



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Diseño de un sistema de toldo automático para el remolque de un tractor

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Galiana Botella, Pau

Tutor/a: Masiá Vañó, Jaime

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

RESUMEN

Se pretende diseñar y fabricar un sistema de toldo automático para cubrir la caja de un remolque arrastrado por un tractor agrícola. El toldo podrá ponerse y quitarse (estar cubriendo la caja o no) desde el interior del tractor, utilizando los circuitos oleohidráulicos de este. La carga que se transporta en el remolque supera en altura las paredes de la caja, por lo que se deberá idear un sistema que pueda cubrir dicha carga.

En un principio, la idea es diseñar un sistema que no utilice arcos sobre los cuales se coloca la lona (sistema más utilizado) ya que la visibilidad al ir marcha atrás disminuye en gran medida. Para ello la idea es implementar un sistema de poleas pueda poner y quitar la lona aprovechando el circuito oleohidráulico del tractor. A su vez, debido a que la carga supera en altura a la caja del remolque, las poleas se montaran sobre unos cilindros oleohidráulicos colocados verticalmente. Cuando se tenga que colocar la lona, los cilindros serán accionados por lo que las poleas y la lona alcanzarán una altura mayor a la de la carga a cubrir, en ese momento la lona cubrirá el remolque y tras ello los cilindros volverán a descender dejando la carga cubierta y quitando la menor visibilidad posible.

OBJETIVOS

Objetivo general: Cubrir la caja de un remolque utilizando un sistema que no empeore la visibilidad marcha atrás, o que la empeore lo menos posible.

Objetivo tecnológico: Implementar un sistema oleohidráulico para poder cubrir cargas que superen en altura a las paredes de la caja.

Objetivo académico: Demostrar los conocimientos adquiridos

PALABRAS CLAVE

Oleohidráulica

Toldo

Remolque

Automático

Tractor

RESUM

Es preté dissenyar i fabricar un sistema de tendal automàtic per a tapar la Caixa d'un remolc arrastrat per un tractor agrícola. El tendal podrà posar-se i llevar-se (tapar o destapar la Caixa) desde l'interior del tractor, utilitzant els circuits oleohidràulics d'aquest. La carga transportada al remolc supera en altura les parets de la Caixa, pel que es deurà idear un sistema que pugua tapar la Caixa.

En un principi, la idea es dissenyar un sistema que no utilitze arcs sobre els quals es col·loque una lona (sistema més utilitzat) ja que la visibilitat al anar cap arrere disminueix prou. Per a solucionar el problema es s'ha pensat en implementar un sistema de politges que pugua posar i llevar la lona aprofitant el circuit oleohidràulic del tractor. Al mateix instant, degut a que la carga supera en altura a la Caixa del remolc, les politges es montaran sobre uns cilindres oleohidràulics col·locats verticalment. Quan la lona tinga que tapar al remolc, els cilindres s'accionaran pel que les politges i la lona superaran l'altura de la carga del remolc, en eixe moment la lona cobrirà el remolc i seguidament els cilindres baixaran a la seua posició normal, deixant la carga coberta i llevant la menor visibilitat possible.

OBJECTIUS

Objectiu **general**: Cobrir la Caixa d'un remolc utilitzant un sistema que no empitjore la visibilitat marxa enrere, o que la empitjore el mínim possible.

Objectiu **tecnològic**: Implementar un sistema oleohidràulic per a poder cobrir cargues que superen en altura a les parets de la Caixa del remolc.

Objectiu **acadèmic**: Demostrar els coneiximents obtinguts.

PARAULES CLAU

Oleohidràulica

Tendal

Remolc

Automàtic

Tractor

SUMMARY

The aim is to design and manufacture an automatic awning system to cover the box of a trailer pulled by a farm tractor. The awning can be put on and taken off (whether it is covering the box or not) from inside the tractor, using its oleo-hydraulic circuits. The load that is transported in the trailer exceeds in height the walls of the box, so a system must be devised that can cover said load.

Initially, the idea is to design a system that does not use arches on which the canvas is placed (the most used system) since visibility when reversing is greatly reduced. For this, the idea is to implement a pulley system that can put on and take off the canvas taking advantage of the hydraulic circuit of the tractor. In turn, due to the fact that the load exceeds the height of the trailer box, the pulleys will be mounted on hydraulic cylinders placed vertically. When the canvas has to be placed, the cylinders will be activated so that the pulleys and the canvas will reach a height greater than the height of the load, at that moment the canvas will cover the trailer and after that the cylinders will descend again leaving the covered cargo and removing as little visibility as possible.

OBJECTIVES

General **objective**: To cover the box of a trailer using a system that does not worsen visibility in reverse, or that worsens it as little as possible.

Technological **objective**: Implement an oil-hydraulic system to be able to cover loads that exceed the height of the walls of the box.

Academic **objective**: Demonstrate the knowledge acquired

KEYWORDS

Oil hydraulics

Awning/Canvas

Trailer

Automatic

Tractor

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	6
1.1	OBJETIVO DEL PROYECTO	6
2.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	7
2.1	MAQUINARIA.....	7
2.1.1	TRACTOR.....	8
2.1.2	REMOLQUE	11
2.2	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	12
2.3	LABORES Y EXIGENCIAS DE LA EMPESA	12
3.	ANTECEDENTES	14
3.1	MODELO ACTUAL.....	14
3.2	MERCADO Y COMPETENCIA.....	14
3.3	COMPARACIONES Y EXPLICACIÓN DETALLADA	19
4.	OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE.....	23
5.	DISEÑO DEL PROTOPIPO	25
5.1	NORMATIVA A CUMPLIR.....	25
5.2	IDEAS GENERALES	26
5.3	PROTOTIPOS.....	27
5.3.1	SISTEMA DE TOLDO AUTOMÁTICO “EJE-CABLE”	28
5.3.2	TOLDO ACCIONADO MEDIANTE EJE-CORREA.....	30
5.4	SELECCIÓN DE PROTOTIPO	33
5.5	DISEÑO DEL PROTOTIPO SELECCIONADO	34
5.5.1	TAMAÑO DE LA LONA.....	34
5.5.2	DISEÑO DEL EJE Y SUS ELEMENTOS	39
5.5.3	ANCLAJE DEL EJE Y CILINDROS OLEOHIDRÁULICOS.....	40
5.5.4	CABEZAS DE LOS PISTONES OLEOHIDRÁULICOS.....	41
5.5.5	SISTEMA DE TENSADO DE LA CORREA.....	43
5.5.6	MONTAJE DEL MOTOR OLEOHIDRÁULICO	56
5.6	ESQUEMA DEL ESQUEMA OLEOHIDRÁULICO	56
6.	CÁLCULOS, RESULTADOS Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS.....	58
6.1	CÁLCULOS OLEOHIDRÁULICOS.....	58
6.1.1	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS CILINDROS OLEOHIDRÁULICOS.....	58
6.1.2	CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL MOTOR OLEOHIDRÁULICO.....	61
7.	SELECCIÓN DE MATERIALES	68
8.	REDISEÑO, SIMULACIONES Y OTROS ELEMENTOS.....	70
8.1	REDISEÑO DE ELEMENTOS.....	70
8.1.1	CILINDROS OLEOHIDRÁULIOS.....	70
8.1.2	ANCLAJE DE CILINDROS Y EJE	72

8.1.3	SOPORTE MOTOR	73
8.2	SIMULACIONES.....	73
8.2.1	SIMULACIÓN CON LA LONA SOBRE EL EJE.....	74
8.3	ELEMENTOS RESTANTES	79
8.3.1	ELEMENTOS OLEOHIDRÁULICOS	79
8.3.2	ELEMENTOS MECÁNICOS	80
9.	MODELO FINAL.....	81
10.	PRESUPUESTO	83
11.	CONCLUSIONES	87
12.	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	88

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo de fin de grado (TFG) se pretende diseñar un sistema de toldo automático para cubrir la caja de un remolque arrastrado por un tractor agrícola. Estos toldos son necesarios para poder transportar tierras y áridos en el remolque legalmente, ya que sirven para poder transportar este tipo de materiales sin que la carga transportada pueda caer sobre la calzada. Además, el toldo debe cumplir una serie de requisitos de diseño impuestos por la empresa Falset Excavacions ya que en caso de ser funcional y tener un precio competitivo, dicha empresa estaría interesada en realizar la fabricación de dicho modelo.

1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo de este TFG es realizar un sistema de toldo automático para cubrir la caja de un remolque arrastrado por un tractor agrícola. Como se ha mencionado con anterioridad, la empresa Falset Excavacions determina una serie de requisitos que desea que se cumplan en el diseño del prototipo para plantearse, en el caso en el que el precio sea competitivo, la fabricación de dicho toldo. Las características para cumplir son las siguientes:

- **AUTOMATIZACIÓN:** El toldo debe poder colocarse y quitarse desde el interior del tractor cuando el chófer así lo desee, [haciendo uso del sistema oleohidráulico del tractor para ello](#).
- **CUBRIR CARGAS SUPERIORES A LA ALTURA DE LAS PAREDES DEL REMOLQUE:** Debido al tamaño de la caja del remolque y la carga media que se suele transportar en él (8000 kg), se da el caso de que la carga supera en altura a las paredes del remolque en unos 30cm. Debido a esto el toldo deberá cubrir cargas superiores a 40cm para dar un margen de error a la hora de cargar el remolque. Esta carga se amontona creando una cresta en el centro del remolque y manteniéndose estática en esta posición debido a su propio peso mientras que en los laterales no alcanza nunca la altura de las paredes.
- **MAXIMIZAR LA VISIBILIDAD:** Debido a que en los lugares donde la empresa suele trabajar [carecen de espacio](#), así como que los accesos muchas veces son estrechos y sinuosos, el toldo no debe [afectar a](#) visibilidad en caso de tener que conducir marcha atrás.

Tras observar estas pautas establecidas se llega a la conclusión de que el toldo a realizar debe ser automático, capaz de cubrir cargas superiores a la altura de la caja sin problema y que tras esto minimice la pérdida de visibilidad hacia atrás.

[Este](#) toldo no solo deberá cumplir con los requisitos que la empresa empleadora busca, sino que también deberá cumplir las leyes y estatutos reguladores para la homologación de dicho sistema de toldo. Es por ello por lo que se debe tener en cuenta las leyes de circulación, ya que en caso de no ser cumplidas el sistema no podrá ser utilizado legalmente.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa Falset Excavacions nace en 2006 de la mano de Norbert Galiana al comprarse una JCB Robot. Desde un inicio la empresa se dedicó íntegramente a las excavaciones, ya sean tareas relacionadas con la agricultura o con la construcción. Debido al gran *boom* de la construcción la empresa pudo comprar una JCB 4CX para realizar labores de mayor volumen, pero realizando solo excavaciones. Después de unos años y tras cambiar la JCB Robot por la JCB 1CX, en 2014 la empresa adquiere su primer tractor y su primer remolque (el cual aún mantiene) los cuales son un Landini 6-135H y un remolque de la marca GILI Group, aunque al poco tiempo cambiará el tractor por un Massey Ferguson 5713S Dyna4 y mantendrá el mismo remolque hasta la actualidad. Esta adquisición permite a la Falset Excavacions realizar labores de transporte de tierras y áridos, lo cual se convierte rápidamente en una tarea tan importante como las excavaciones. Esta implementación genera un gran cambio en la empresa, ya que la implementación del tractor lleva a una mejora en el transporte de la maquinaria aumentando así la productividad. Es por ello la empresa decide cambiar las dos máquinas que hasta ese entonces tenía por una giratoria y una frontal de unas 6 toneladas de peso cada una, lo cual permite que ambas puedan ser transportadas en el tractor. En la actualidad, la empresa sigue dedicándose a las excavaciones y al transporte de tierra y áridos por igual.

2.1 MAQUINARIA

Para poder diseñar el sistema de toldo automático es necesario conocer la maquinaria en la cual va a montarse dicho sistema. La importancia de conocer la maquinaria sobre la cual se va a montar el prototipo recae en el condicionamiento que dicha maquinaria puede generar a la hora de diseñar el ya mencionado prototipo. El remolque, al ser la estructura donde va a montarse el toldo, determina las dimensiones de este (longitud y anchura) y el diseño del propio sistema de toldo automático al completo, ya que la disposición de varios de sus elementos como enganches, puertas, cajones... condiciona el diseño final del prototipo. A su vez, el tractor es muy importante ya que la automatización del toldo depende 100% del sistema oleohidráulico de este. La bomba que el tractor equipe y la cantidad de conexiones [válvulas distribuidoras y las conexiones](#) de este determinarán el dimensionamiento y diseño del circuito oleohidráulico necesario para hacer funcional el prototipo.

En el caso actual se trata de un tractor Massey Ferguson 5713S Dyna 4 el cual arrastra un remolque de la empresa Gili Group. A continuación, se muestra la información de ambos en mayor detalle.

2.1.1 TRACTOR

El tractor utilizado es un Massey Ferguson 5713S Dyna 4. Tras contactar con Massey Ferguson España por correo me facilitaron un archivo PDF con toda la información necesaria del tractor. Si hablamos de los datos técnicos básicos del tractor nos encontramos frente a un motor de 4 cilindros en línea de 4.4 litros con una potencia de 130 CV y 545 Nm de par. La bomba oleohidráulica de alta presión es de marca Bosch, de tipo CB18 y con una presión máxima de trabajo de 1800 bar.



Imagen 1: Tractor Massey Ferguson 5713S Dyna 4

A continuación, se adjunta una tabla con los datos más importantes:

Tabla 1: Información general del tractor.

