mucha reglamentación ya escrita que genera las bases para cualquier diseño que se quiera hacer inclusivo, lo que facilita enormemente la toma de decisiones que puedan resultar difíciles debido al desconocimiento de la población general respecto a éstos temas.

Este proyecto presenta una alternativa, fuertemente basada en los puntos débiles de las soluciones anteriores, e intenta ser aceptable respecto a la coyuntura actual del sistema de transporte.

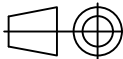
Trabajar sobre un proyecto de éstas características, me dio la oportunidad de aprender a generar soluciones sobre un sistema que no presenta demasiada variabilidad respecto de las dimensiones, esfuerzos y condiciones de seguridad que se deben usar, debido a que un fallo, sea por mal dimensionamiento o por salida de funcionamiento del mecanismo, puede representar daños sobre el cuerpo de una persona.

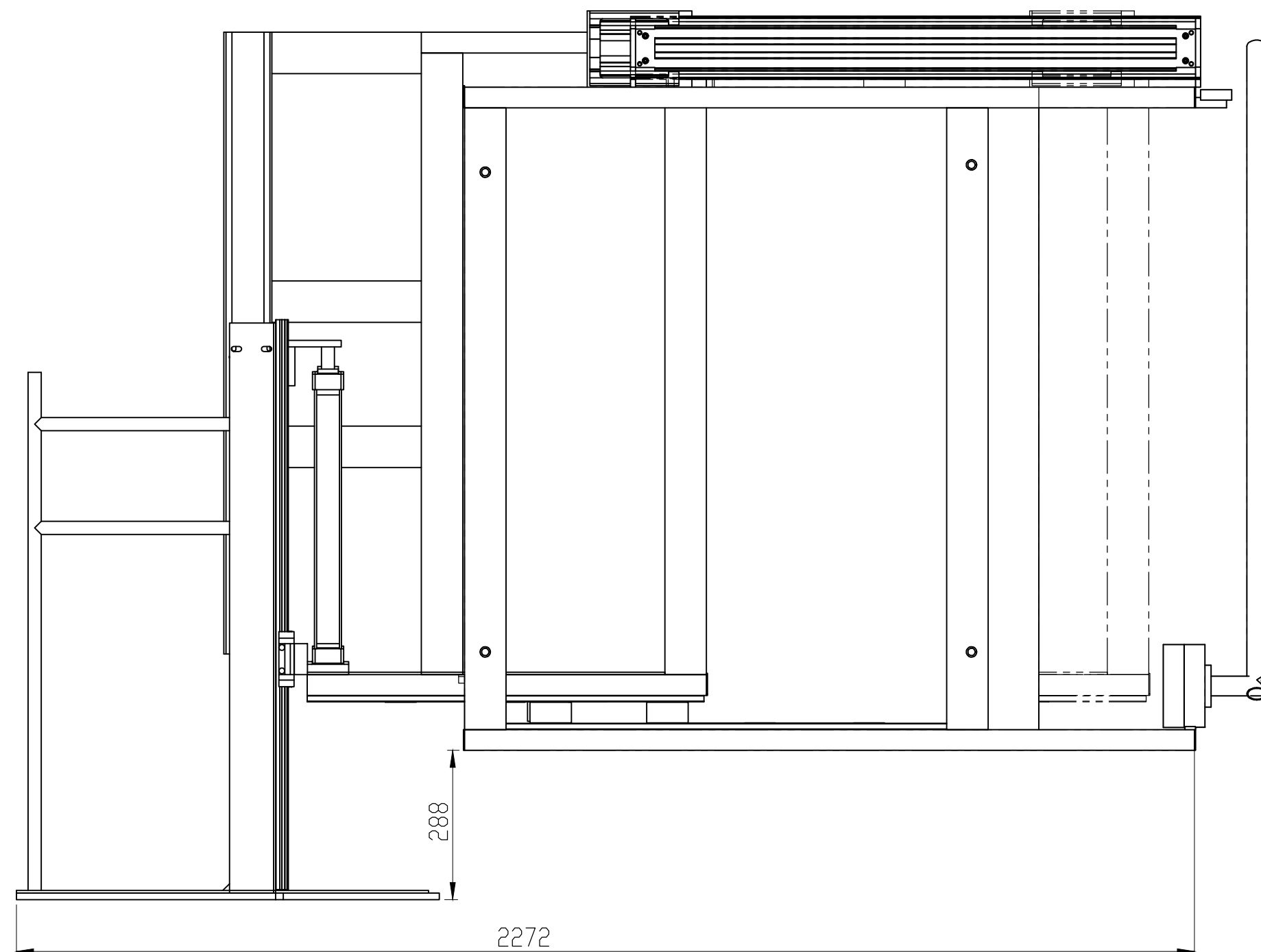
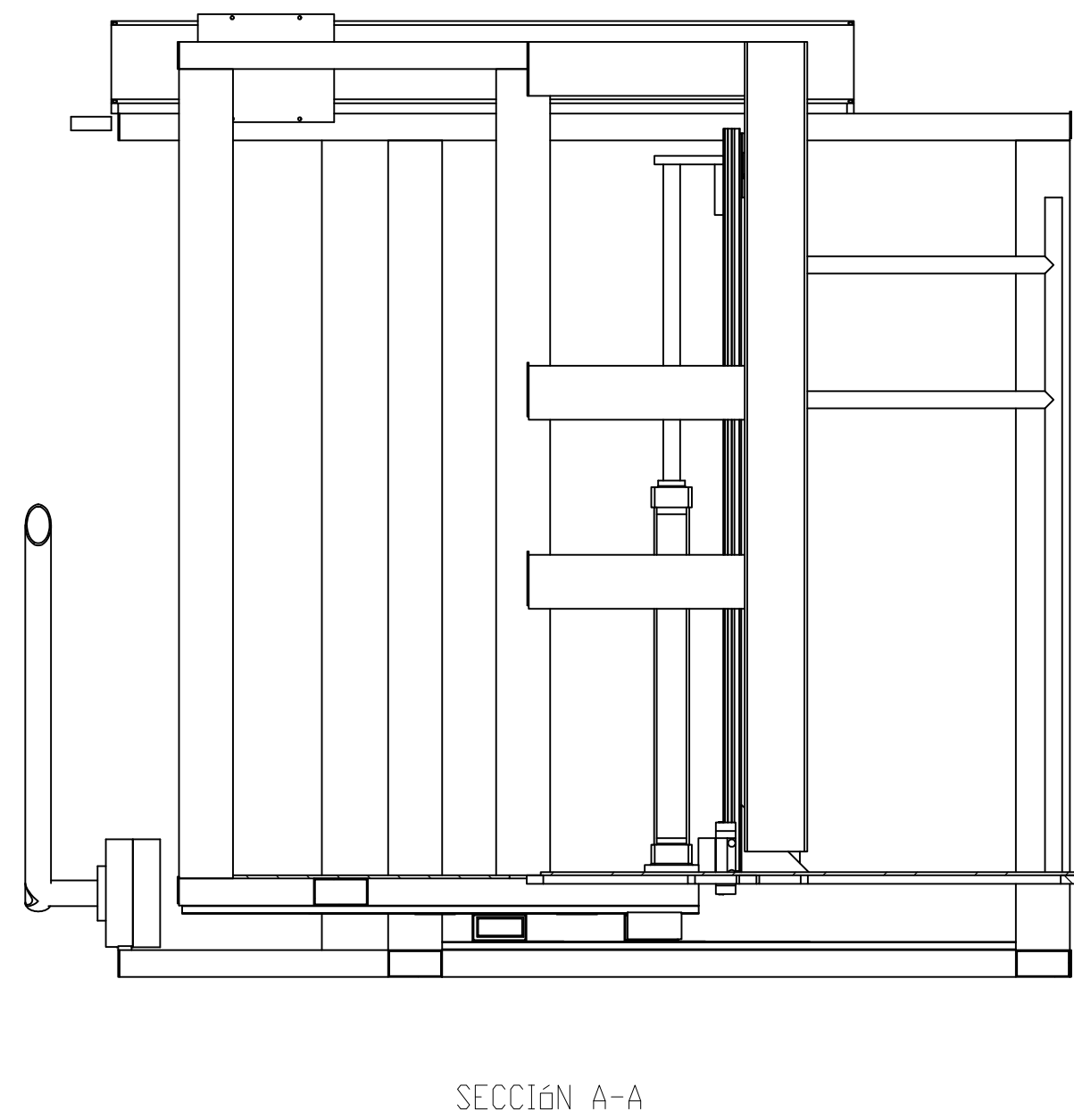
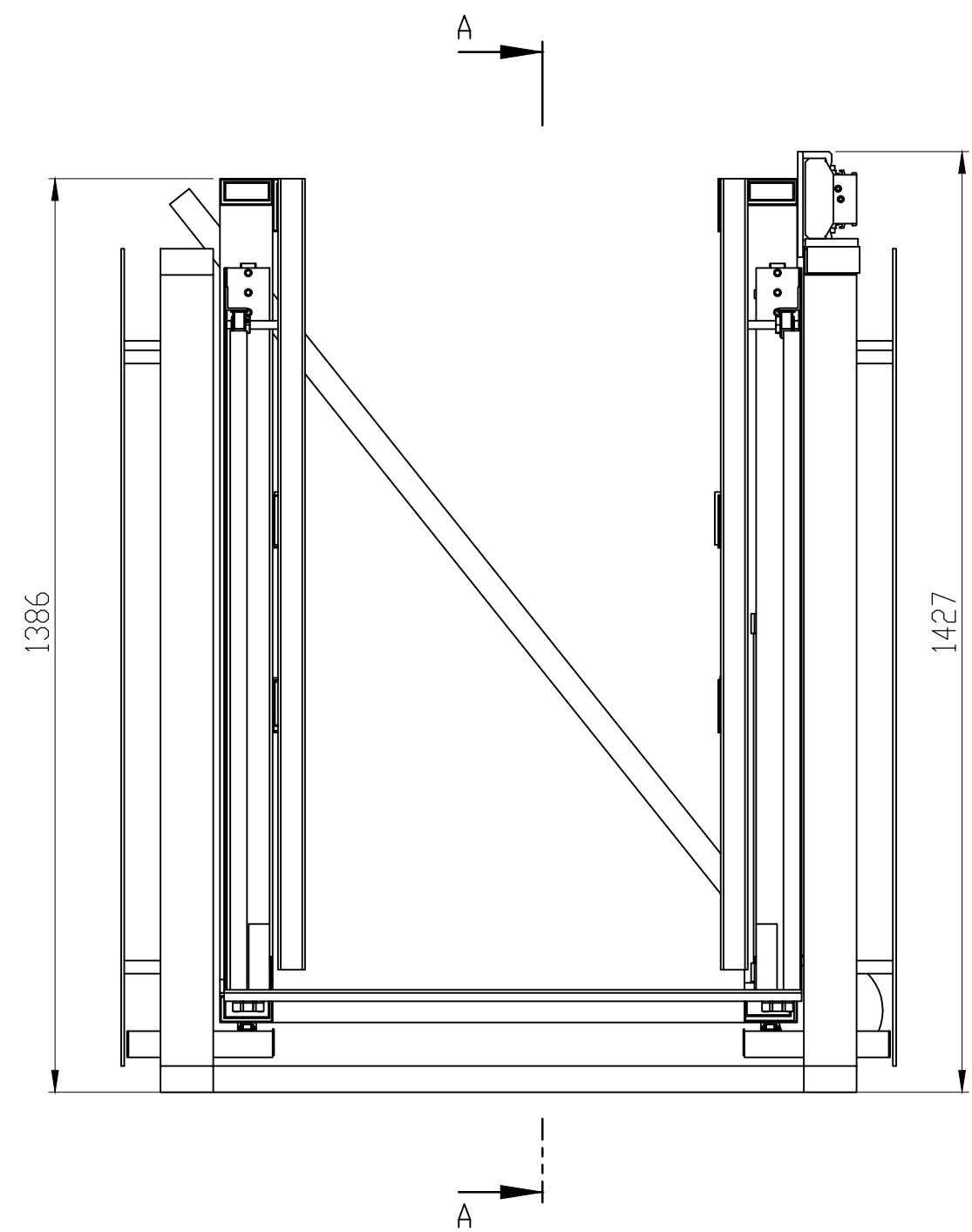
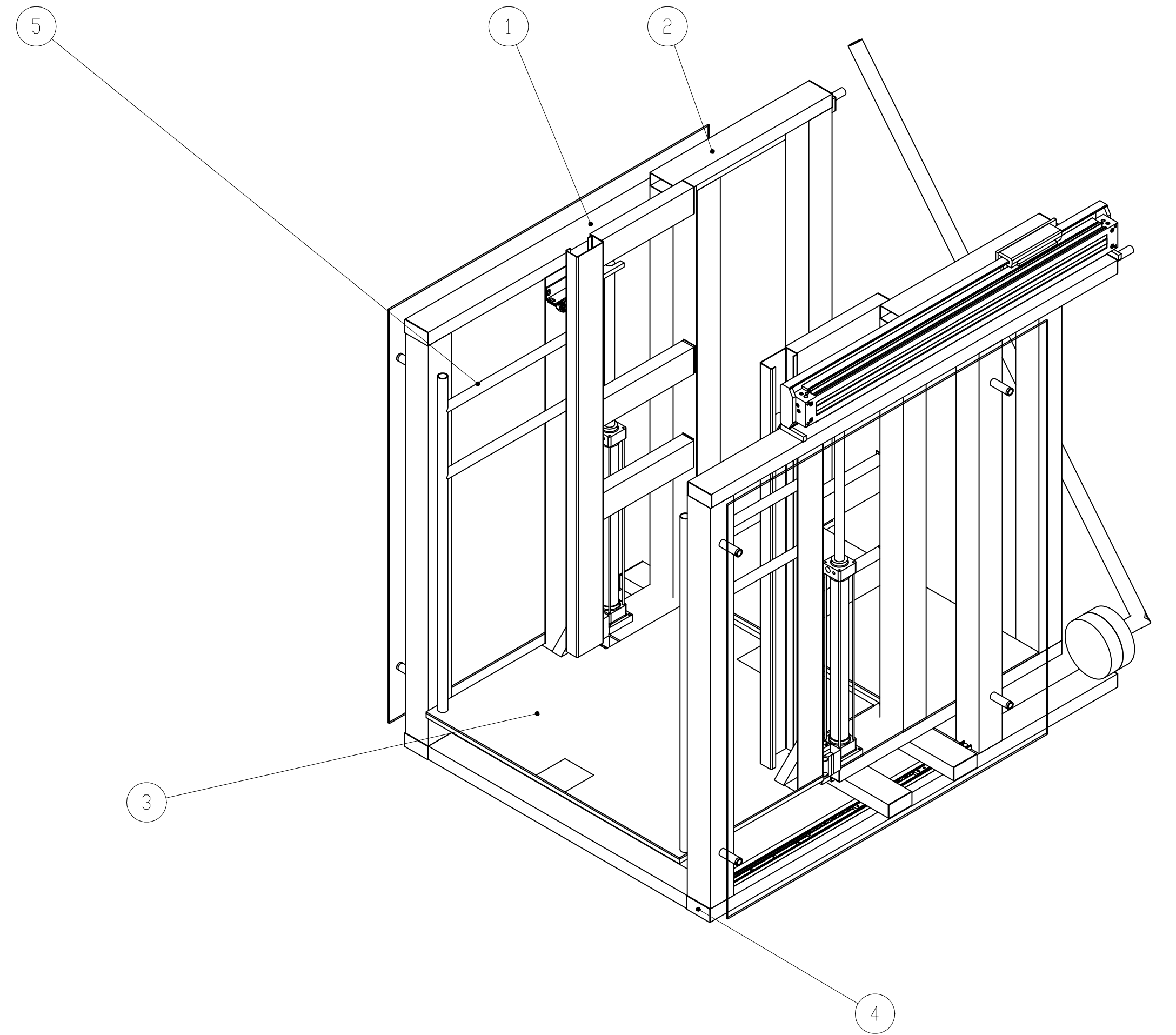
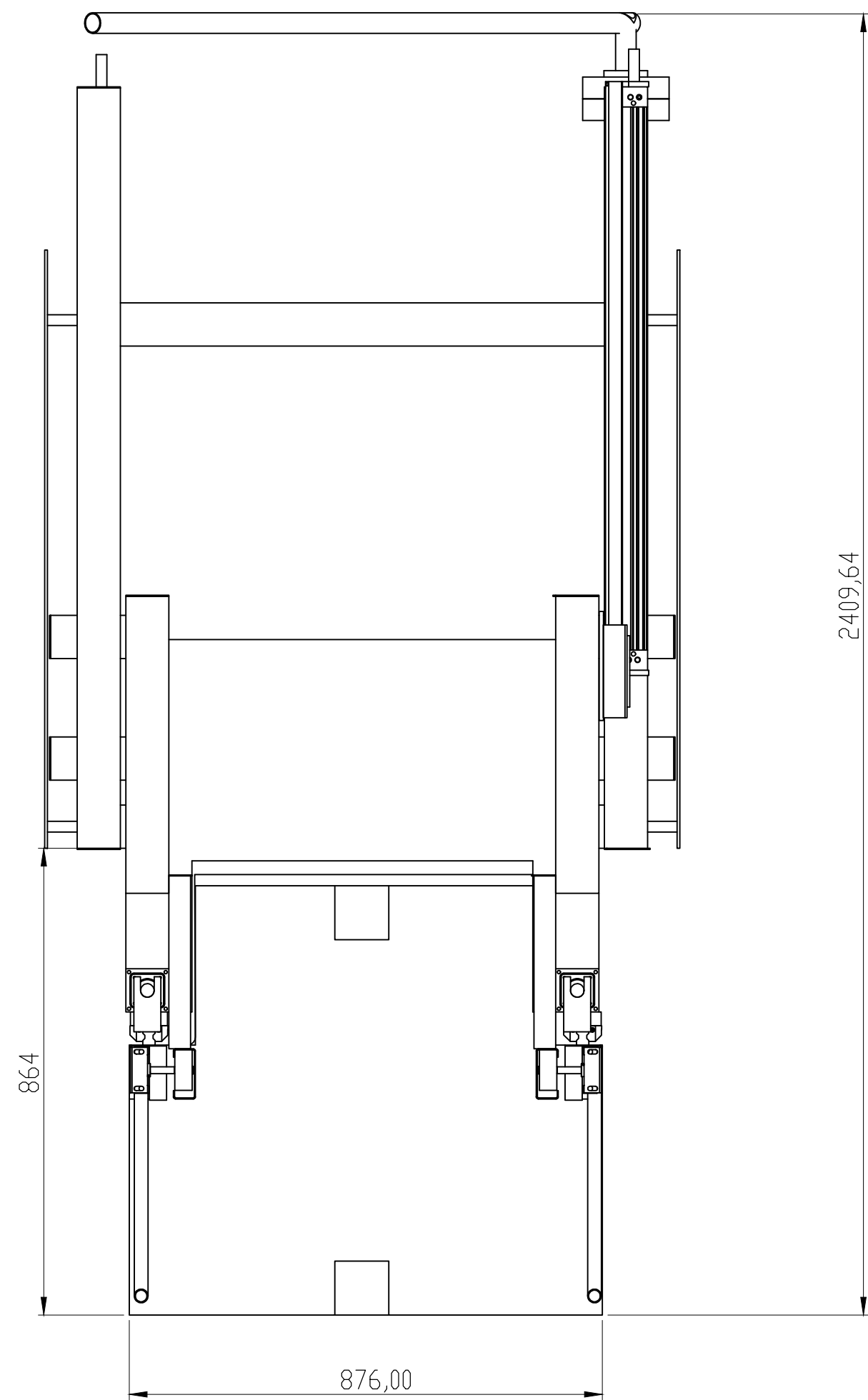
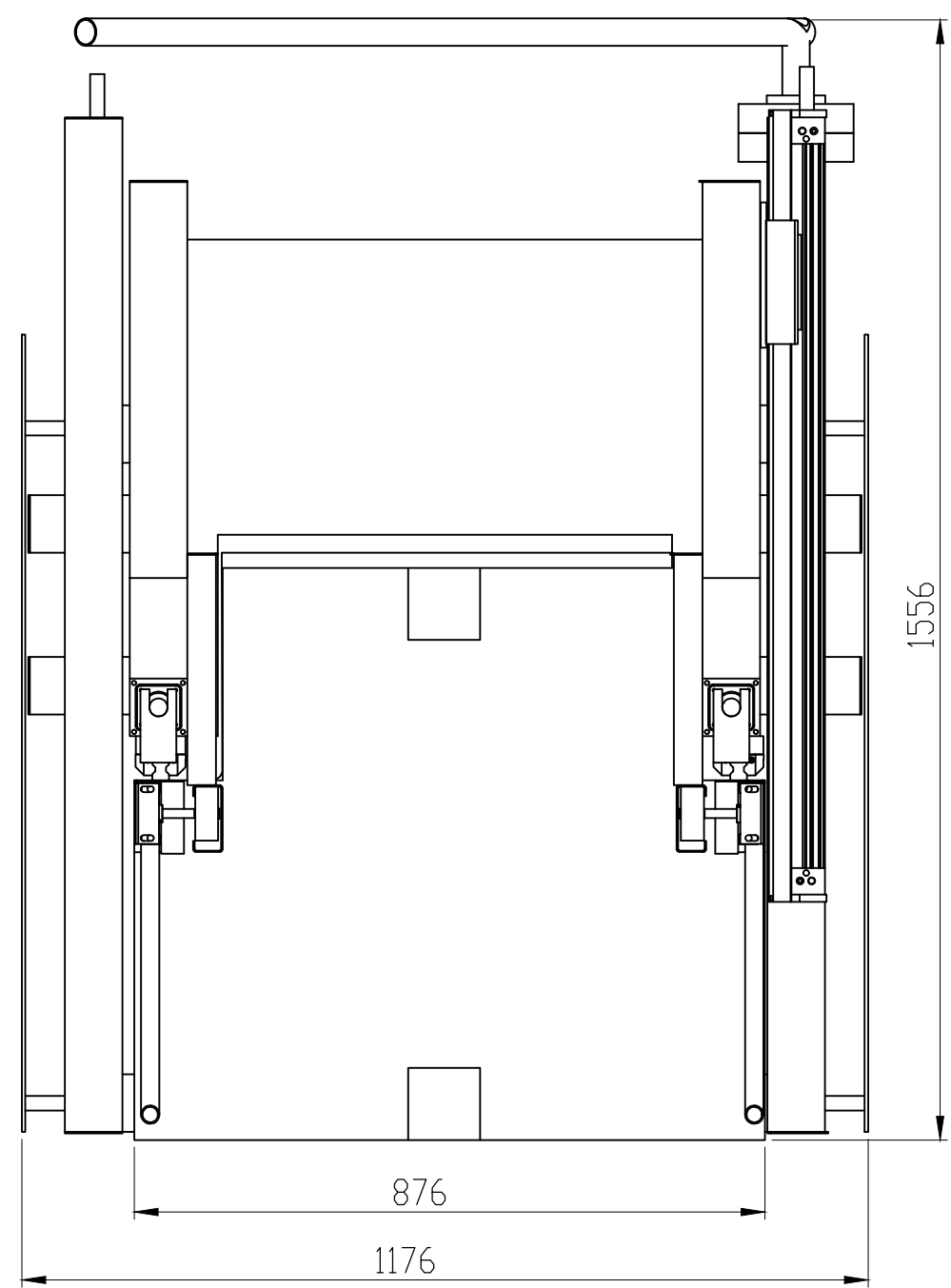
14 BIBLIOGRAFIA