MOTOR	
Modelo	MF 5713 S
Marca	AGCO Power
Tipo	44 AWFC
Potencia nominal en CV ISO (kW) a un régimen del motor de 2200 rpm	125 (92)
Potencia máxima en CV ISO (kW) a un régimen del motor de 2000 rpm	130 (96)
Par máximo, Nm	545 Nm
Marca de la bomba de alta presión	Bosch
Tipo de bomba de alta presión	CB18
Máxima presión del sistema de alta presión	1800 bar
Presión del sistema de baja presión	De 0,5 bar a 1 bar

Tabla 2: Información del sistema oleohidráulico del tractor.

DISTRIBUIDORES	
Tipo de sistema	Centro abierto
Tipo de bomba de alta presión	Bomba de engranaje Bosch Rexroth AZPF
Cilindrada de la bomba de alta presión	19 cm ³ (Q 57 l/min)
	19 cm ³ + 11 cm ³ (Q 84 l/min)
Velocidad de rotación de la bomba de alta presión	3000 rpm
Velocidad de rotación de la bomba de alta presión con el motor del tractor a relantí	1300 rpm
Caudal de la bomba con el motor del tractor a relantí	Q=24l/min (19cm ³) Q=36 l/min (19+11cm ³)
Presión máxima de la bomba	200 bar
Presión de ajuste de la válvula de escape principal del sistema	195 bar ± 5 bar
Número de distribuidores (máximo)	4
Número de conectores delanteros "push-pull"(máximo)	2
Número de conectores traseros "push-pull"(máximo)	8
Conexión entre distribuidores	En paralelo
Caudal máximo por distribuidor	57 l/min o 84 l/min
Tipo de control del distribuidor	Mecánico

A parte de estos datos, al leer el manual de usuario del tractor se encuentra más información sobre este como que el tractor cuenta con un regulador de caudal que limita el caudal que sale de la bomba. Este regulador se encuentra justo antes de los distribuidores y nos permite, sea cual sea el caudal obtenido de la bomba, reducirlo a un mínimo del 10% de este. Además, dichos distribuidores se pueden programar en función del tiempo, por lo que se puede determinar cuanto tiempo debe estar el distribuidor abierto tras activarlo antes de cerrarse automáticamente.

2.1.2 REMOLQUE

El remolque para el cual se va a diseñar el sistema de toldo automático está fabricado por la empresa Gili Group. Se trata de un remolque con volquete, por lo que se debe tener en cuenta el movimiento de la caja para la instalación del toldo. El remolque cuenta con unas dimensiones totales de 5500x2000x1850mm mientras que la caja cuenta con unas dimensiones exteriores de 4000x2000x750mm. La estructura está realizada con bigas cuadradas de 100x100mm y las paredes son de chapa de un espesor de 10mm. En la base, se utiliza una chapa de acero Hardox de 15mm de espesor para poder cargar piedras sin temor a la posible deformación del fondo de la caja. La puerta trasera del remolque es por una parte abatible para así poder descargar las cargas como tierra, áridos o piedras con facilidad y, a su vez tiene dos puertas que se pueden abrir de forma convencional para así poder cargar la maquinaria. Dicho estos, las dimensiones interiores que quedan son de 3800x1800x650mm. Por último, hay que mencionar que el sistema de frenado del remolque es oleohidráulico, por lo que, de los cuatro distribuidores de caudal montados en el tractor, dos de ellos estarán ocupados por el sistema de volquete y de frenado respectivamente.



Imagen 2: Remolque Gili Group

2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Falset excavacions realiza excavaciones y transporte de tierra en la comarca de La Marina Baixa, provincia de Alicante, más concretamente en la zona de Callosa d'en Sarrià y alrededores. Se trata de una zona muy montañosa donde predominan pinares, fincas donde se practica la agricultura (recolección de frutas como níspero, aguacate, naranja y limón principalmente), casas de campo desperdigadas entre las numerosas fincas del terreno y urbanizaciones, a parte obviamente de los pueblos colindantes (Altea, Altea La Vella, Callosa d'en Sarrià, Bolulla, Tarbena, Polop, La Nucia, Benidorm y los pueblos de la Vall de Guadalest).

2.3 LABORES Y EXIGENCIAS DE LA EMPRESA

Debido a la localización de la empresa y la geografía del terreno, las labores realizadas por la empresa suelen estar relacionadas principalmente con:

- **AGRICULTURA:** arreglar bancales, preparar finquas... Se trata de lugares con un mal acceso donde en muchos casos los caminos son estrechos y revirados. El área de trabajo es muy variada, pudiendo ser muy amplia en los casos en los que se trabaja en fincas aun sin plantar y pequeña al trabajar en fincas plantadas de árboles, rodeadas de pinos, márgenes y en ocasiones dentro de invernaderos.
- **REPARACIÓN DE ROTURAS:** Normalmente roturas de tuberías de agua debido al mal estado de las tuberías. El lugar de las roturas es muy variado debido a la gran cantidad de fincas y casas de campo que hay en la zona, a parte de las diferentes urbanizaciones y pueblos que hay por la zona por lo que muchas de estas labores se hacen en el interior de pueblos/urbanizaciones y en caminos y fincas donde el espacio es limitado por la cantidad de árboles que hay plantados para la producción de nísperos principalmente.
- **CHALÉS Y CASAS DE CAMPO:** Se trata de realizar una gran variedad de excavaciones relacionadas con la construcción. Estas son muy variadas siendo lo más común realizar las cimentaciones de una casa (se trata de la labor con más espacio debido a que se suele tratar de un espacio grande sin ninguna construcción), construcción de piscinas (el espacio de trabajo es muy variado) y obras en casas ya construidas y demoliciones (en las urbanizaciones el espacio es muy reducido).

Tras observar las distintas labores y los distintos sitios donde la empresa Falset Excavacions trabaja, se aprecia que el lugar de trabajo es diferente al que se suele pensar cuando se habla de excavaciones o el uso de tractores agrícolas. Principalmente los tractores agrícolas están destinados, como su propio nombre indica, a labores agrícolas, más comúnmente a aquellas que se realizan en grandes extensiones de tierra, normalmente muy plana y con un gran espacio mientras que las labores de excavaciones suelen estar más relacionadas en la construcción de grandes urbanizaciones o edificios en amplios solares sin muchos obstáculos. En el caso de Falset Excavacions las labores

se realizan en la mayoría de los casos en lugares ya sean estrecho o con difícil acceso, por lo que la empresa busca tener la mayor visibilidad posible desde el interior del tractor al mirar hacia atrás. Manteniendo la máxima visibilidad posible al conducir marcha atrás se mantiene un mayor control del entorno y se reducen los puntos ciegos del tractor lo cual permite al chofer conducir y sobre todo maniobrar con mucha más confianza y minimizando riesgos como pueden ser salirse de la vía, quedarse atascado en algún punto o golpear algún muro, vehículo o viandante que se encuentre cerca.

3. ANTECEDENTES

3.1 MODELO ACTUAL

Actualmente el remolque cuenta con un sistema muy sencillo para colocar la lona manualmente con facilidad. La lona está remachada a la parte delantera del remolque, en ambos laterales tiene una cuerda elástica que va desde la parte delantera hasta la trasera (los extremos de esta goma están atados al remolque, uno a la parte delantera y el otro a la trasera) y en la parte trasera hay un tubo de plástico para permitir que la lona se coloque desde un solo lado del remolque. Este sencillo sistema permite cumplir la normativa [del Real Decreto 1428/2003 \(BOE-A-2003-23514\)](#) que obliga a que toda carga de áridos (arena, grava, etc.) debe ir cubierta cuando el vehículo circula por carretera, [aunque esta y más normativas se explicarán más detalladamente en su correspondiente apartado.](#)

3.2 MERCADO Y COMPETENCIA

A continuación, se enumeran las principales empresas dedicadas a la fabricación de toldos en nuestro país:

MEILLER [1]

MODELOS MEILLER

- **Toldo corredizo:** Se trata del diseño de toldo más utilizado en el mercado debido a su sencillez. Su accionamiento puede ser tanto manual como eléctrico y el arco tiene una altura de 300mm sobre el nivel más alto de la caja.

Unos ganchos de retención automáticos sujetan la lona durante la marcha. El cerrojo plegable automático cierra completamente el área de la trampilla trasera. Un manejo erróneo al abrir la trampilla trasera queda descartado, ya que lo impide el circuito de seguridad eléctrico. [1]



Imagen 3: Sistema de toldo corredizo (Meiller) [2]

- **Lona desenrollable lateral:** La lona desenrollable MEILLER es especialmente resistente: desde la sólida sujeción lateral de la manivela hasta el refuerzo de lona del interior para evitar que se caiga el material suelto. La protección de la cabina del conductor se mantiene también con el sistema de lonas. La manivela plana permite mantener la máxima anchura exterior permitida según las Directivas de la UE.

Al desenrollarse y enrollarse, la lona se desplaza a través del tubo de avance, lo que facilita el manejo. Para cargar el vehículo, simplemente pliegue el tubo de avance hacia atrás para que no sufra daños. La lona desenrollable lateral está diseñada para una larga vida útil: a ello contribuye también el hecho de que la lona se pueda Tensar de forma individual mediante rodamientos excéntricos.



Imagen 4: Lona desenrollable lateral (Meiller) [3]

AUGE LONAS SL. [4]

MODELOS AUGE LONAS

- **Sistema corredero:** Mismo sistema que el observado anteriormente en MEILLER, se trata de un sistema de arquillos modulares y telescópicos con la flexibilidad necesaria para deformarse al cargar el remolque, ya que estos se deforman al ser cargados por fuerza que ejerce la carga a las paredes.

El sistema corredero de lonas está formado de una parte metálica corredera que contiene:

- Los carriles (de acero galvanizadas especial camión),
- Las roldanas (camión rueda acero, de la mejor calidad)
- Los arquillos (de acero galvanizado)
- Los soportes de la lona, de cinco alturas
- El cable de acero de 4 mm
- Barra manivela con soportes de rodamiento
- Poleas cónicas para mejor agarre del cable

TOLDOS BOTERO [5]

MODELOS DE TOLDOS BOTERO

- **TOLDO DE BRAZOS:** El funcionamiento de este sistema de toldo se basa en un gran arco metálico articulado el cual está anclado en la parte baja de la caja, aproximadamente al centro de este. El punto de anclaje es como una bisagra, por lo que el arco rotará sobre esta bisagra para desplazarse de la parte delantera del remolque a la trasera, cubriendo así el remolque. Este tipo de toldos permite cubrir una carga que supere la altura de la caja.



Imagen 5: Toldo de brazos (Botero) [6]

- **TOLDO ENROLLABLE:** Se trata de un sistema bastante utilizado. El toldo se desplaza sobre unas guías al igual que los toldos corredizos y se enrolla entorno a un eje en la parte delantera. A diferencia que, en los toldos corredizos, el toldo enrollable no usa arquillos por lo que la carga debe encontrarse por debajo del límite superior de la caja.



Imagen 6: Sistema de toldo enrollable con caja descubierta (Botero) [7]



Imagen 6: Sistema de toldo enrollable con caja cubierta (Botero) [7]

- **TOLDO ABRELATAS:** Este consta de un rodillo colocado longitudinalmente sobre el remolque, estando un lateral del toldo anclado a este. Cuando el toldo está abierto, este está enrollado sobre el rodillo a un lateral del remolque (el lateral donde el toldo siempre está fijo) y en el momento de cubrir el remolque se desenrolla manualmente hasta cubrir por completo el remolque y atarse (mediante carracas normalmente). [En el modelo observado en la imagen 7 el rodillo cuelga por el lateral del remolque y se ata a una estructura en la parte inferior de este mediante carracas.](#) El porqué de que este tipo de toldos se conozca como abrelatas resume el funcionamiento de este, se le llama de esta forma debido que para abrirlo se hace girar una manivela con forma de palomilla en la mayoría de los casos, la cual está anclada al extremo del rodillo. Este movimiento recuerda al que se realiza al abrir una lata con un abrelatas, de ahí su nombre.



Imagen 7: Toldo abrelatas cerrado (Botero) [8]

3.3 COMPARACIONES Y EXPLICACIÓN DETALLADA

Vistos los distintos toldos que se encuentran en el mercado, es momento de compararlos entre sí para ver cuál es mejor teniendo en cuenta los distintos requisitos que se demandan. Los puntos a tener en cuenta son la capacidad de cubrir una carga que supere la altura de la caja del remolque, que quite el mínimo de visibilidad posible y que sea automático. Para la comparación, se realizará un análisis del funcionamiento de cada uno de los toldos, observándose así los elementos y mecanismos utilizado en cada uno de ellos para realizar la labor de cubrir y descubrir la caja del remolque. De esta forma no solo se conocerán las ventajas de cada uno sobre los demás modelos, sino que también se revelarán sus desventajas más visibles. Esta recopilación de información nos servirá para el desarrollo de nuestro prototipo mostrándonos que técnicas son mejores o se complementan mejor a la hora de realizar el diseño final del prototipo.

Partiendo de esta base se realiza la comparación de estos toldos automáticos observando las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas de toldos.

- **TOLDO CORREDERA**

Este toldo es uno de los más utilizados debido a su sencillez y su buen funcionamiento. Los arquillos están montados sobre unas guías ancladas a la parte superior de los laterales del remolque y a su vez los arquillos están unidos entre si gracias a la lona que realiza la función de toldo y a unas cuerdas que se encuentran junto al toldo, aunque estas no se utilizan siempre. Un sistema de poleas transmite la energía de un motor oleohidráulico (en el caso de los tractores) al toldo, haciendo así que se pueda abrir y cerrar. Para ello, el último de los arquillos es el único que está fijo en el sistema de poleas, es decir, que el arquillo siempre está en contacto con el mismo punto de la cuerda que se mueve por la polea, es por ello que uno puede referirse a él como el “arquillo guía”. Por otro lado, se encuentran los demás arquillos o “arquillos guiados”, los cuales se deslizan sobre la guía debido al empuje que genera el toldo cuando el último arquillo se mueve.