- Diseño de máquinas (1971) – A. S. HALL, A. R. HOLOWENCO, H.G LAUGHLIN
- Manual de Resistencia de los Materiales (1975) – G. S. PISARENKO, A. P. YÁKOVLEV, V. V. MATVÉEV
- Mecánica de Materiales 8va Edición (2011) – Russell C. Hibbeler.
- Manual del acero (1978) – P.J. MARONI
- <https://centro-diesel.com/repuesto-camion/catalogo/fabricantes/mercedes-benz/compresor-knorr-88-mm-orig-mb-1620-6608/>
- <https://www.ivanar.com.ar/categoria/ganchos-j>
- <https://www.rollon.com/ES/es/productos/linear-line/44-o-rail/>
- <https://www.smc.eu/es-es/productos>

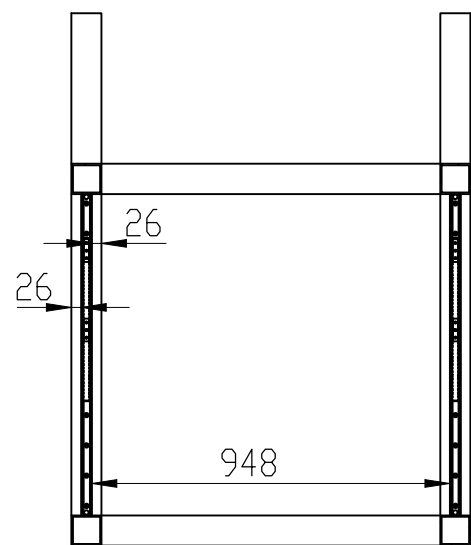
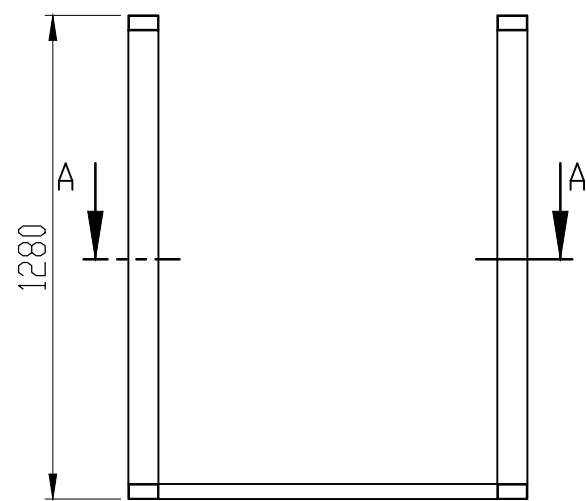
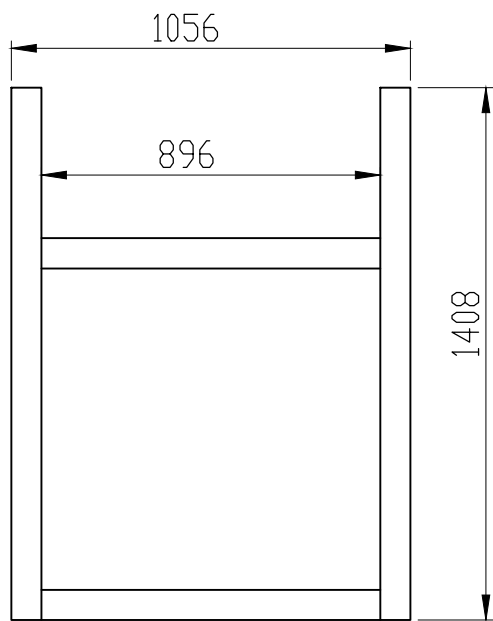
15 ANEXOS

A: PLANOS

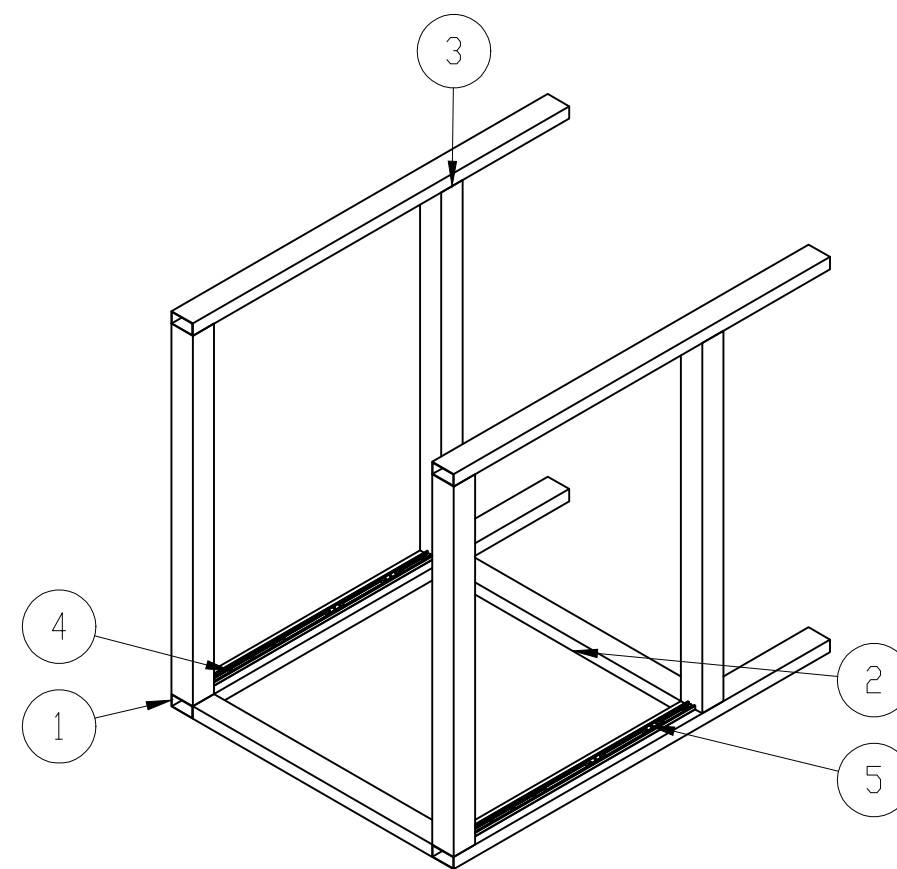
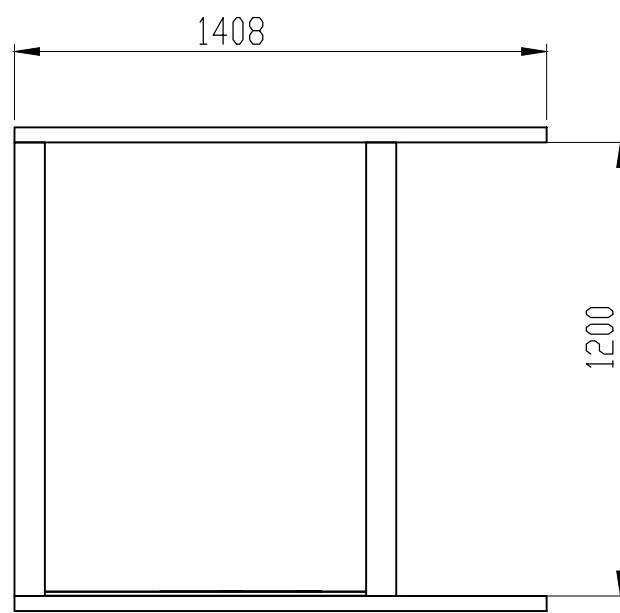
14	PLEGADO TIPO L			PIEZA		
13	PLATAFORMA			PIEZA		
12	REFUERZO DE PLATAFORMA			PIEZA		
11	ADAPTADOR DE GUIA			PIEZA		
10	BASE SOPORTE			PIEZA		
9	EJE DE RUEDA			PIEZA		
8	SUBCONJUNTO EJE RUEDA			CONJUNTO		
7	ADAPTADOR DE GUIA			PIEZA		
6	SUBCONJUNTO CARRO VERTICAL			CONJUNTO		
5	PLEGADO GUIA RUEDA			PIEZA		
4	ADAPTADOR TE			PIEZA		
3	CARRO HORIZONTAL			CONJUNTO		
2	ESTRUCTURA DE FIJACION			CONJUNTO		
1	CONJUNTO GENERAL			CONJUNTO		
Nº	NOMBRE DEL PLANO			TIPO		
PROYECTO FINAL INGENIERIA MECANICA				PLATAFORMA NEUMATICA PARA COLECTIVOS		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS		LISTADO DE DOCUMENTOS	
DIBUJO		LEANDRO PIAZZA				

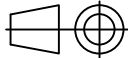


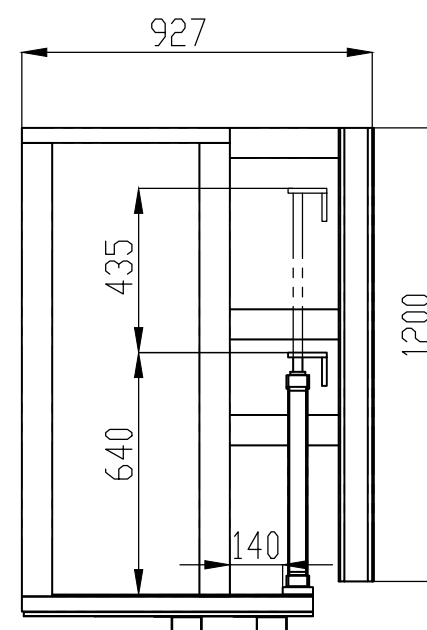
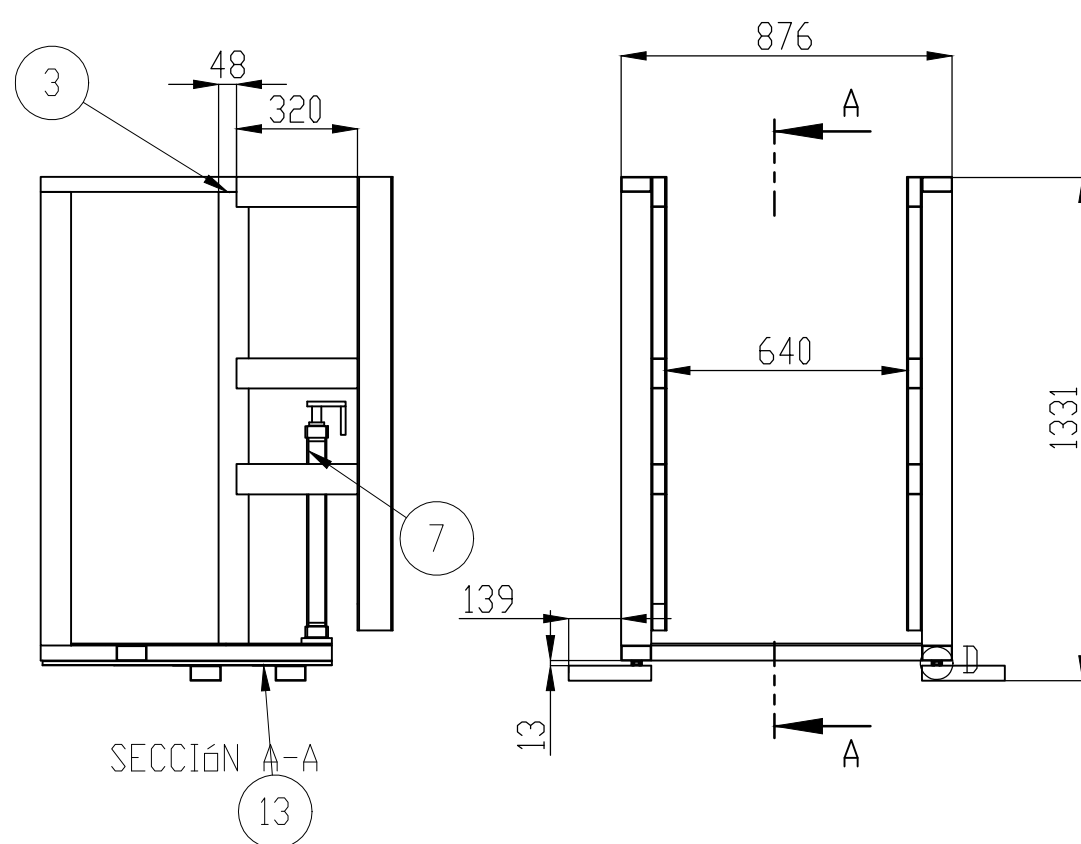
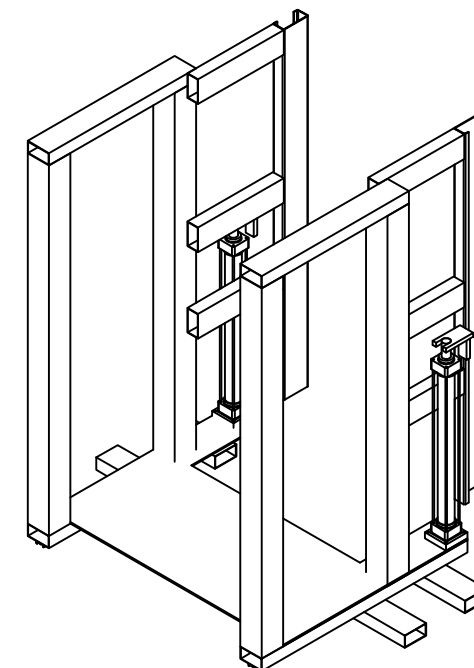
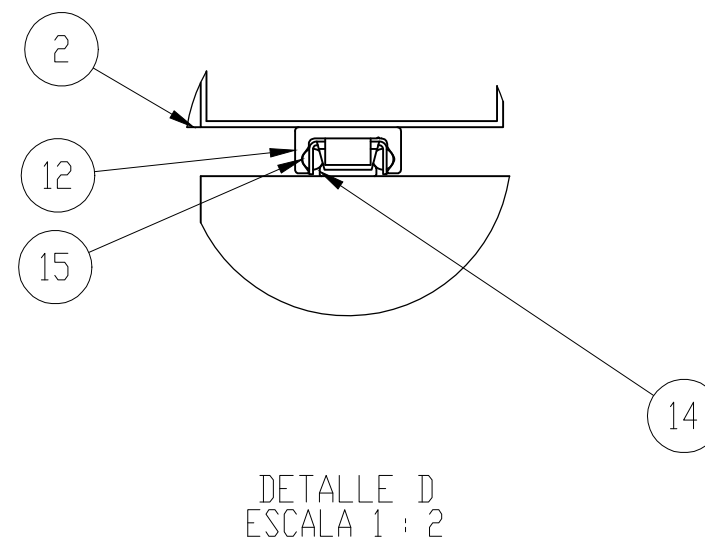
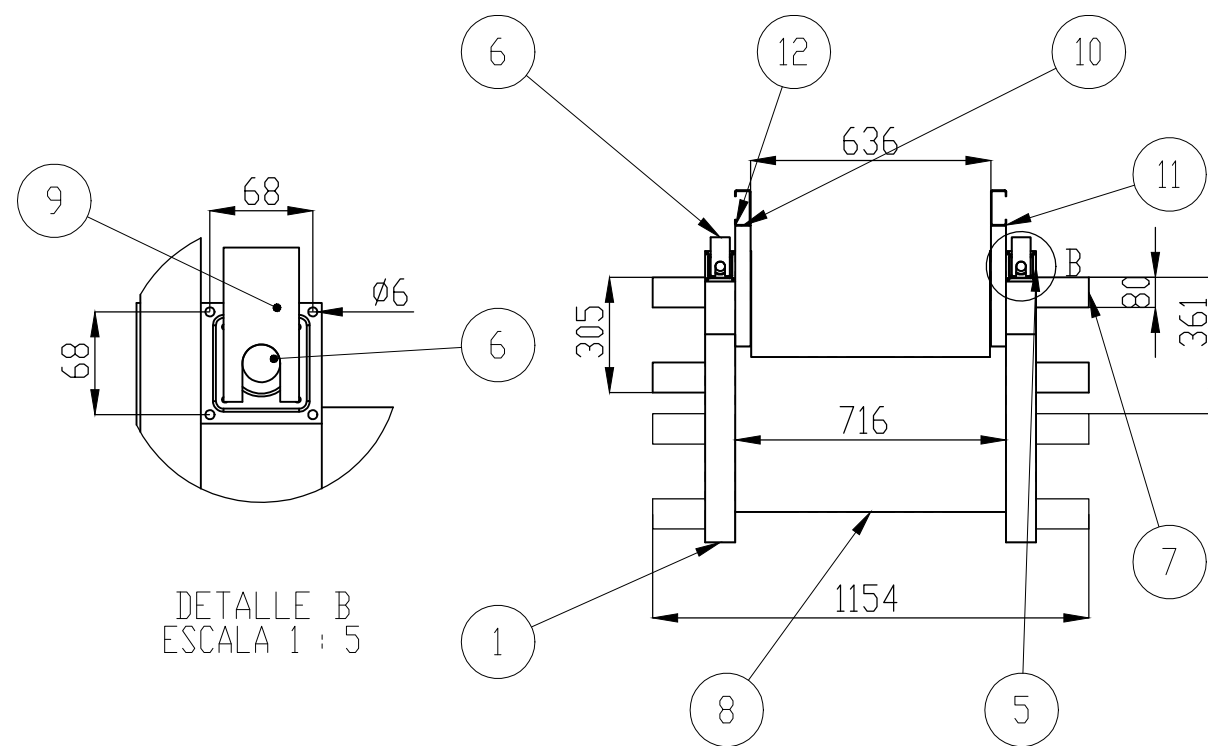
N.º	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Estructura de fijacion	VER PLANO DE ESTRUCTURA DE FIJACIÓN	1
2	Subconjunto carro horizontal	VER PLANO DE CARRO HORIZONTAL	1
3	Subconjunto de carro vertical	VER PLANO DE CARRO VERTICAL	1
4	Regatones	COMERCIALES S/DIMENSIONES	24
5	Baranda	CARO 2" esp=2mm	2
PROYECTO FINAL INGENIERIA MECANICA		PLATAFORMA NEUMATICA PARA COLECTIVOS	
DIBUJO	FECHA	NOMBRE LEANDRO PIAZZA	ESCALAS 1:10
		PLANO DE CONJUNTO GENERAL	