En el momento en el que el toldo se activa para cubrir el remolque, el sistema de poleas empieza a girar por lo que el último arquillo empieza a moverse. En el momento en el que este último arquillo se ha desplazado lo suficiente como para tensar la lona empezará a desplazarse el segundo arquillo debido a la tensión que genera la lona. Esto se repetirá hasta que se haya desenrollado el toldo enteramente por lo que quedará colocado. Cuando se quiera quitar el toldo, el motor oleohidráulico trabaja en sentido opuesto replegando el último arquillo y eliminando la tensión que mantenía la lona tensada. En este momento el arquillo guía va retrocediendo y empujando todos los demás arquillos hasta destapar el remolque por completo. Tras haberse recogido el toldo este ocupará parte de la caja a no ser que se pueda colocar una guía que sobresalga por la parte delantera del remolque, dejando así la totalidad de la caja libre.

Habiéndose explicado el funcionamiento de los toldos de corredera se puede argumentar que estos son el sistema más utilizado por muchas razones, ya que la sencillez y buen funcionamiento de su diseño permite cubrir cargas superiores a la altura de la caja (según la altura del arquillo) sin prácticamente riesgo de que se pueda enganchar o dar problemas. Además, la sencillez de este conlleva a un bajo coste de fabricación, ya que con solamente un motor oleohidráulico, un número aproximadamente de entre cuatro y siete arquillos (para el caso de un remolque de estas

dimensiones), un simple sistema de poleas y una lona se puede fabricar uno de estos sistemas. El mayor problema que estos toldos tienen es la disminución de la visibilidad trasera debido a la altura de los arquillos (entre 30 y 60 cm) y la posición tan cercana que tienen a la cabina del conductor del tractor.

- **TOLDO ABRELATAS**

Los toldos abrelatas automáticos no son muy comunes, pero aun así se explicará su funcionamiento debido a que de este se pueden sacar ideas muy beneficiosas para el diseño del prototipo. *Como se ha mencionado anteriormente, los toldos abrelatas cuentan con un toldo anclado al remolque por un lateral mientras que el otro lateral está unido a un rodillo que se encuentra libre.* Debido a esto, el rodillo puede girar sobre sí mismo e ir enrollando la lona a su alrededor desde el lateral libre hasta el lateral que anclado a la caja del remolque. De esta ingeniosa forma se consigue cubrir la caja del remolque con facilidad.

En el caso de los sistemas de toldo de tipo abrelatas automático se hace uso de un sistema de poleas y de unas cuerdas que se enrollan al rodillo. Para el funcionamiento de este, dos juegos de cuerdas (o cuatro; según las dimensiones de la lona, rodillo y remolque) deberán enrollarse al rodillo *en sentido opuesto, de tal manera que según en la dirección en la que gire el sistema de poleas la caja del remolque se cubrirá o se descubrirá.* El diseño de este sistema automático *es muy complicado pero efectivo, además,* la cantidad de ventajas es proporcional a la cantidad de desventajas que tiene el diseño de cara a ser aplicado a nuestro prototipo. Empezando por los puntos positivos, se trata de un toldo sin arquillos por lo que la visibilidad no disminuye lo más mínimo como sí que pasa con el toldo corredera.

Este diseño de toldos permite cubrir cargas superiores a la altura de la caja siempre y cuando el material a cubrir sea arena, tierra o áridos de pequeño tamaño (*gravilla*) *debido quedan cargados en forma de cresta en el centro del remolque, pero es inservible para el transporte de rocas, raíces y demás elementos de forma irregular.*

A pesar de estas ventajas, este sistema tiene el inconveniente de ir montado sobre el lateral del remolque, por lo que *el rodillo queda expuesto al cargar el remolque por dicho lateral, y en caso de impacto podría romperlo o desmontarlo con facilidad.* Aunque este problema se puede solucionar cargando el remolque siempre por el mismo lateral, cabe recordar que los lugares de trabajo suelen ser estrechos y de difícil acceso en los que muchas veces solo se puede a un lateral del remolque, por lo que se estará obligado a cargarlo por encima del rodillo con el peligro que esto supone para la integridad del toldo.

Una vez contempladas las ventajas y desventajas del toldo abrelatas se llega a la conclusión de que este sistema al uso no es aprovechable para nuestro caso de estudio.

- **TOLDO ENROLLABLE**

El toldo enrollable es un sistema de toldo donde el toldo se enrolla a un eje que se encuentra fijo en la parte delantera del remolque. Es el sistema más utilizado en la fabricación de toldos para casas y terrazas ya que al recogerse ocupa muy poco espacio, su funcionamiento es simple y por ende barato. Aunque los toldos de este tipo enfocados al ámbito arquitectónico si son automáticos, no se han encontrado modelos automáticos que se monten en camiones o remolques, pero aun así se explicará el

funcionamiento de los toldos manuales utilizados en los remolques, ya que de su diseño y funcionamiento se pueden extraer ideas bastante buenas.

En este tipo de sistema de toldo enrollable, la lona se enrolla en la parte delantera y hace uso de unas guías para ser guiado desde ese punto hasta la parte trasera con facilidad (similar a una persiana, pero en posición horizontal). Comúnmente la colocación del toldo es manual, usando una cuerda o cincha para tirar de ella y desenrollar el toldo el cual, gracias a las guías cubre perfectamente el remolque. Para descubrir el remolque una vez se ha tapado, lo más común es el uso de una manivela situada en el propio eje.

Viendo el funcionamiento de este tipo de toldos, se puede alegar que la automatización de este tipo de toldos puede realizarse de forma no muy compleja, ya que, con un sistema de poleas, o mediante una cuerda (como en el toldo abrelatas) se podría conseguir que este tipo de toldos funcionaran de forma automática; pero el desarrollo de esa idea se realizará en su debido momento si es necesario.

Analizando las ventajas y desventajas de este modelo de toldo observamos que es un toldo sencillo y por ende barato, ya que solo requiere de un eje y unas guías para funcionar. El hecho de que el toldo se enrolle en un eje situado en la parte delantera del remolque (el cual puede estar dentro de una caja) elimina prácticamente por completo el riesgo de rotura del eje frente a golpes/impactos de posibles piedras o elementos ya que la parte frontal del remolque es la menos expuesta a posibles golpes debido a que justo delante está el tractor. Así mismo, las desventajas de este toldo llevan a que no se pueda aprovechar en nuestro proyecto, ya que al ser un toldo que utiliza guías no puede cubrir cargas superiores a la altura de la caja a no ser que monte arcos sobre estas (como el sistema de toldo corredizo) lo cual mermaría la visibilidad.

- TOLDO DE BRAZOS

Los toldos de brazos nacen como la tecnología capaz de automatizar los toldos enrollables. Este sistema se basa en la implementación de unos brazos rígidos montados en el lateral de la caja cuyo extremo está unido la lona. El extremo anclado al remolque está conectado a un motor capaz de moverlo realizando un arco de circunferencia sobre el remolque. En posición de reposo, es decir, cuando el remolque está descubierta, el toldo se encuentra enrollado y los brazos apoyados sobre este. Cuando se activa el motor los brazos empiezan a moverse hacia atrás formando un arco y cubriendo así cargas superiores a la altura de las paredes de la lona. Una vez cubierto el remolque se podrá volver a descubrir de la misma forma, formando un arco sobre este y dejando que la lona se enrolle en el eje delantero.

El sistema de toldo de brazos cuenta con la gran ventaja de ser un sistema que permite cubrir la carga aun cuando supera la altura de la caja y a su vez permite una gran visibilidad hacia atrás ya que no cuenta con arquillos u otro tipo de elemento. El hecho que el árbol se encuentre en la parte delantera del remolque permite que este se pueda cargar por ambos lados y la posición de los brazos disminuye el riesgo de ser golpeados por la máquina que esté cargando el remolque. La mayor desventaja con la que cuenta este diseño es la lenta velocidad trabajo que tiene el sistema, lo cual unido al hecho de que sería imposible poder desplazarse mientras el toldo se coloca debido a la altura que este alcanza en el punto medio del recorrido (en cualquier otro sistema se podría hacer debido a que se desliza sobre las guías a una mayor velocidad) hace de este

sistema una muy buena opción, pero no cumple todas las expectativas que la empresa busca en el toldo automático.

Una vez analizados los distintos toldos, se observa que, aunque se trata de diseños funcionales ninguno cumple todos los requisitos que debe cumplir el toldo. Aun así, este pequeño estudio de los distintos sistemas de toldo automático ha servido para obtener información y distintas ideas para llevar a cabo el diseño de los prototipos.

4. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Los objetivos de desarrollo sostenible son un número de medidas adoptadas por las naciones unidas con la intención de construir un mundo más justo, próspero y sostenible para las generaciones futuras [9]. Estos objetivos que a priori parecen estar enfocados para involucrar a gobiernos y grandes empresas únicamente, realmente buscan que toda la sociedad los adopte, de forma que se genere un desarrollo económico y social responsable.

Hay un total de 17 objetivos diferentes que se enumeran a continuación: [10]

1. Fin de la Pobreza.
2. Hambre Cero.
3. Salud y Bienestar.
4. Educación y Calidad.
5. Igualdad de Género.
6. Agua Limpia y Saneamiento.
7. Energía asequible y no Contaminante.
8. Trabajo Decente y Crecimiento Económico.
9. Industria, innovación e infraestructura
10. Reducción de las desigualdades
11. Ciudades y comunidades sostenibles
12. Producción y consumo responsable
13. Acción por el clima
14. Vida submarina
15. Vida de ecosistemas terrestre
16. Paz, justicia e instituciones solidas
17. Alianzas para lograr los objetivos

Ante los distintos objetivos de desarrollos sostenible propuestos por las naciones unidas y teniendo en cuenta la naturaleza del proyecto a realizar, se determina que los objetivos con más relación serán el 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) y el 9 (Industria, innovación e infraestructura) contando con mayor relación el objetivo de industria, innovación e infraestructura. A continuación, se explicará de forma detallada la relación con ambos objetivos:

- **9. INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRASTRUCTURAS.**

Este objetivo busca una industrialización inclusiva y sostenible, abarcando en ella la innovación y la infraestructura para crear fuerzas económicas dinámicas y competitivas que puedan generar empleo y promover nuevas tecnologías entre otros. El proyecto a realizar se puede relacionar con este objetivo debido a que es un proyecto de innovación al tratarse de un sistema de toldo diferente a los que se pueden encontrar actualmente en el mercado. De las distintas metas de este ODS, el proyecto guarda una mayor relación con la 9.1 y 9.5, ya que estas metas están más relacionadas con el desarrollo de infraestructuras e innovación. Debido a que la mayoría de las metas de los ODS se basan en medidas y cambios a gran escala como la industrialización de países en desarrollo o el desarrollo de infraestructuras transfronterizas cuesta relacionar el diseño

de nuestro toldo con otras metas más allá de las relacionadas con la innovación y el desarrollo y modernización de empresas.

- **8. TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO**

En cuanto al punto 8, al igual que pasa el en punto 9, cuesta relacionar un proyecto humilde y sencillo como el diseño de un toldo con las metas pensadas para este punto, ya que se enfocan principalmente a labores relacionadas con gobiernos o grandes empresas. Aun así, el proyecto se relaciona con este punto debido a que contribuye a un trabajo más decente y cómodo para el chofer del tractor.

5. DISEÑO DEL PROTOPIPO

En este punto se realizará el diseño del prototipo. Para ello se deberán conocer las normativas que el sistema de tordo automático deberá cumplir para poder ser homologado y para que pueda circular por la vía pública. Conocidas estas leyes se expondrán las ideas generales del tordo. [En el apartado de ideas generales se tendrán en cuenta las ideas principales para el diseño del prototipo.](#) Por último, se mostrarán el o los prototipos surgidos de todas las ideas [planteadas en el apartado anterior.](#) En el caso de que haya varios prototipos, se realizará un estudio prematuro de estos para seleccionar uno de ellos según sus características de diseño y tras esto se seleccionará uno. Tras ser seleccionado se realizará el [prediseño de este](#) y se pasará a la realización de cálculos.

5.1 NORMATIVA A CUMPLIR

Debido a que el proyecto a diseñar en este TFG está destinado a ir montado sobre un remolque enganchado a un tractor agrícola se deberá tener en cuenta la normativa de circulación tanto general como la que atañe a los vehículos especiales. Debido a que estas normativas son muy extensas debido a la gran variedad de variables que hay que restringir solo se comentarán los artículos que afectan directamente al tractor, el remolque y el montaje del prototipo sobre este. En los siguientes párrafos se agruparán las normativas a cumplir.

- En el Real Decreto 490/1997 (BOE-A-1997-8025) [11] se estipulan las dimensiones máximas que cualquier vehículo debe cumplir. En el <Artículo 57> se determina que la longitud máxima de un vehículo con remolque es de 12,00 metros, mientras que en el <Artículo 58> se especifica que la anchura máxima de un vehículo es de 2,55 metros salvo en el caso de superestructuras de vehículos acondicionados que será de 2,60 metros.
- El Real Decreto 1428/2003 (BOE-A-2003-23514) [12] en el cual se aprueba el Reglamento General de Circulación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, podemos encontrar el <Artículo 14>, el cual se encarga de la disposición de la carga. En este observamos que no se pueden transportar cargas que produzcan ruido, polvo u otra molestia que pueda ser evitada. Es por ello que toda carga que pueda producir polvo debe ir cubierta total y eficazmente.