SECCIÓN A-A

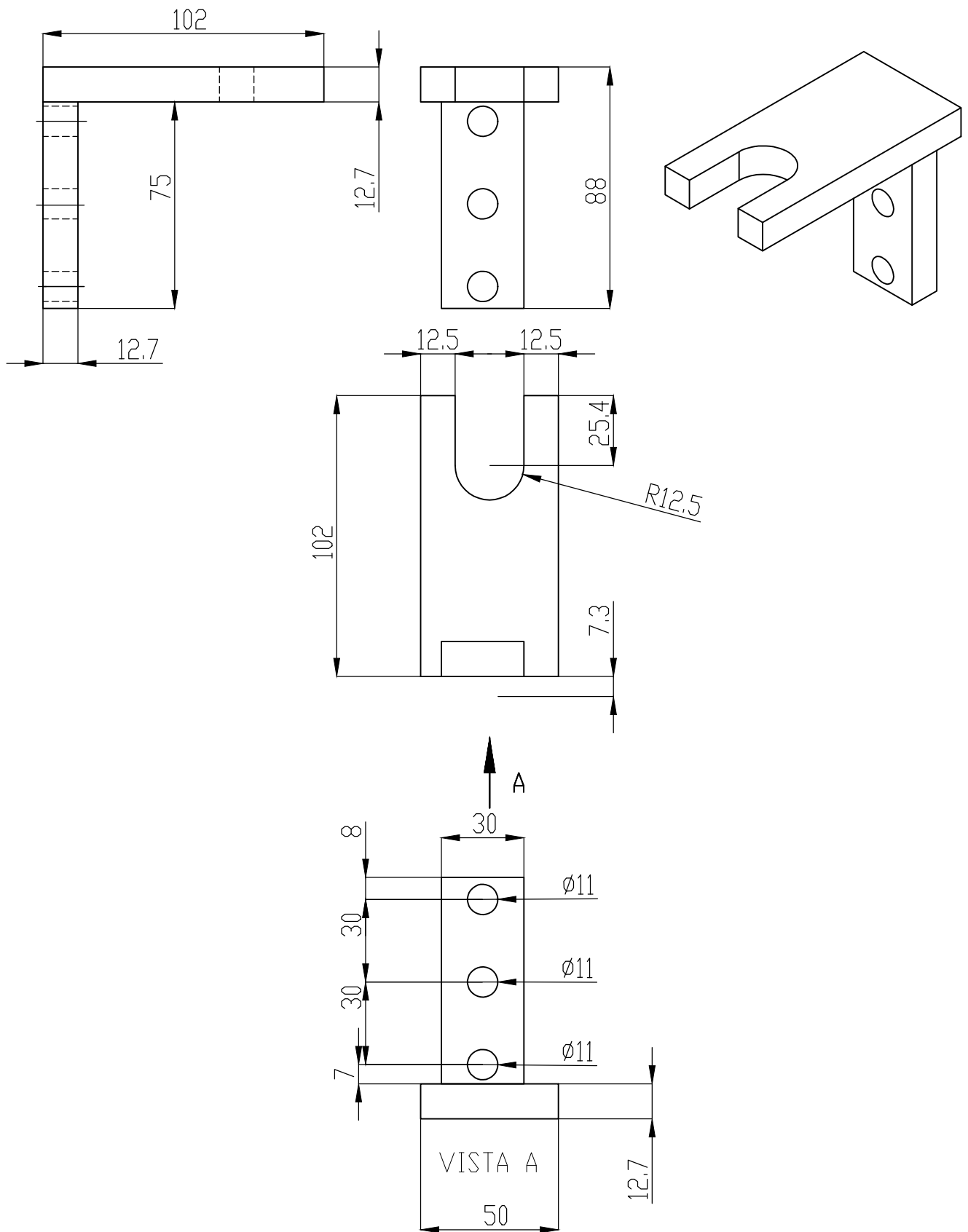


N.º DE ELEMENTO		N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		Estructural 80x40x1408 t=4.75	COMERCIAL	4
2		Estructural 80x40x896 t=4.75	COMERCIAL	2
3		Estructural 80x80x1200	COMERCIAL	4
4		Guía horizontal	COMERCIAL	2
PROYECTO FINAL INGENIERIA MECANICA			PLATAFORMA NEUMATICA PARA COLECTIVOS	
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:10	 SUBCONJUNTO ESTRUCTURA DE FIJACION
		LEANDRO PIAZZA		



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Estructural 80x40x720 t=4.75		2
2	Estructural 80x40x720 t=4.75		2
3	Estructural 80x40x716 t=4.75		1
4	Estructural 80x80x1200		4
5	Actuador neumático		2
6	Adaptador Te		2
7	Estructural 80x40x144 t=4.75		4
8	Chapa 5mm plataforma movil		1
9	Guía de desplazamiento horizontal		2
10	Estructural 80x40x309 t=4.75		6
11	Plegado guía rueda		1

PROYECTO FINAL INGENIERIA MECANICA				PLATAFORMA NEUMATICA PARA COLECTIVOS	
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS		SUBCONJUNTO CARRO HORIZONTAL
		LEANDRO PIAZZA	1:10		



1

CHAPA SAE 1040 esp=12.7mm

PROYECTO FINAL
INGENIERIA MECANICA

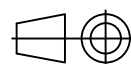
PLATAFORMA NEUMATICA PARA
COLECTIVOS

DIBUJO

FECHA

NOMBRE

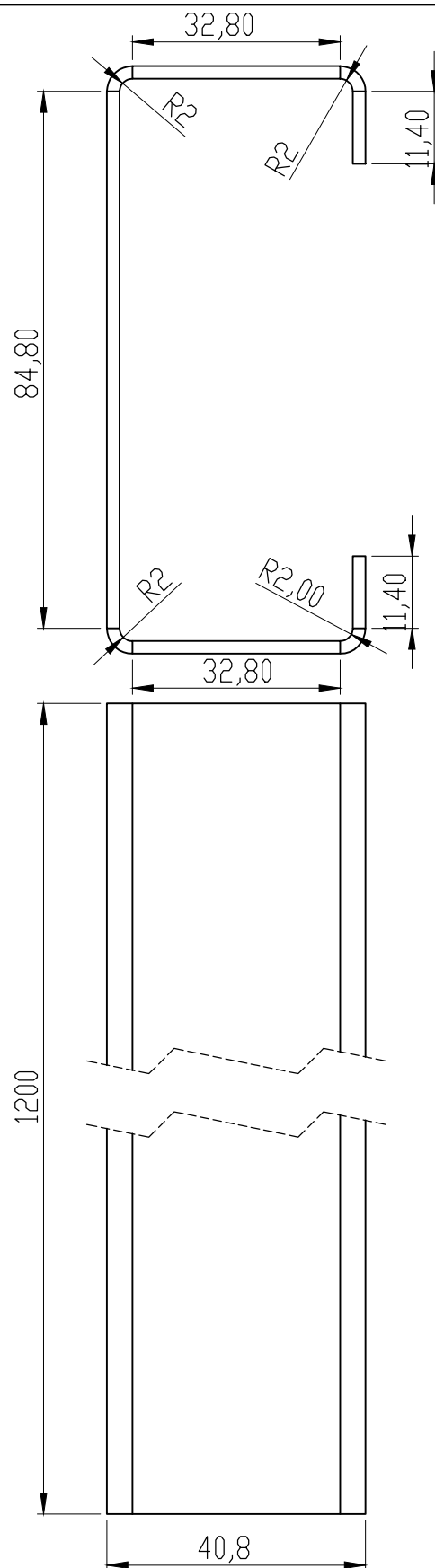
ESCALAS



SOPORTE TE

LEANDRO
PIAZZA

1:2



11

CHAPA SAE 1045 esp=1.6mm

PROYECTO FINAL
INGENIERIA MECANICA

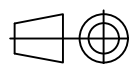
PLATAFORMA NEUMATICA PARA
COLECTIVOS

DIBUJO

FECHA

NOMBRE

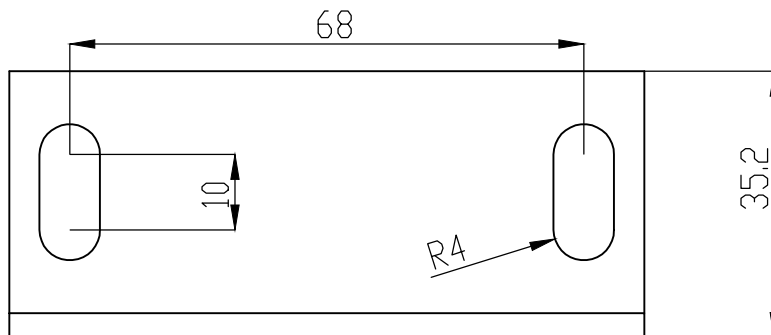
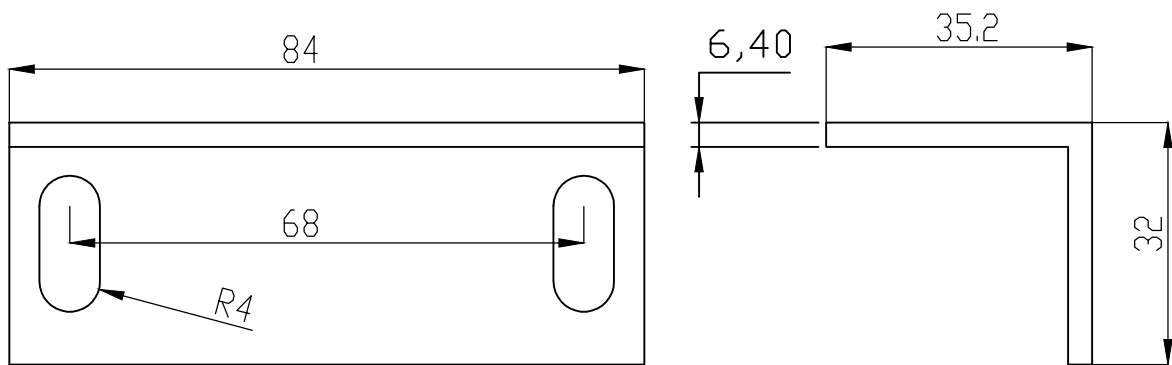
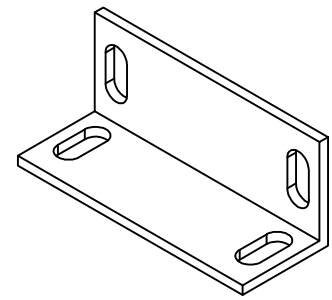
ESCALAS