Según el Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos (BOE-A-1999-1826) [13] <Artículo 16. Dispositivos obligatorios de alumbrado y señalización óptica> todo remolque agrícola y máquina remolcada de servicios deberá estar provisto de:

- Luz de posición delantera, cuando su anchura exceda de 20 centímetros por el lado más desfavorable de la anchura del vehículo tractor.

- Luces de gálibo anteriores y posteriores, si el vehículo tiene más de 2,10 metros de anchura.

5.2 IDEAS GENERALES

Para el diseño de un buen producto es necesario tener en cuenta todas las ideas que surjan durante el desarrollo para realizar un producto lo más completo posible donde se hayan estudiado todas las opciones de diseño posible.

De las distintas ideas y pensamientos que tengo para el desarrollo del prototipo, hay una que es de por sí un diseño de sistema de toldo automático, pero no se ha estudiado aun con la suficiente profundidad como para saber si funcionará correctamente. Este sistema de toldo consta de un toldo enrollable, un sistema de poleas y un circuito oleohidráulico con cuatro cilindros dispuestos en las cuatro esquinas de la caja del remolque. El montaje de estos elementos en el remolque sería el siguiente:

- **Bajo ningún concepto se deberá accionar en un mismo instante los cilindros que levantan la lona y el motor que la desenrolla.**
- En la parte frontal de la caja se encuentra el eje donde se enrolla el toldo.
- Los cilindros, dispuestos en las esquinas de la caja, tendrán montado en su **cabezal** (mediante un anclaje adecuado) unas poleas, estando las dos poleas de cada lateral unidas entre si con un cable.
- La lona **estará** enganchada al cable que une las poleas, de tal forma que al rodar las poleas en una dirección la lona se estiraría sobre el remolque y al girar en la otra dirección la lona se enrollaría sobre el eje descubriendo así la caja del remolque.
- **En cuanto a su funcionamiento, para poder cubrir cargas superiores a la altura de la caja los cilindros oleohidráulicos deberán elevarse, tras esto** se desenrolla la lona y cubre la carga para que seguidamente los pistones descendan y cubran la carga. De esta forma se cumplen todas las exigencias del cliente ya que el toldo es automático, cubre la carga del remolque y no minimiza la visibilidad de forma innecesaria ya que al bajar los pistones la lona toma la forma de la carga transportada. Aunque así planteada esta idea parece ser perfecta, al estudiarla con más detenimiento tiene algunos errores que no permiten su buen funcionamiento como, por ejemplo, como hacer que con un motor montado en el eje se pueda tanto enrollar como desenrollar la lona. Es por ello que a continuación se mostrarán varias ideas tanto adaptadas a este posible prototipo como ideas sueltas para el diseño del toldo.

POSIBLES PROTOTIPOS FUNCIONALES

- Acoplado el motor al eje podemos enrollar el toldo, pero no extenderlo. Una solución sería una correa que una el eje y la polea, de tal forma que al girar el motor para extender el toldo giraría tanto el eje como la polea, haciendo que el cable que une ambas poleas se mueva desenrollando así el toldo. Debido al movimiento de la polea

para poder cubrir la carga del remolque (recordemos que sube y baja debido al cilindro oleohidráulico), se debería de idear un mecanismo con tensores para hacer posible la idea.

- Otra forma de conseguir que se desenrolle es mediante un cable que esté unido al eje y a la correa/cable que une las dos poleas, justo en la parte inferior y posterior. Cuando el motor se active para desenrollar la lona, a su vez se enrollará la “cuerda” al eje, haciendo girar el sistema de poleas y moviendo la parte de la lona anclada al cable/correa hasta cubrir el remolque. Al recoger el toldo, mientras la lona se enrolla en el eje la cuerda se desenrollará.

IDEAS GENERALES RELACIONADAS CON EL SISTEMA DE TOLDO PENSADO

- Si la lona tiene unos imanes (poco potentes) a los extremos podría pegarse a la caja de tal que no permita que se caiga tierra. (muchos sistemas de toldo no van cerrados al 100%)
- Las poleas deben quedar en el exterior de la caja
- Debido al ámbito de uso del toldo, los elementos a diseñar estarán hechos de chapas de acero y cuyo espesor será de 10mm. Esto es debido a dos factores principales. Por un lado, la mayoría de la maquinaria de este mismo ámbito (excavadoras) utilizan este espesor en muchos de sus elementos, ya sean estructurales o de protección. A parte, debido a que los elementos diseñados estarán soldados a la caja del remolque, lo más inteligente es fabricar las piezas del mismo material que el remolque para que la soldadura sea lo más sencilla de realizar.

5.3 PROTOTIPOS

Teniendo en cuenta las normativas que el sistema de toldo automático debe cumplir, así como las diferentes ideas que han surgido para el diseño de este proyecto se han desarrollado varios prototipos basados en la idea principal explicada con anterioridad. Debido a que en los distintos prototipos la base del diseño será la misma se realizará una explicación detallada del funcionamiento básico del producto y posteriormente se explicará de forma concisa cada uno de los prototipos, centrándonos en las diferencias de funcionamiento entre ambos i no en el diseño básico de estos, puesto que son iguales o muy similares.

DISEÑO BÁSICO DEL PROTOTIPO

Aunque en el punto anterior ya se ha realizado una pequeña explicación del diseño del prototipo, a continuación, se explica el funcionamiento de este toldo automático de forma más detallada.

Este prototipo consta de un eje en la parte frontal del remolque en el que está enrollado el toldo, de cuatro cilindros oleohidráulicos situados en cada una de las esquinas de la caja, estando situados en [el exterior de esta](#). En el extremo de cada uno

de estos cilindros se encuentra una polea, las dos poleas de cada lateral están unidas entre si mediante un **cable de acero** creando así un sistema de poleas. Cada lateral tiene sus dos poleas con su correspondiente **cable**. Para poder mover la lona, uno de los extremos de esta se ancla al eje delantero y el otro se une al sistema de cables que une las poleas.

El funcionamiento de este toldo automático es posible gracias a dos sistemas oleohidráulicos independientes. Por un lado, uno de los circuitos estará destinado a levantar y a bajar los cilindros oleohidráulicos con la intención **de poder cubrir la carga** evitando así el poder engancharse. El otro circuito oleohidráulico alimentará un motor oleohidráulico que estará conectado al eje donde se enrolla la lona **mediante una polea para transmitir su giro al eje**. Al estar el motor **conectado al eje**, se podrá enrollar el toldo sin problemas, pero habrá problemas para poder desenrollar la lona, por lo que se intentará encontrar una solución funcional para este problema. El problema de desenrollar la lona es debido a que el motor está conectado **únicamente** al eje, por lo que todo el par que se transmita desde el circuito oleohidráulico al sistema se aplicará **solo en este elemento. Al no haber ningún elemento que tire del toldo al desenrollarse del eje, este no cubrirá la caja, sino que se desenrollará estando sobre el eje y quedará colgando en la parte frontal del remolque**

Por otro lado, al desenrollar el toldo no hay nada que tire desde el extremo del toldo hacia la parte trasera del remolque, por lo que el toldo se desenrolla, pero en vez de tensarse y cubrir el remolque solamente cuelga en la parte frontal del remolque.

Conocido el funcionamiento básico del toldo automático y su principal problema, a continuación, se muestran los distintos prototipos que parten de las ideas expuestas en los párrafos anteriores, pero que muestran una solución distinta al problema que encontramos al desenrollar el toldo.

5.3.1 SISTEMA DE TOLDO AUTOMÁTICO “EJE-CABLE”

Partiendo de que ya se ha detallado el funcionamiento básico del sistema de toldo automático, se pasa directamente a explicar mediante texto y con la ayuda de imágenes la solución que este prototipo aplica para poder desenrollar el toldo. **Para las imágenes mostradas a continuación se realiza la siguiente leyenda para comprender con mayor facilidad que elemento es cual.**

LEYENDA

	Remolque
	Sistema de poleas entre cilindros
	Cable
	Lona
	Carga

Para ello se utilizará un cable que estará **por un lado unido** al eje donde se enrolla el toldo y **a su vez** al cable **que conforma el sistema de** poleas y al cual está enganchada la lona. Como ya se ha observado, la lona se engancha al sistema de cables por la parte superior de este, por lo que el nuevo cable se unirá al sistema de poleas por la parte

inferior, situándose siempre en el extremo contrario al que está enganchado la lona (imagen 8). De esta forma cuando la lona este enrollada el enganche de esta se encontrará en la parte superior delantera del sistema de poleas, mientras el cable que se enrolla al eje estará estirado en la parte inferior trasera. Al activar el motor i empezar a desenrollarse la lona (todo esto tras elevar los pistones hidráulicos), el cable empezará a enrollarse en el eje tensándose y haciendo girar el sistema de poleas consiguiendo así que el extremo del toldo (en la parte superior delantera) empieza a desplazarse hacia la parte trasera, cubriendo así la caja (imagen 9). Una vez desenrollado el toldo bajarán los cilindros para que la lona tape la carga (imagen 10). Tras vaciar el remolque y poder volver a la posición inicial, el eje enrollará el toldo haciendo girar el sistema de poleas consiguiendo así que el cable se desenrolle, realizando así el mismo movimiento que al desenrollarse, pero a la inversa (imagen 11).

Las cuatro imágenes que se referencian en el texto muestran el proceso de como cubre y descubre la carga este sistema de toldo.

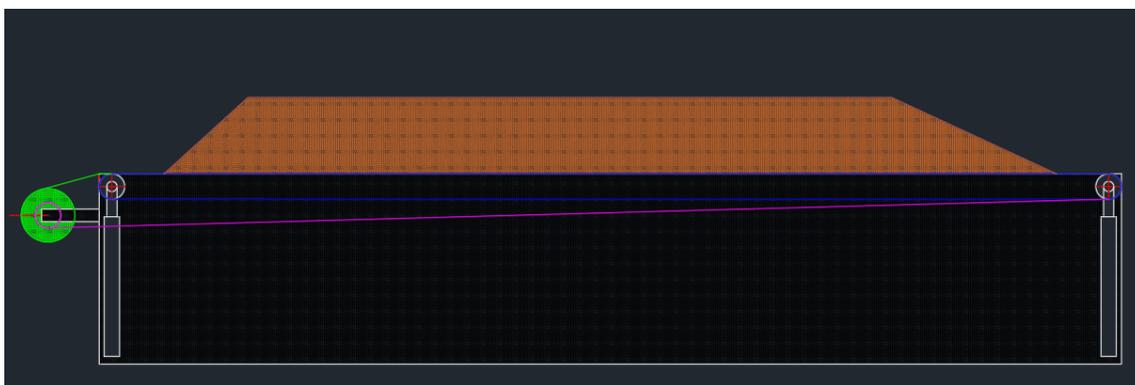


Imagen 8: Sistema eje-cable con lona enrollada y cilindros bajados

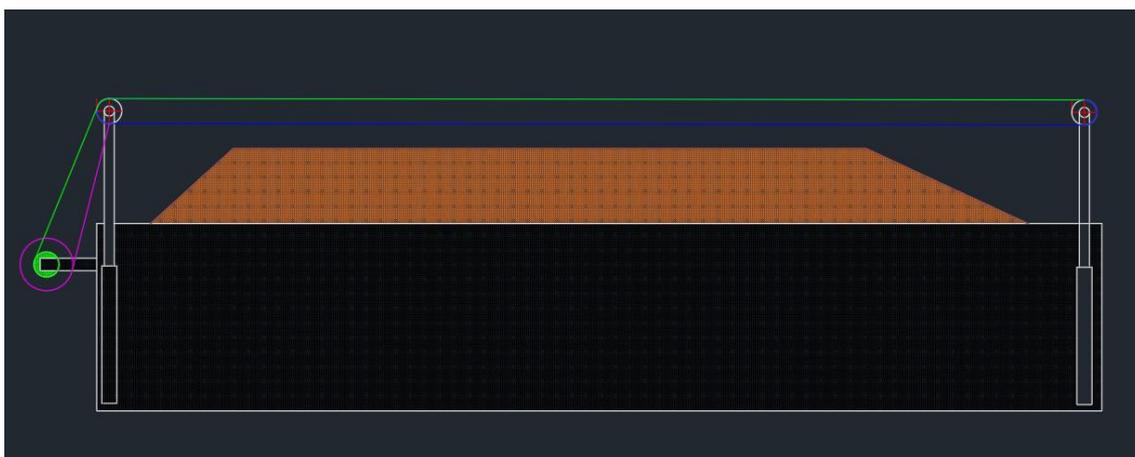


Imagen 9: Sistema eje-cable con lona desenrollada y cilindros subidos.

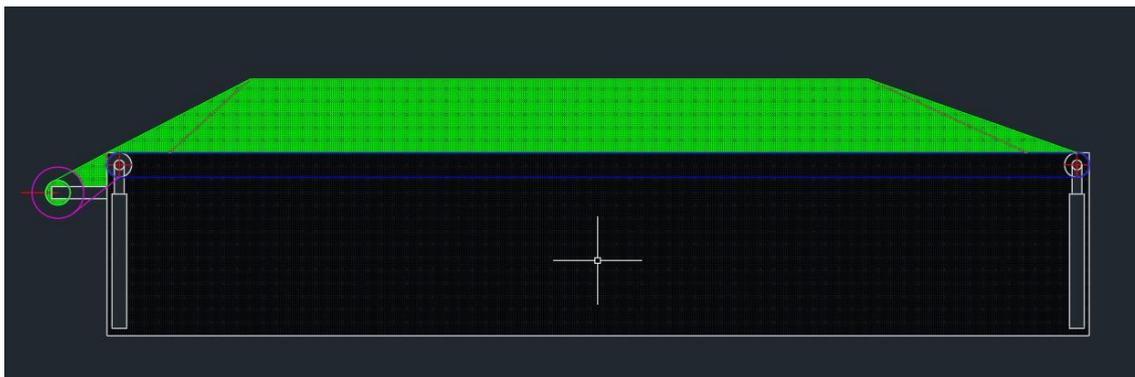


Imagen 10: Sistema eje-cable con lona desenrollada y cilindros bajados.