BASE SOPORTE

LEANDRO
PIAZZA

1:1



7 CHAPA SAE 1010 esp=6.4mm

PROYECTO FINAL
INGENIERIA MECANICA

PLATAFORMA NEUMATICA PARA
COLECTIVOS

DIBUJO

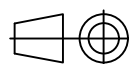
FECHA

NOMBRE

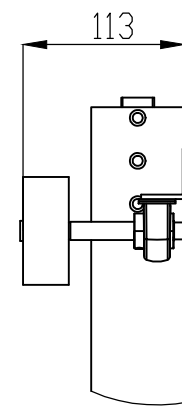
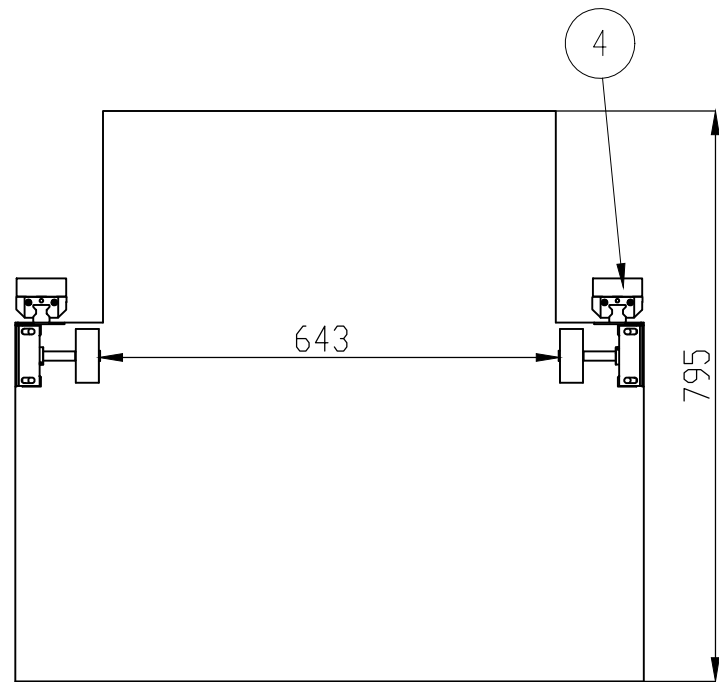
ESCALAS

LEANDRO
PIAZZA

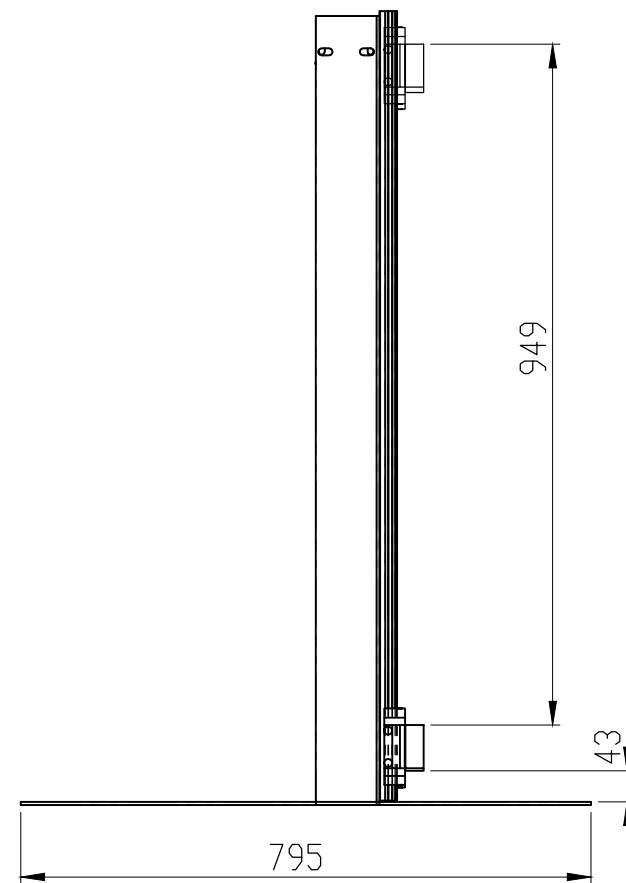
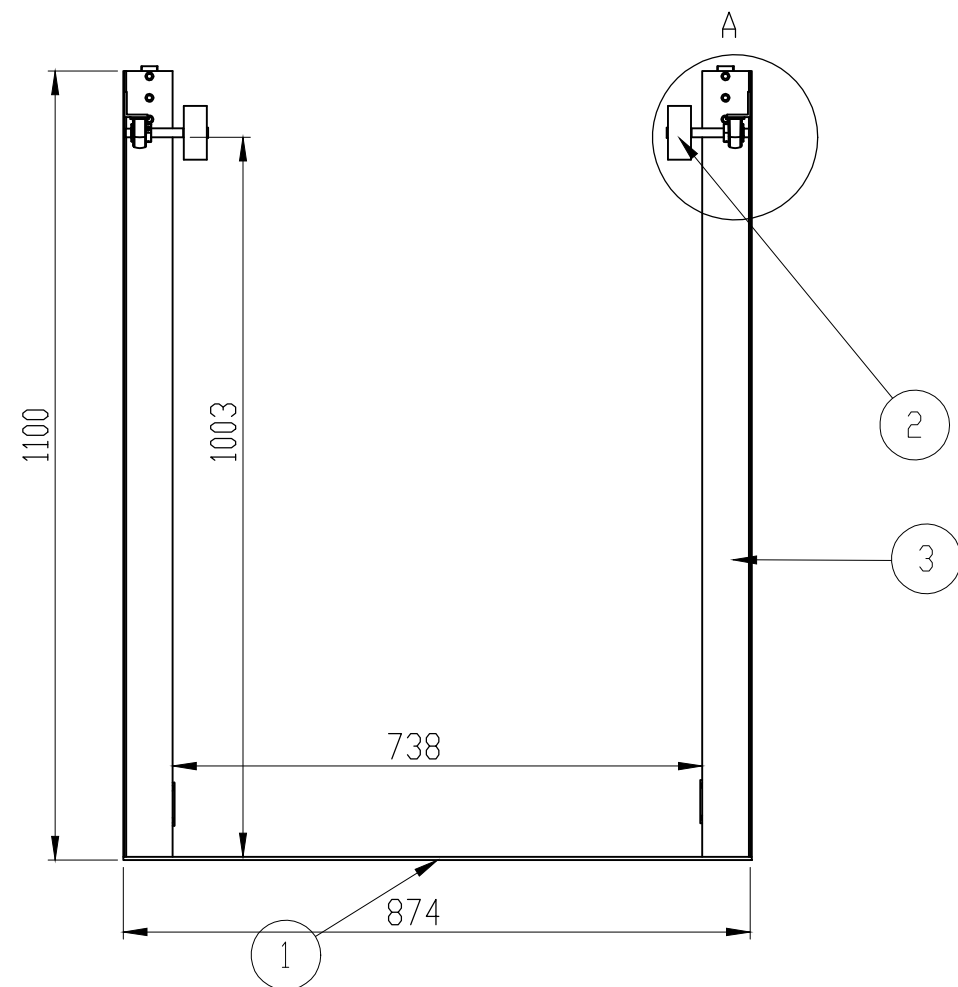
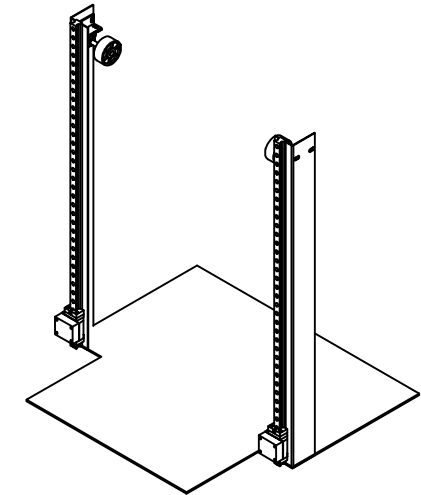
1:1