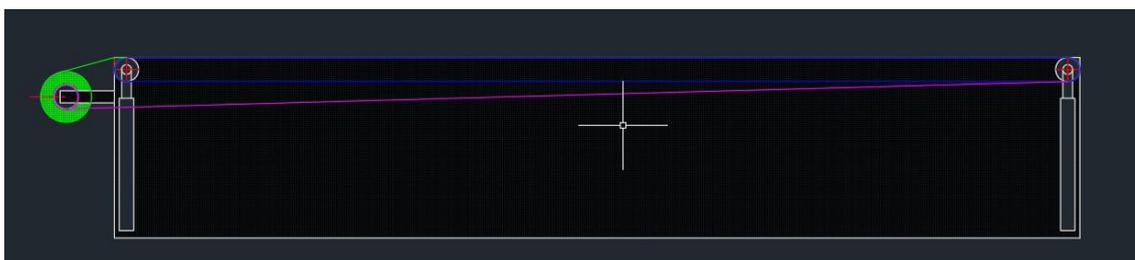


Imagen 11: Sistema eje-cable con lona enrollada y cilindros bajados.

Aunque en teoría esta solución solo necesita de un cable (por lado) para transmitir el movimiento del eje al sistema de correas, hay que tener en cuenta más factores que podrían afectar al diseño. Un detalle que se debe tener en cuenta es contar con un espacio en el eje para poder enrollar el cable cuando este se enrolla. Esto conlleva un eje más largo para poder colocar el cable enrollado en el extremo, lo que a su vez lleva a que las poleas sean más anchas o que se coloque una especie de separador para así poder alinearlas con el espacio del eje dispuesto para enrollar el cable. A su vez, el hecho de usar un cable conlleva a que debe estar tensado siempre para que no pueda o salirse, por lo que se debe poder bloquear el sistema de poleas para que no tenga movimientos, lo cual complica gravemente este diseño. Finalmente mencionar que el hecho de que el cable se enrolle puede conllevar problemas con el enredo de este cable, dejando inservible el toldo.

5.3.2 TOLDO ACCIONADO MEDIANTE EJE-CORREA

Al igual que en el prototipo anterior se va a explicar directamente el sistema a diseñar para poder desenrollar y enrollar el toldo ya que el diseño básico del toldo ya se ha explicado con anterioridad. En este caso la leyenda será similar a la anterior.

LEYENDA

	Remolque
	Sistema de poleas entre cilindros
	Sistema de correas entre eje y cilindros
	Lona
	Carga

La idea para conseguir enrollar y desenrollar el toldo se basa en el uso un sistema de correas trapecoidales que conecten el eje con el sistema de poleas. De esta forma se transmite el movimiento del eje directamente al sistema de poleas, haciendo posible tanto que el toldo se desenrolle como que se enrolle.

El mayor problema de este sistema es que el sistema de poleas se desplaza verticalmente por lo que la distancia entre el eje y las poleas varía según la posición de esta. Esto es un problema debido a que la correa se destensaría al bajar los cilindros, llevando a que la correa pueda soltarse. Para ello se piensa en montar un tensor unido a la polea delantera de manera que se mueva junto a esta (imagen 12).

Con este problema solucionado, el funcionamiento del toldo sería igual que en el caso anterior, pero con la peculiaridad de que el giro del motor es transmitido a través del eje al sistema de poleas, siendo este el encargado del movimiento del toldo y no el propio toldo como en el caso anterior.

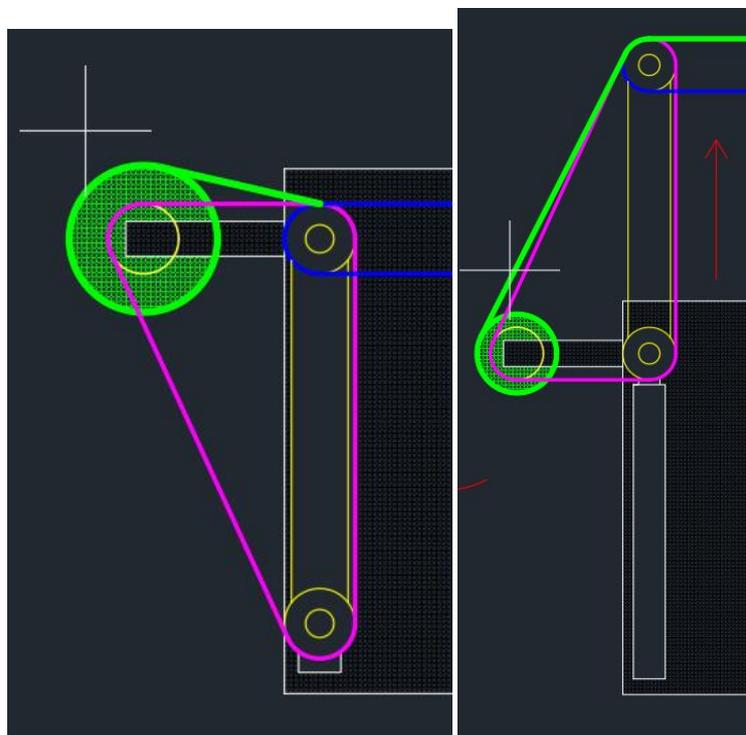


Imagen 12: Detalles de la transmisión entre eje y cilindros.

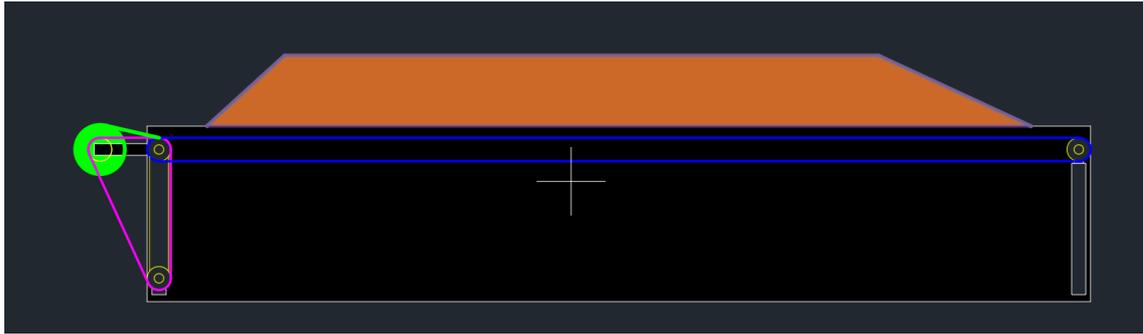


Imagen 13: Sistema eje-correa con lona enrollada y cilindros bajados.

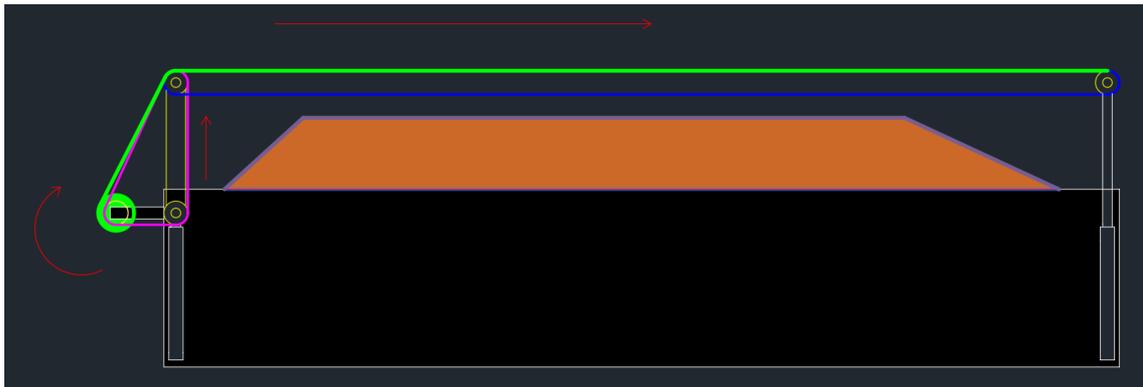


Imagen 14: Sistema eje-correa con lona desenrollada y cilindros subidos.

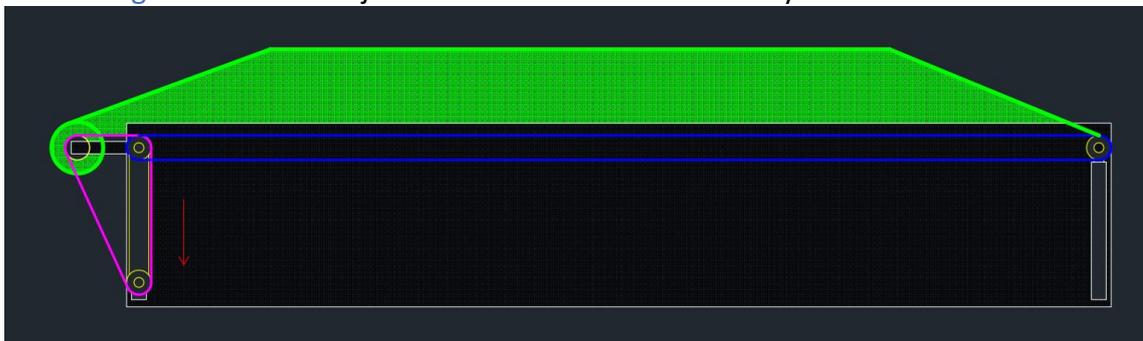


Imagen 15: Sistema eje-cable con lona desenrollada y cilindros bajados.

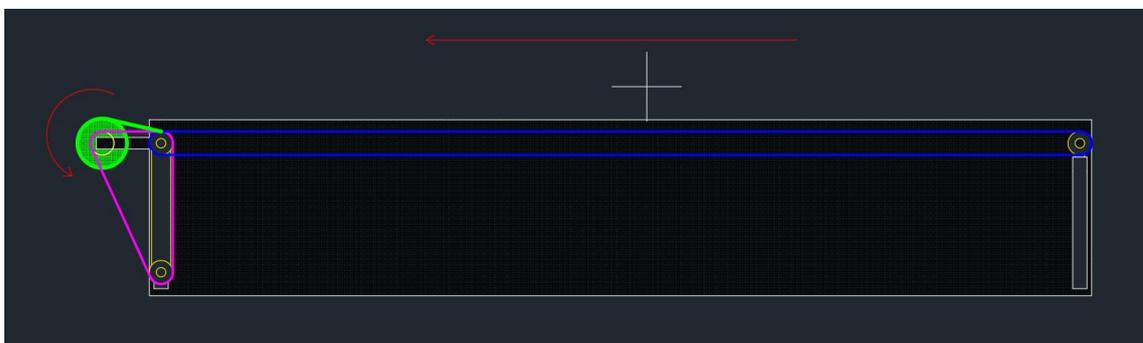


Imagen 16: Sistema eje-cable con lona enrollada y cilindros bajados.

5.4 SELECCIÓN DE PROTOTIPO

Tras exponer las diversas propuestas para la realización del toldo automático, obtenemos dos prototipos muy similares, pero con mecanismos distintos para recoger la lona. Es por ello por lo que en este punto se seleccionará cuál de las dos soluciones es más rentable *a priori*. Tras realizar la selección se empezará a desarrollar de forma más específica las características del prototipo seleccionado, en el caso de que haya errores de diseño visibles que no se pueden solucionar, o cuya solución es muy compleja se pasará a desarrollar el otro prototipo.

Dicho esto, y observando las explicaciones de los puntos anteriores (4.3.1 y 4.3.2) se escoge como mejor opción el modelo de toldo accionado por eje-correa (4.3.2). La selección de este sistema se ha realizado analizando las ventajas e inconvenientes de ambos diseños, los cuales se mostrarán a continuación:

- Tras analizar más en profundidad el sistema eje-cable se han encontrado varios problemas que complicarían el diseño. El primero de ellos es la necesidad de un eje de mayor longitud, así como separadores para que los cables atados a la parte trasera no se puedan enrollar sobre la lona. También se debe tener en cuenta que el eje debe de bloquearse para que no se mueva, ya que esto puede llevar a que se destense el cable. Viendo las imágenes de este diseño se observa otro problema, y es que, tras cubrir la carga, al bajar los cilindros para cubrirla encontramos que el eje debe de rodar para enrollar el cable de forma que la lona se desenrollaría aún más, haciendo así que esta no quede tensa, y complicando la programación del toldo, debiendo de hacer que al bajar los cilindros deba de rodar. El principal inconveniente de este último problema es el tener que programar el sistema oleohidráulico para que enrolle el cable a la vez que bajan los cilindros **ya que esto va en contra del primer punto observado en el apartado de ideas generales.**
- Tras el análisis del sistema eje-correa se han encontrado más ventajas que desventajas, sobre todo al comparar este sistema con el eje-cable. Para empezar, el eje deberá tener la longitud de la lona (o un poco más, según se seleccione en el diseño) sin necesidad de aumentarlo ya que simplemente será necesario colocar una polea **en un extremo de este y dos en el otro (debido al motor)** para poder transmitir el movimiento de rotación del eje al sistema de poleas. Gracias al sistema de tensores la correa no se destensará y además se elimina el riesgo que existe en el sistema eje-cable, donde se podía dar que el cable se enrollará sobre la lona bloqueando el funcionamiento del toldo. Otra ventaja ante el sistema eje-cable es la sustitución de elementos ante una rotura, ya que si una correa se rompe simplemente se cambia por otra con facilidad, y debido a su tamaño esta puede llevarse fácilmente en el tractor, por lo que ante una rotura la reparación sería sencilla e **instantánea mientras que en el sistema eje-cable la rotura es mucha más difícil de solucionar.**

Tras esta comparación de pros y contras de cada uno de los prediseños cabe recalcar que el análisis del **funcionamiento** de los diseños se ha realizado *a priori*, teniendo en cuenta el diseño preliminar de estos, por lo que, aunque ambos diseños podrían mejorarse para evitar problemas no se va a analizar estas posibles soluciones en este momento

5.5 DISEÑO DEL PROTOTIPO SELECCIONADO

Una vez seleccionado la opción de diseño para la fabricación del toldo es momento de realizar el diseño de este, para así observar si es realmente una opción viable o, por el contrario, tiene errores de diseño cuya solución es demasiado compleja. A parte de comprobar si se trata de un diseño viable, esta etapa de diseño permitirá conocer las dimensiones de varios elementos que componen el producto, como será el tamaño de la lona, la longitud del eje y las dimensiones de los soportes (principalmente el delantero) entre otros. Es por ello que en este punto se realizarán labores de diseño de elementos, así como unos primeros cálculos (trigonometría en la mayoría de ellos) para poder dimensionar las diversas piezas que forman el sistema de toldo automático.

Debido a que en este punto se trata de concretar las dimensiones de los elementos y del sistema en general, no se tendrán en cuenta las propiedades mecánicas de las piezas, ni tampoco los métodos de anclaje de las diversas piezas; por lo que todas las piezas tendrán un tamaño que, de primeras, pienso que es el adecuado para ellas.

Otro punto a tener en cuenta en este diseño es que no se tendrán en cuenta las dimensiones de algunas piezas ya que debido a que en el siguiente punto se dimensionarán debidamente, en este punto solo se diseñarán como concepto para poder realizar un ensamblaje de todo el sistema. Es por ello por lo que, aunque en esta explicación no se indague en las mediadas de algunas piezas, lo importante es que la forma de las piezas sea la correcta.

Dicho esto, se va a determinar el único parámetro que se va a tener en cuenta en este diseño del prototipo. Debido al ámbito de uso del sistema a diseñar, se plantea el diseño partiendo de que el material a utilizar para los elementos fabricados será el acero. Otro parámetro a tener en cuenta será el espesor de las piezas de acero, el cual será mínimo de 10mm de espesor para cualquier pieza, ya que la máquina deberá soportar algún pequeño golpe de posibles piedras, grava o incluso de alguna excavadora. Se determina un espesor de 10mm debido a que la mayoría de la maquinaria de este mismo ámbito utiliza estos espesores mínimos.

5.5.1 TAMAÑO DE LA LONA

La lona es el elemento más importante del toldo automático no solo por ser la encargada de cubrir el remolque, sino porque a partir de su tamaño se deberá dimensionar la longitud del eje y la forma del soporte de este, así como las posiciones de los sistemas de poleas utilizados para transmitir la fuerza desde el motor al eje y desde el eje al sistema de poleas en el cual está “atada” la lona.

El material seleccionado para la lona desde un primer instante es el PVC de 1000g/m², ya que se ha realizado una búsqueda de información de las lonas utilizadas para este tipo de sistema de toldos de remolque y en la mayoría de los casos se utilizan lonas de 650g/m², pero debido al hecho de que la lona va a estar en contacto con la carga se ha preferido sobredimensionar el espesor y gramaje de esta. Para realizar esta búsqueda de información se ha contactado vía telefónica con fabricantes y comerciantes de este tipo de toldos, como lo son Algar Motor en Alicante (distribuidor Meiller) y con toldos Botero.

Tras la búsqueda de lonas con este gramaje, se obtiene una media de espesor de 12mm. El espesor de la lona nos será importante para dimensionar tanto el largo de la lona como la forma del soporte, ya que como veremos más adelante el espesor de esta condiciona la distancia de separación entre el eje y la caja.

Una vez **conocido** el espesor se realizan los cálculos necesarios para conocer las dimensiones del toldo.

5.5.1.1 ANCHURA DE LA LONA

Antes de **realizar** los cálculos necesarios para obtener la anchura de la lona, se realiza un dibujo del remolque, siendo este una vista frontal del remolque cargado y con la lona cubriendo dicha carga. Mediante este dibujo se trata de obtener más información sobre el producto a diseñar y, mediante la observación, obtener la mejor forma de calcular el ancho de la lona.

LEYENDA

■	Remolque
■	Eje
■	Poleas
■	Lona

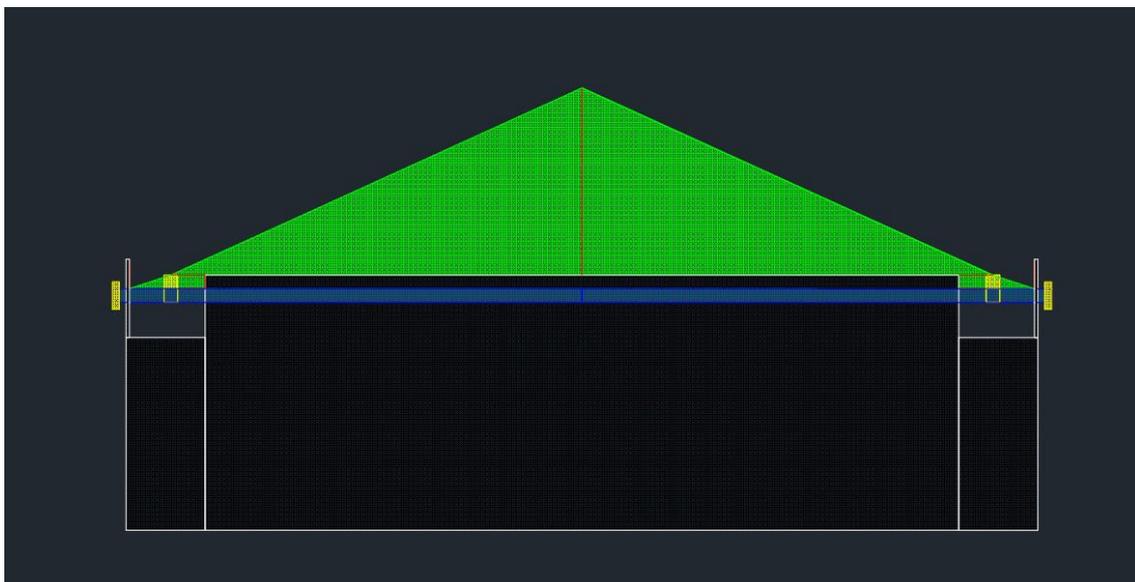


Imagen 17: Vista frontal del remolque con el toldo cubriendo carga.

Al observar la imagen vemos que el toldo toma una forma triangular al cubrir la carga. Para medir la longitud de este se realizará un simple cálculo trigonométrico siguiendo el teorema de Pitágoras, ya que si solo nos fijamos en una mitad del toldo obtenemos un triángulo rectángulo en el que conocemos los dos catetos (la altura de la carga y la longitud desde el centro a la polea). Una vez realizado Pitágoras obtendremos

la mitad de la anchura de la lona, por lo que al multiplicar el resultado por dos obtendremos la anchura de la lona.

DATOS:

$h = 450\text{mm}$

$L_{\text{poleas}} = 1050\text{mm}$

$D_{\text{eje-inicial}} = 60\text{mm}$

$$\frac{\text{Ancho Lona}}{2} = \sqrt{h^2 + L_{\text{poleas}}^2}$$

$$\frac{\text{Ancho Lona}}{2} = \sqrt{450^2 + 1050^2}$$

$$\frac{\text{Ancho Lona}}{2} = 1142.36 \text{ [mm]}$$

$$\text{Ancho Lona} = 2284.73 \text{ [mm]}$$

5.5.1.2 DIAMETRO TOTAL DE LA LONA ENROLLADA EN EL EJE Y LONGITUD DE LA LONA

Para poder conocer la longitud de la lona es necesario conocer el diámetro total cuando la lona está enrollada al eje. Esto se debe a que la longitud total de la lona será el resultado de sumar la longitud de la caja del remolque y la distancia desde el eje hasta el inicio de la caja. Los datos utilizados en este caso son un eje de 50mm de diámetro y una lona de 12mm de espesor a la cual se le sumarán dos milímetros ya que al enrollarse suele quedar una pequeña capa de aire ente las capas de lona.

Para calcular el diámetro se deberá conocer el diámetro inicial del eje y se tomará una longitud de lona para poder realizar los cálculos. Debido a que el remolque tiene una longitud total de caja (de exterior a exterior) de 4.2m, se considerará una lona de 5m la cual se enrollará a un eje que se sitúa a 0.8m de la caja.

Con todos estos datos se partirá de un punto en el cual está la lona desenrollada, por lo que tendremos un eje de un diámetro de 50mm y un perímetro de 188.49mm (calculado en Excel siguiendo la fórmula de $P = \pi \cdot d$), una lona con una longitud de 5000mm. Partiendo de este punto se realizarán cálculos para conocer el diámetro, perímetro y longitud de lona tras una revolución del eje. Estos cálculos serán los siguientes

$$D_{\text{eje}} = D_{\text{inicial}} + 2eL_{\text{Lona}} = 50 + 12 \cdot 2 = 74\text{mm}$$

El espesor de la lona multiplica por dos (solo en el primer cálculo) debido a que al eje se le debe sumar una primera vuelta de la lona, cuando esta finaliza, lo hace sobre sí misma, por lo que el espesor será dos veces mayor. En las siguientes iteraciones de este cálculo no se multiplicará por dos el espesor, debido que el espesor solo aumentará una vez.

$$Llona+ = Llona - P = 5000 - 188.49 = 4811.5mm$$

A cada vuelta que dé el eje, la lona se irá enrollando en él, haciéndose esta más corta a medida que aumenta el diámetro y el perímetro del eje.

$$P = Deje \cdot \pi$$

Para conseguir el diámetro final, se realizarán las iteraciones necesarias de estas tres fórmulas hasta el punto en el que la longitud del toldo sea negativa, o lo que es lo mismo, cuando el perímetro de la lona enrollada sea mayor que la cantidad de lona que queda por enrollar. En este punto se encontrará el mayor diámetro ya que a partir de este punto la lona se enrolla del todo en el eje por lo que el diámetro no aumenta.

Dicho esto, y tras realizarse los cálculos en una tabla de Excel se obtiene un diámetro de 216mm. La conclusión de este primer caso es que para una lona de 5m el mayor diámetro que se consigue al enrollarla a un eje de 50mm, es D=216mm.

Conocido este valor se procede a recortar la lona y acercar el eje a la caja, para así aumentar el espacio que separa el eje del tractor y minimizar el momento generado por el peso del eje, consiguiendo así una menor tensión en la chapa de anclaje. Partiendo de que la caja mide 4200mm y tenemos un diámetro total de 216mm y un radio de 108mm (el cual ahora será menor debido al recorte de la lona) por lo que se colocará el eje a 150mm de la caja y se realizarán los mismos cálculos que en el caso anterior, tratando así de seguir acortando la distancia del eje al tractor.

Tras esta **iteración** se consigue reducir el diámetro a 204mm. Siendo el diámetro del eje de 204mm (radio de 102mm) y estando situado a 150mm de la caja, se obtiene una distancia de menos de 5cm desde la caja a la lona enrollada (48mm de distancia entre la caja y la lona), por lo que no se tratará de reducir más el tamaño de la lona ni la distancia entre el eje y la caja, por lo que se llega a la conclusión de que la longitud de la lona será de 4350mm.

5.5.1.3 FORMA DE LA LONA Y MONTAJE

Una vez calculado el tamaño de la lona (4350x2285mm) se debe determinar tanto su forma como el sistema de acople de esta al eje y a las guías.

FORMA DE LA LONA

Debido a que el ancho de la lona es superior a la distancia entre las poleas para poder cubrir la carga, se da que una lona rectangular de 2285mm de ancho no quedaría tensa y colgaría, pudiendo engancharse con la carga en el momento de taparla. Para solucionar este problema la forma de la lona será la siguiente.

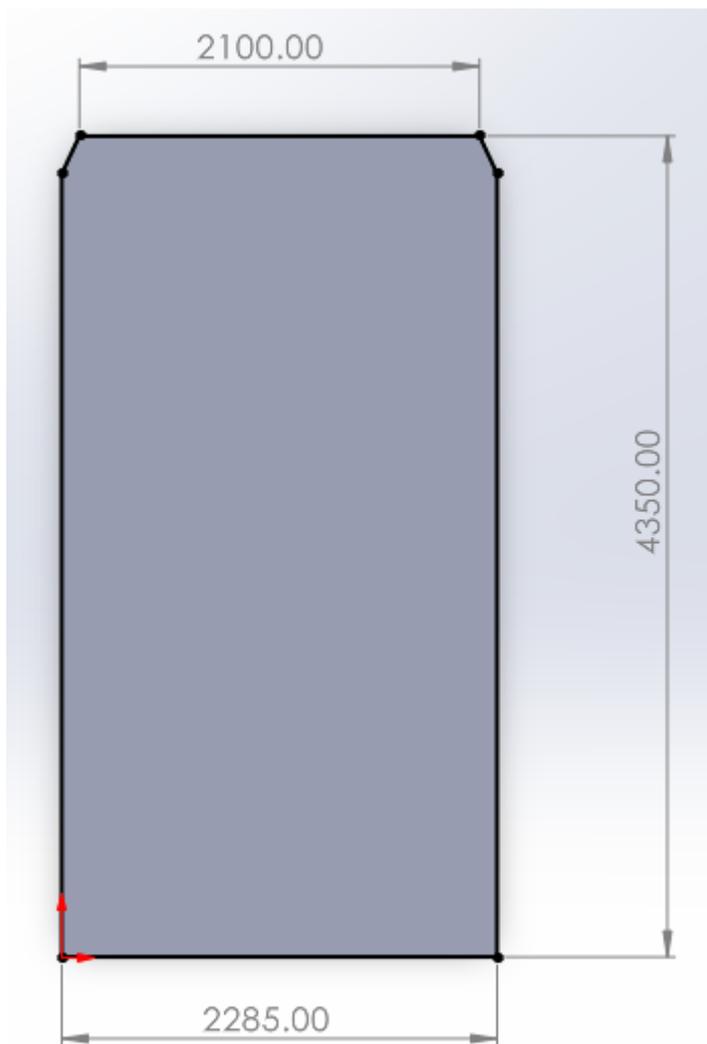


Imagen18: Dimensiones de la lona.