BASE SOPORTE

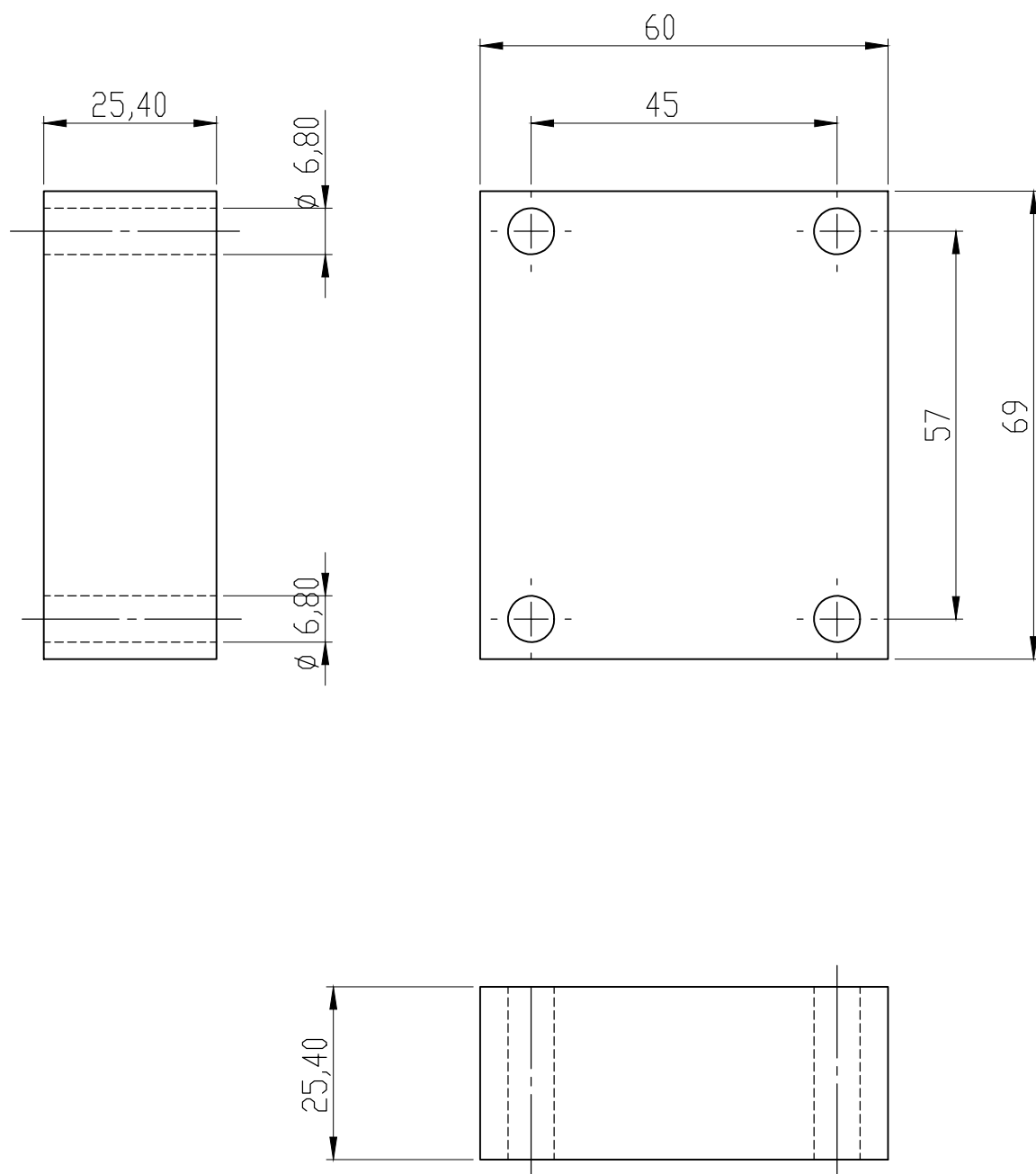


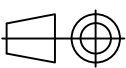
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



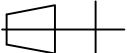
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Subconjunto plataforma	Ver plano de subconjunto de plataforma	1
2	Subconjunto eje rueda	Ver plano de subconjunto de eje rueda	2
3	Guia vertical	Comercial	2
4	Adaptador de guia	Ver plano de detalle	2

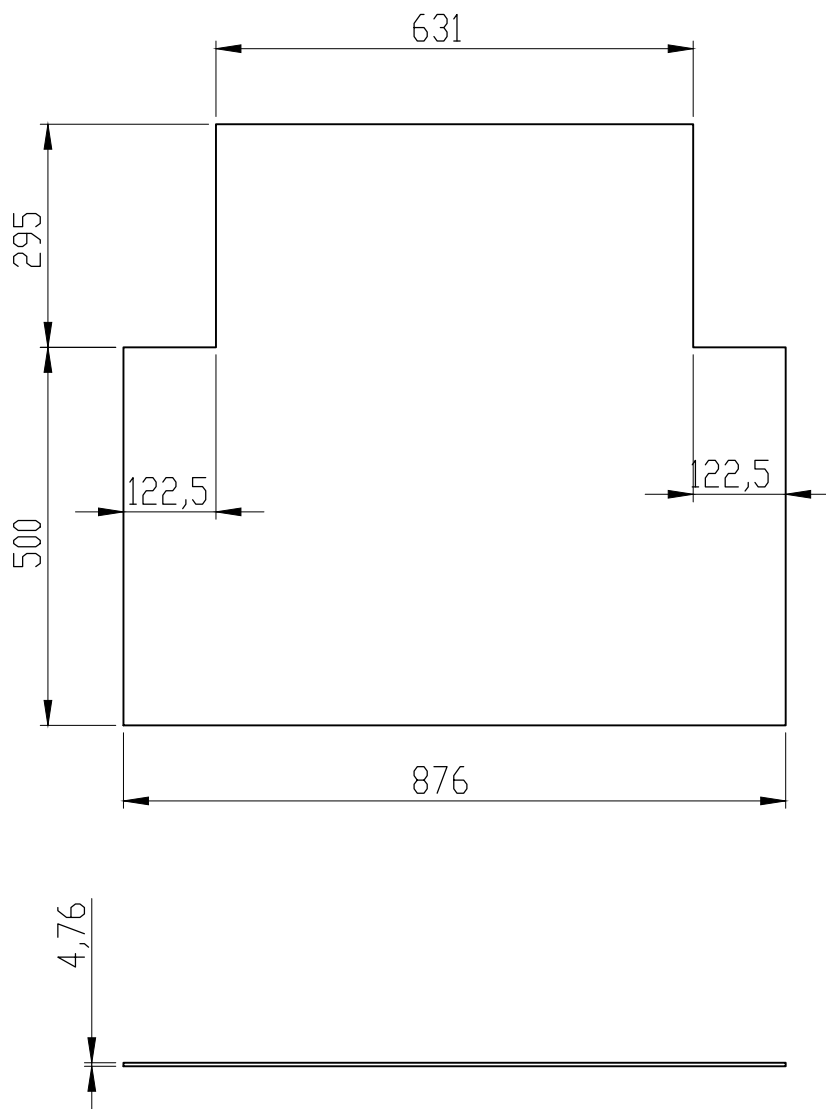
PROYECTO FINAL INGENIERIA MECANICA				PLATAFORMA NEUMATICA PARA COLECTIVOS	
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS		SUBCONJUNTO CARRO VERTICAL
		LEANDRO PIAZZA	1:10		

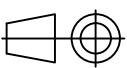


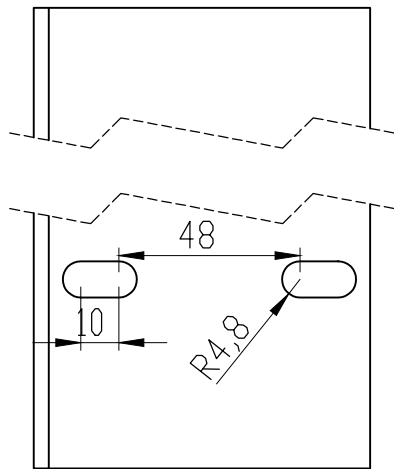
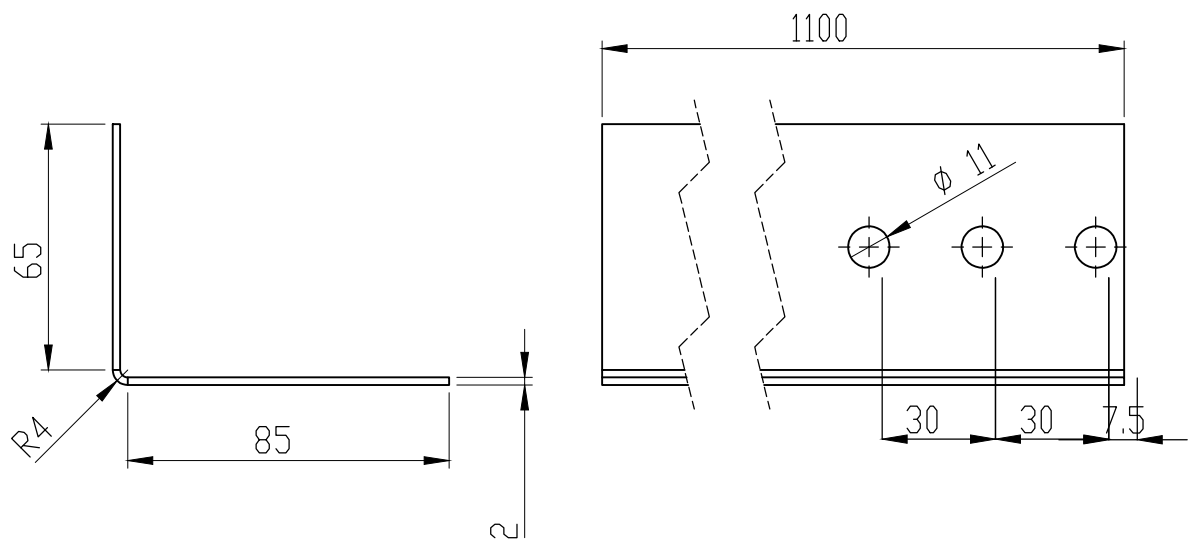
4	CHAPA SAE 1040 esp=25.4mm				
PROYECTO FINAL INGENIERIA MECANICA				PLATAFORMA NEUMATICA PARA COLECTIVOS	
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:1		ADAPTADOR DE GUIA
DIBUJO		LEANDRO PIAZZA			



1	PLANCHUELA SAE 1045 1" esp=12.7mm				
PROYECTO FINAL INGENIERIA MECANICA			PLATAFORMA NEUMATICA PARA COLECTIVOS		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS 1:10		REFUERZO DE PLATAFORMA
DIBUJO		LEANDRO PIAZZA			



1	CHAPA SEMILLA DE MELON esp=4.76mm SAE 1010				
PROYECTO FINAL INGENIERIA MECANICA				PLATAFORMA NEUMATICA PARA COLECTIVOS	
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS		EJE DE RUEDA
DIBUJO		LEANDRO PIAZZA	1:10		