Con este diseño de lona con un extremo de 2100mm se pretende que el extremo de la lona se mantenga tenso en todo momento mientras que el resto de la lona tenga las dimensiones necesarias para poder cubrir la carga sin problema. De esta forma, al estar el extremo tenso, este pasará por encima de la carga sin tocarla para que, posteriormente, el resto de la lona **lo haga deslizándose sobre ella, pero sin riesgo de engancharse (debido en parte a las cargas que se pretenden transportar)**.

Para unir la lona al eje se utilizarán abrazaderas de alta presión como la que se observa en la imagen. Para que esta pueda abrazar el eje y sostener la lona se montará la lona estirada con el extremo sobre el eje. Se hará girar el eje media revolución con la lona junto él, de forma que quede medio eje cubierto por la lona y medio no. En este punto se agujereará la lona y se remachará con anillas el agujero, y por este pasará la abrazadera que apretará tanto el eje como la lona, manteniendo ambos unidos. Se colocará una anilla cada 20cm para asegurar que la lona se mantenga fija. Por otro lado, para unir la lona a los cables de que unen los cilindros se utilizarán grapas metálicas SIMES A-18 como las que se muestran a continuación. Estas unirán únicamente la parte trasera de la lona. Finalmente, para conseguir que la lona cubra los laterales y la parte

posterior del remolque, se colocarán en dichas partes imanes de baja potencia para que estos se peguen a la chapa del remolque al bajar los vástagos de los cilindros para así evitar que la carga pueda caer.



Imagen 18: Elementos de sujeción de la lona al sistema.

5.5.2 DISEÑO DEL EJE Y SUS ELEMENTOS

Una vez dimensionada la lona a del toldo se pasa a dimensionar el eje donde esta se va a **enrollar**. Para ello se tendrá en cuenta la longitud de la lona, el espesor de los soportes del eje, los rodamientos y las poleas, así como algunos detalles que se mencionarán más adelante.

Primeramente, se dimensionará un eje con un tamaño lo más reducido posible. Para ello se **deberá tener en la anchura de la lona y la posición de los soportes (a determinar)**. Estos mismos soportes contarán con una ranura para albergar el **rodamiento seleccionado**. Seguidamente deberán encontrarse las poleas de transmitirán del giro del eje al sistema de poleas trasero (una a cada lado) y finalmente, a un solo lado, se **montará** el sistema de poleas que une el eje y el motor oleohidráulico.

El diseño inicial del eje será el siguiente:

- Debido al ancho de la lona (2284.97 mm), la distancia interior entre los soportes será de 2300 mm.
- La anchura de los soportes será de 30mm para así poder encajar unos rodamientos SKF 210 para ejes de 50mm de diámetro.
- Desde los rodamientos a la primera polea habrán 10mm de distancia. **Las poleas montadas serán dos poleas trapezoidales SPA 100.**
- **Tras esta primera polea, y a un solo lado, se monta otra polea para la transmisión de par desde el motor oleohidráulico al eje. En este caso se trata de una polea SPA 200**
- **La longitud total del eje montando estos elementos será de 2490mm**

Una vez descrito el diseño del eje, nos encontramos con una longitud total de 2490mm. Aunque se queda bastante cerca del límite de anchura que marca la ley, el sistema cumple con las leyes de circulación respecto a la anchura del vehículo.

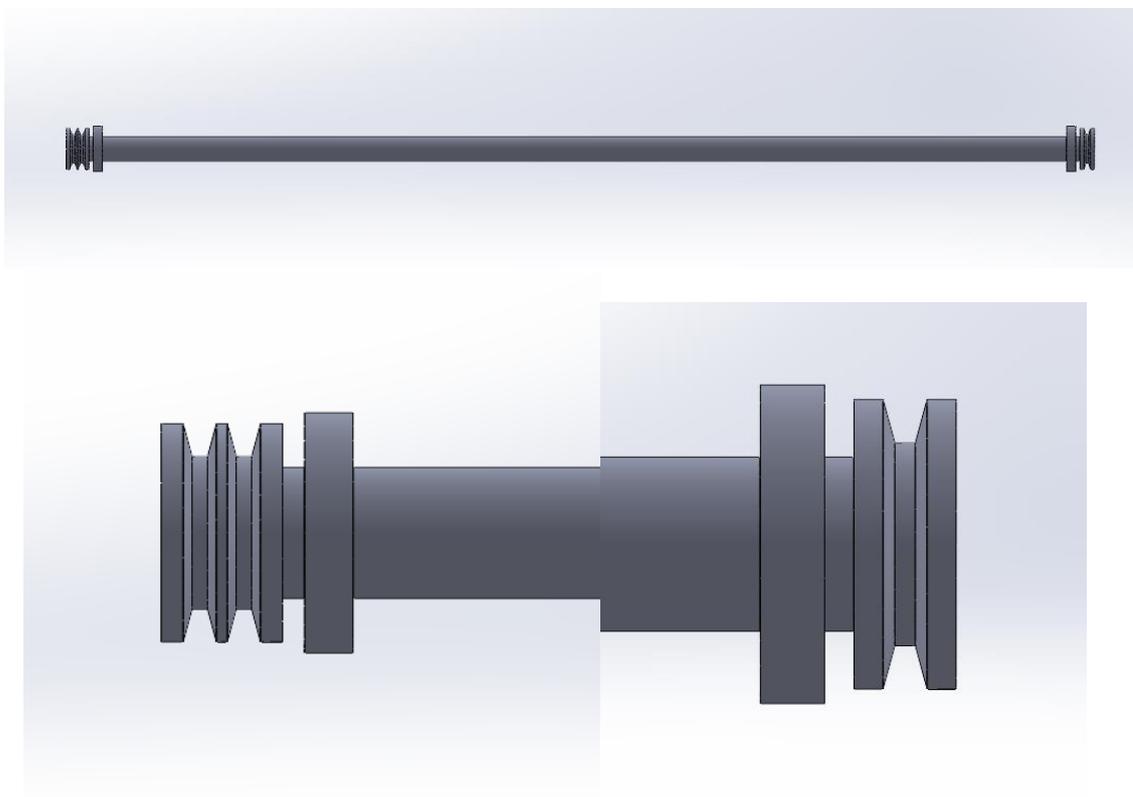


Imagen 19: Diseño preliminar del eje.

5.5.3 ANCLAJE DEL EJE Y CILINDROS OLEOHIDRÁULICOS

Los soportes tanto del eje como de los cilindros tienen la función de **anclar** el sistema de toldo automático al remolque, por lo que deberán estar dimensionados para soportar el peso de todos los elementos y estar situados de tal forma que todos los elementos se monten **en una posición correcta**, tratando de minimizar la anchura total del sistema. **Como ya se ha especificado anteriormente, se fabricarán con chapas de acero de 10mm de espesor soldadas entre sí**, de tal forma que los costes sean los más bajos posibles.

Para simplificar la cantidad de piezas, se harán dos tipos de soportes distintos. El soporte delantero servirá tanto para anclar el eje como los cilindros delanteros mientras que el anclaje trasero solo anclará los cilindros traseros.

Estos anclajes se soldarán directamente sobre la caja del remolque. En cuanto a la sujeción del eje, este irá unido al anclaje gracias a los rodamientos, los cuales están alojados en este elemento. Por otro lado, en el caso de los cilindros, se realizará un anclaje en función al cilindro seleccionado para soportar su carga. Además, se hará uso

de abrazaderas metálicas atornilladas al soporte, de tal forma que no permitan el movimiento del cilindro y lo mantengan siempre en posición vertical.

Al igual que con las demás piezas de este primer diseño, estos soportes sirven para empezar a realizar los cálculos y, en el caso de que sea necesario, se redimensionarán y/o rediseñarán a medida que se realicen los cálculos en el caso de que fuera necesario.

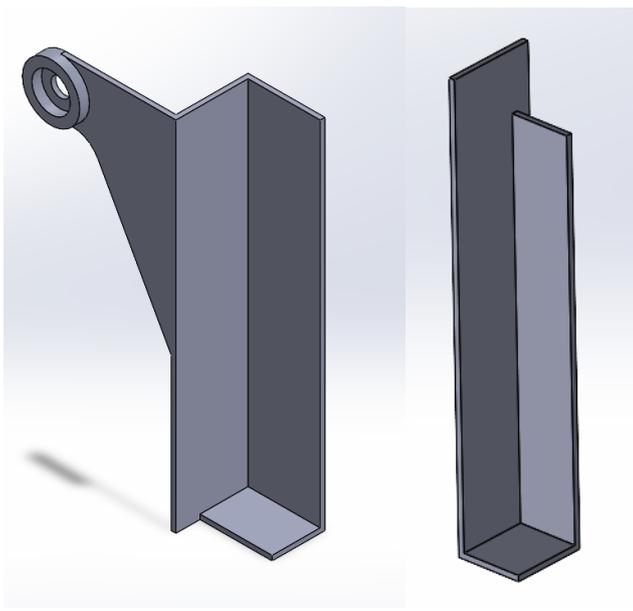


Imagen 20: Anclaje eje-cilindro y anclaje cilindro trasero.

Como se puede observar en las imágenes, ninguno de los dos anclajes cuenta con agujeros para poder atornillar los cilindros oleohidráulicos o las bridas que lo sujetarían. Estos se realizarán una vez se sepa el método de anclaje final, por lo que no se realizarán hasta que estén seleccionados los cilindros.

5.5.4 CABEZAS DE LOS PISTONES OLEOHIDRÁULICOS

Por último, se diseñarán las cabezas de los pistones oleohidráulicos. Al igual que en el punto anterior, se deberán realizar dos diseños distintos, uno para los pistones delanteros y otro para los traseros.

Como ya sabemos, el sistema cuenta con dos sistemas de poleas. El primero de ellos conecta los cabezales de los cilindros delanteros y traseros mediante un cable de acero. Por otro lado, el otro sistema de poleas sirve para transmitir la fuerza de rotación desde el eje al sistema de poleas mencionado anteriormente, contando además con un tensor. Dicho esto, se procede a diseñar ambos cabezales.

5.5.4.1 VÁSTAGO Y CABEZAL DEL CILINDRO TRASERO

El cabezal trasero se diseñará primero debido a su sencillez, ya que solo debe de una polea, por lo que su diseño será el siguiente.

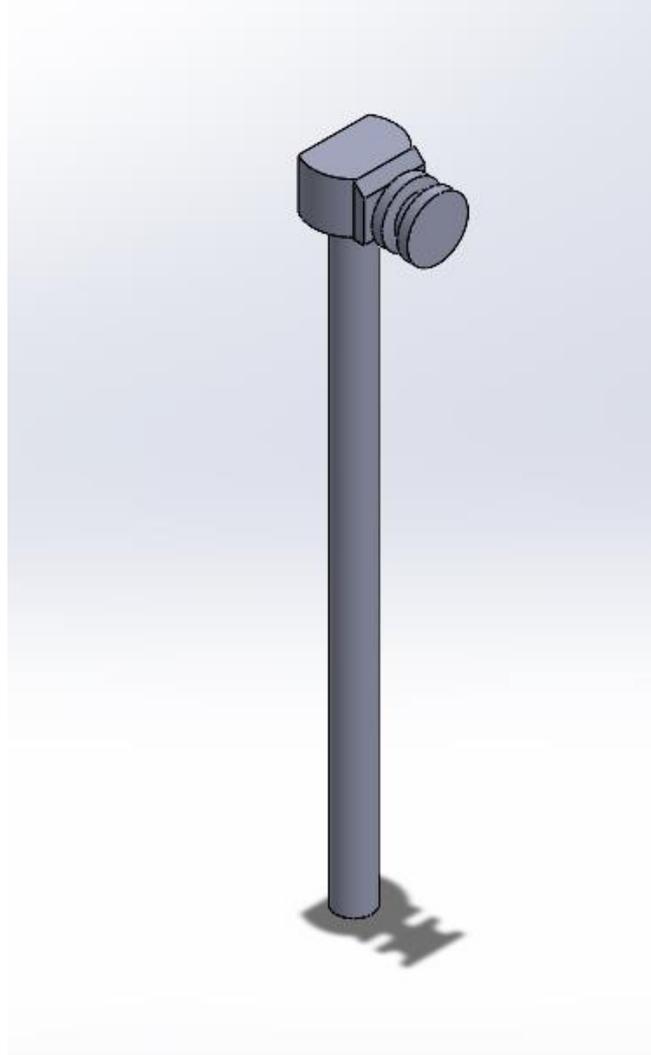


Imagen 21: vástago trasero.

5.5.4.2 CABEZA DEL PISTÓN DELANTERO

El cabezal del pistón delantero es el encargado de albergar los dos sistemas de poleas como se ha dicho anteriormente. Para el buen funcionamiento de este se montarán dos ejes, uno en la parte superior de la cabeza del pistón, el cual albergará dos poleas, una unida mediante el cable a la polea trasera (por lo que deben estar alineadas) y la polea que servirá para transmitir la fuerza desde el eje delantero al sistema de poleas ya mencionado. Por otro lado, y mediante un anclaje que a continuación se diseñará y calculará, se colocará un eje debajo del ya mencionado el cual montará la polea que servirá como tensor de la correa que une la polea superior con el eje delantero. A continuación, se muestra un modelado sencillo de este sistema para su mayor comprensión.