1

CHAPA SAE 1045 esp=2mm

PROYECTO FINAL
INGENIERIA MECANICA

PLATAFORMA NEUMATICA PARA
COLECTIVOS

DIBUJO

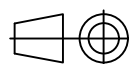
FECHA

NOMBRE

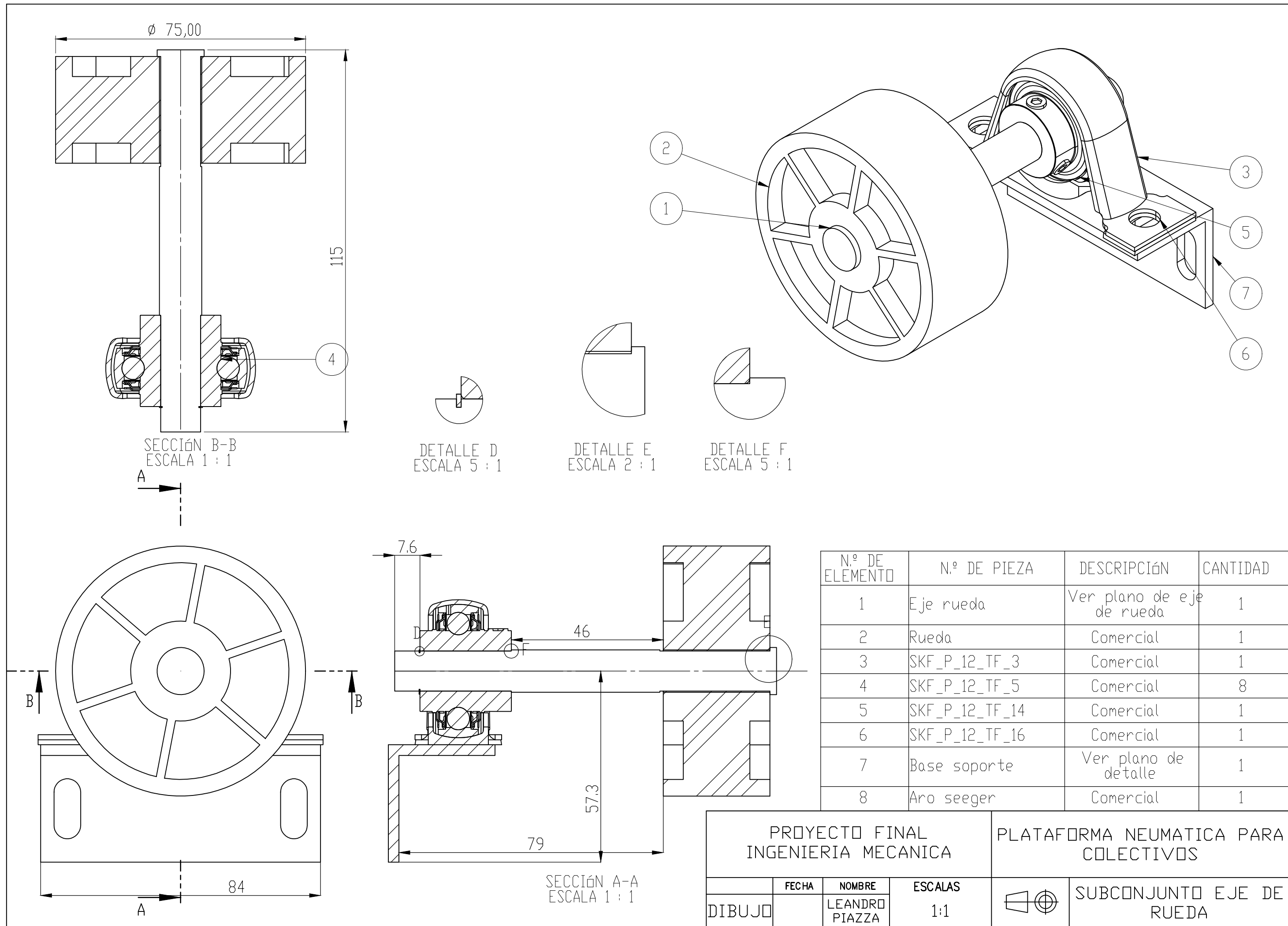
ESCALAS

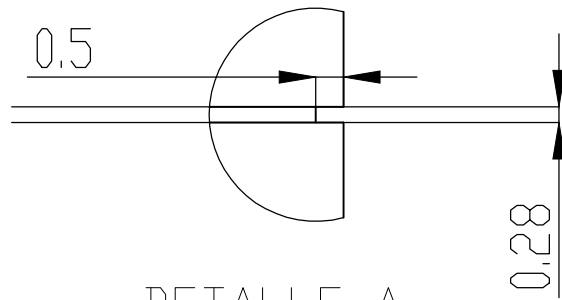
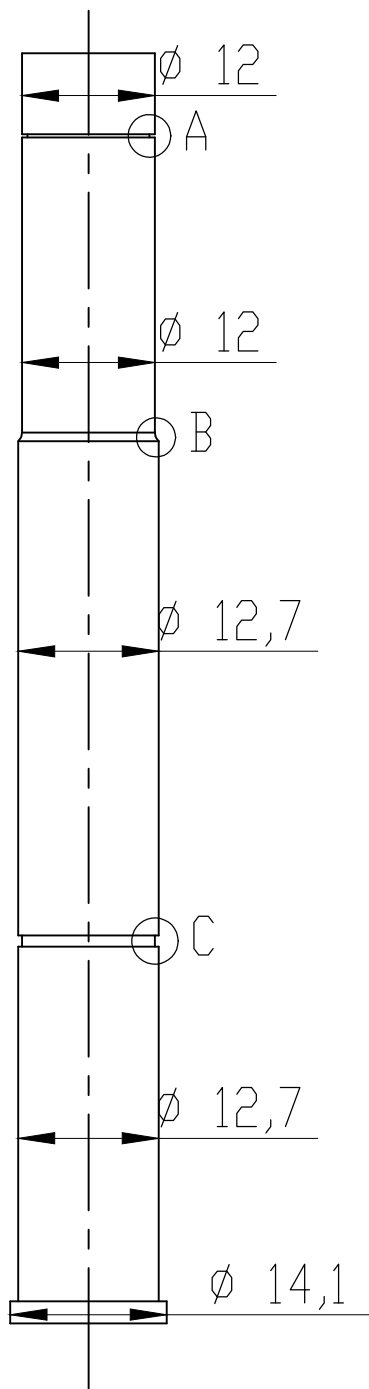
LEANDRO
PIAZZA

1:1

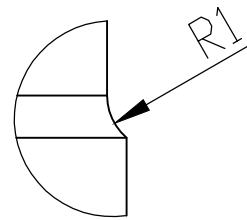


PLEGADO TIPO L

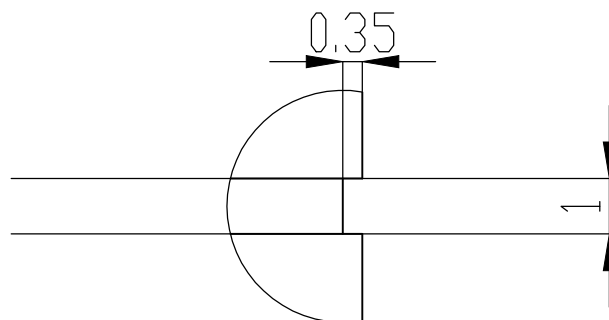




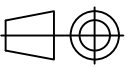
DETALLE A
ESCALA 5 : 1

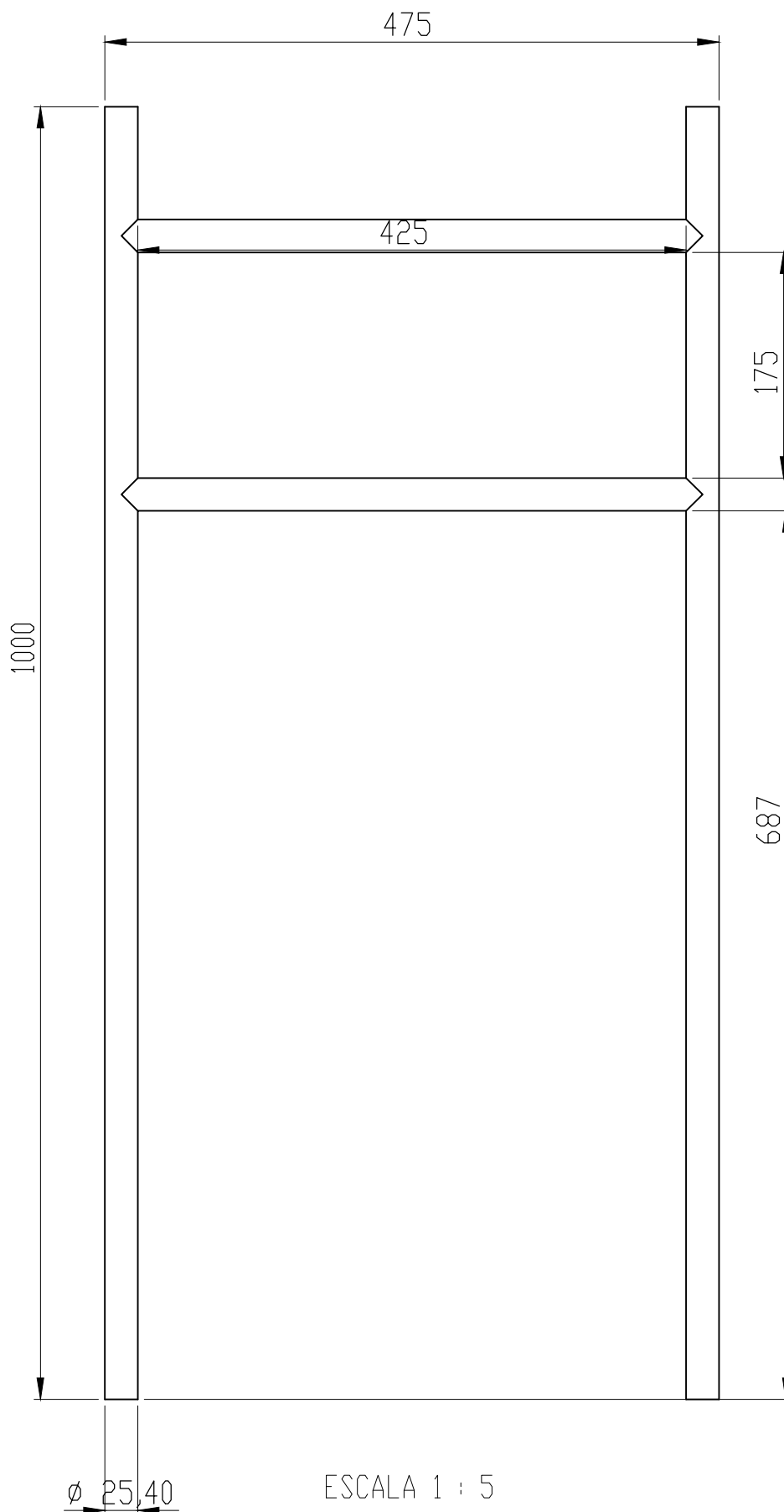


DETALLE B
ESCALA 5 : 1



DETALLE C
ESCALA 5 : 1

1	REDONDO SAE 4140 Ø15.8mm			
PROYECTO FINAL INGENIERIA MECANICA				PLATAFORMA NEUMATICA PARA COLECTIVOS
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO		LEANDRO PIAZZA	1:1	
				EJE DE RUEDA



Cantidad a
construir: 2

PROYECTO FINAL
INGENIERIA MECANICA

PLATAFORMA NEUMATICA PARA
COLECTIVOS

DIBUJO

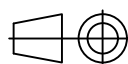
FECHA

NOMBRE

ESCALAS

LEANDRO
PIAZZA

1:5



BARANDA