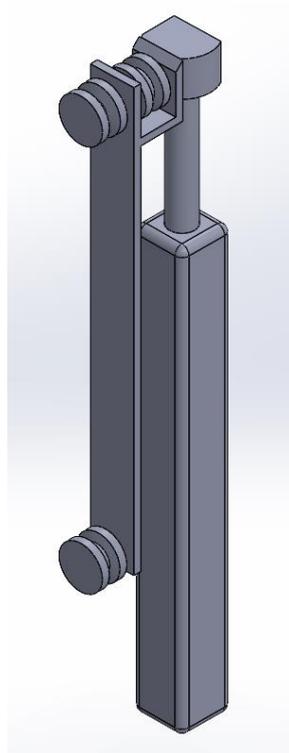


Imagen 22: Cilindro completo delantero.

Como se observa en este modelado primitivo de lo que será el cabezal delantero, dos poleas superiores están unidas mediante un mismo eje. Mediante un soporte se coloca otra polea situada debajo de la polea exterior para así mantener tensa la correa en todo momento.

A continuación, se procede a explicar de forma detallada el funcionamiento del sistema de poleas que montarán estos cilindros.

5.5.5 SISTEMA DE TENSADO DE LA CORREA

Debido a que al accionar los cilindros oleohidráulicos elevan las poleas montadas sobre estos mientras que la que esta situada en el eje se mantiene estática, se da el caso de que la distancia entre ambas varía, por lo que sería imposible montar una correa entre ambas a no ser de hacer uso de un tensor. El diseño pensado para poder alojar un tensor que permita mantener siempre una correa tensada entre el eje y el cabezal del pistón oleohidráulico se basa en que el triángulo formado por las tres poleas (eje, cabezal y tensor) cuando el cilindro esté en su posición inicial sea el mismo que el que se forme al extraer el vástago. De esta forma se conseguirán dos triángulos rectángulos semejantes y por ende de un mismo perímetro.

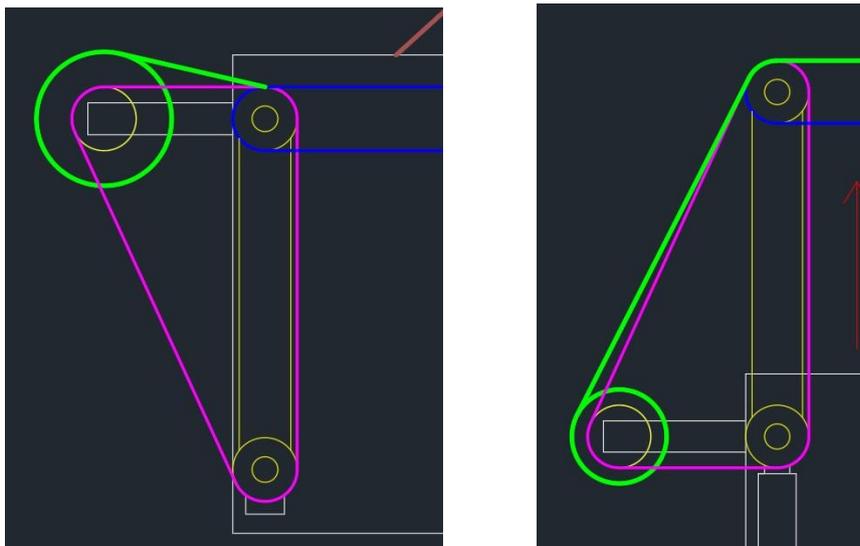


Imagen 23: Detalles de la transmisión entre eje y cilindros.

Como se observa en las imágenes, en ambas posiciones del pistón, el triángulo que forma la correa entre las poleas es equivalente y por ende con un perímetro igual por lo que la correa se mantendría tensada en ambos casos. Aunque en estos puntos el perímetro es igual, hay que calcular los puntos intermedios para comprobar si en estos también lo es.

Para la realización de los cálculos, se simplificará la geometría a un triángulo y no se tendrá en cuenta el diámetro de las poleas aunque, posteriormente se tendrán en cuenta para la selección de la correa. Los triángulos que se utilizarán para los cálculos tendrán como vértices el centro de las poleas que conforman el sistema. Las dos poleas montadas en el cilindro oleohidráulico, están justo en el centro de la biga lateral, por lo que la distancia entre el centro de estas y el extremo delantero de la caja es de 50mm. Por otro lado, y como ya hemos calculado, la polea unida al eje delantero estará situada a 150mm de la caja. Conocida esta información se procede a la realización de los cálculos pertinentes.

1. SEMEJANZA DE TRIÁNGULOS Y PERÍMETRO

En este punto se mostrarán el triángulo formado en el punto inicial y final del recorrido del pistón y se calculará su perímetro para comprobar que es igual en ambos casos.

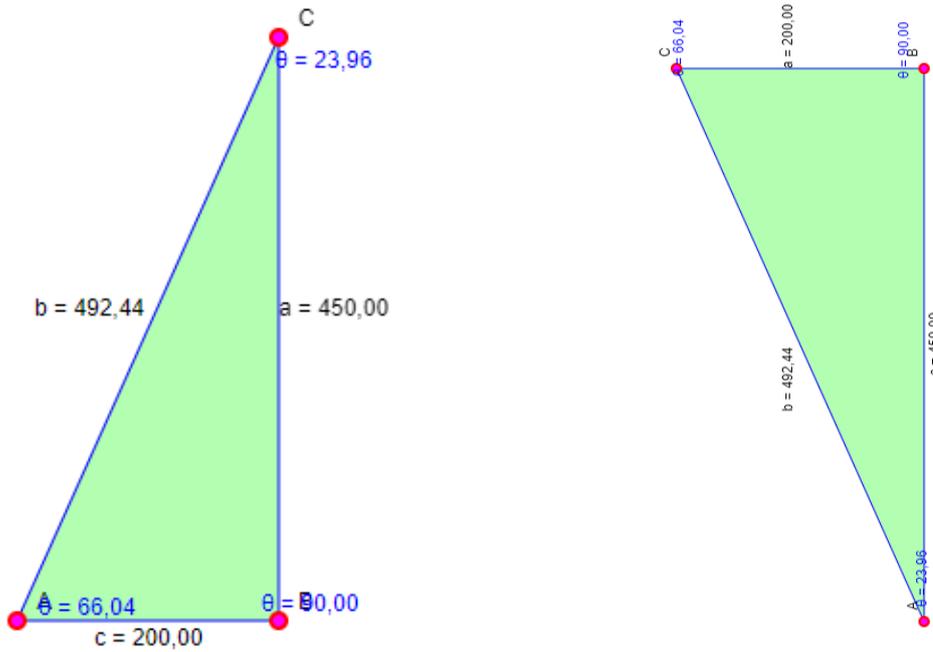


Imagen 24: Semejanza de triángulos formados por el eje y las poleas del cilindro. [14]

Para la representación de los triángulos se ha utilizado una página web de microcalculadora.net [14] obtener la representación de estos con todos sus valores para que se pueda ver a simple vista que ambos triángulos son semejantes. Tras esto se realizarán los cálculos necesarios para obtener el perímetro de estos, pero se calcularán solo una vez ya que, al tener ambos los mismos datos iniciales, los resultados serán los mismos.

Los cálculos para conocer tanto los ángulos como todos los lados del triángulo son los siguientes:

Tabla 3: Datos iniciales del triángulo inicial/final

TRIÁNGULOS INICIAL Y FINAL		
LADOS		
A	450.0	mm
B	200.0	mm
C		mm
ANGULOS		
α		$^{\circ}$
β		$^{\circ}$
μ	90.0	$^{\circ}$

CÁLCULOS:

Conocidos los dos catetos del triángulo rectángulo, se procede a calcular la hipotenusa mediante el teorema de Pitágoras.

$$A^2 + B^2 = C^2$$

$$\sqrt{200^2 + 450^2} = C$$

$$C = 492.44 \text{ [mm]}$$

Conocida la longitud de los tres lados, se calcula el perímetro de este triángulo:

$$P = A + B + C$$

$$P = 200 + 450 + 492.44$$

$$P = 1142.44 \text{ [mm]}$$

Aunque no sea necesario para este punto, para poder dimensionar la correa será necesario conocer el valor de los tres ángulos de los triángulos, por lo que a continuación estos serán calculados.

Para obtener el valor de los ángulos, se hace uso de las fórmulas trigonométricas necesarias:

$$\sin \beta = \frac{CO}{H} = \frac{B}{C}$$

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{B}{C}\right)$$

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{200}{492.44}\right)$$

$$\beta = 23.96^\circ$$

Conociendo dos de los tres ángulos y sabiendo que la suma de los tres ángulos de un triángulo siempre da como resultado 180° se calcula el ángulo α .

$$180 = \alpha + \beta + \mu$$

$$180 - \beta - \mu = \alpha$$

$$\alpha = 180 - 23.96 - 90$$

$$\alpha = 66.04^\circ$$

De esta forma obtenemos todos los datos tanto del triángulo inicial como del triángulo final.

Tabla 4: Perímetro, ángulos y lados de los triángulos iniciales y finales.

TRIÁNGULOS INICIAL Y FINAL	
LADOS	
A	450.00 mm
B	200.00 mm
C	492.44 mm
ANGULOS	
α	66.04 °
β	23.96 °
μ	90.00 °
Perímetro	1142.44 mm

2. CÁLCULO DE TRIÁNGULO INTERMEDIO

Una vez calculado el perímetro de los triángulos inicial y final, se pasa a calcular el perímetro del triángulo intermedio que se forma en cuando el cilindro oleohidráulico se encuentra en el punto medio de su recorrido. Al ser los triángulos inicial y final equivalentes entre sí, el triángulo intermedio será un triángulo isósceles.

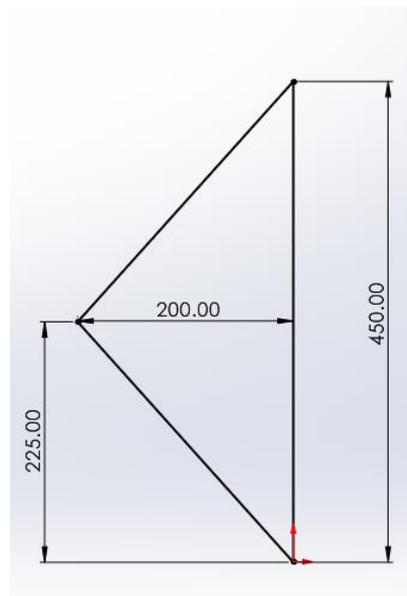


Imagen 25: Triángulo intermedio con los datos conocidos

Al tratarse de un triángulo isósceles, este se puede dividir en dos triángulos rectángulos semejantes.

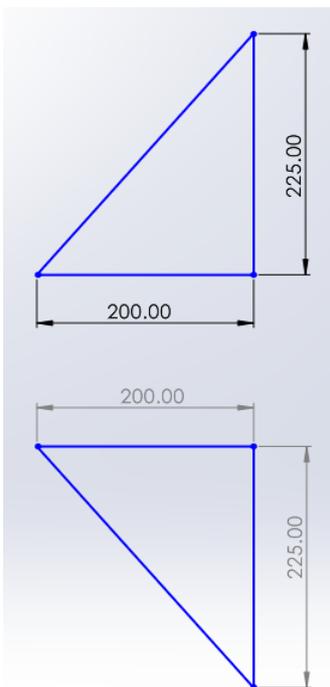


Imagen 26: Triángulo intermedio descompuesto en dos triángulos rectángulos.

Tras observar ambas imágenes, obtenemos que simplemente conociendo la hipotenusa de uno de los dos triángulos rectángulos podemos conocer el perímetro del triángulo total, ya que, al tratarse de un triángulo isósceles, ambos vértices serán iguales. Aun así, y al igual que en el caso anterior, se obtendrán también los perímetros exteriores para el posterior dimensionamiento de la polea.

A continuación, se encuentran los datos iniciales y todos los cálculos necesarios para obtener el perímetro del triángulo total:

Tabla 5: Datos iniciales del triángulo intermedio y los subtriángulos que lo forman.

CASO INTERMEDIO		
LADOS		
A	450.00	mm
B		mm
C		mm
ANGULOS		
α		º
β		º
μ		º
Perímetro		mm
Subtriángulos		
$\alpha/2$		mm
β i μ		mm
σ	90.00	mm
A	225.00	º
B i C		º
h	200.00	º

Partiendo de estos datos, al igual que en el caso anterior, se utilizan los dos catetos de los triángulos rectángulos (llamados subtriángulos en la tabla) para obtener la hipotenusa, la cual es el lado B y C del triángulo total.

$$A^2 + h = B^2 = C^2$$

$$\sqrt{200^2 + 225^2} = B = C$$

$$B = C = 301.04 \text{ [mm]}$$

Conocido el valor de A, B y C se calcula el perímetro del triángulo total.

$$P = A + B + C$$

$$P = 200 + 301.04 + 301.04$$

$$P = 1052.08 \text{ [mm]}$$

Conocido el perímetro, se realizan los cálculos para obtener el valor de los ángulos que forma el triángulo.

Al igual que en el caso anterior, se calcularán los ángulos β y μ (ya que ambos son iguales) mediante la fórmula del seno para posteriormente obtener el valor de $\alpha/2$ restando el valor de los ángulos conocidos a 180.

$$\beta = \mu$$

$$\sin \beta = \frac{CO}{H} = \frac{h}{B}$$

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{h}{B}\right)$$

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{200}{301.04}\right)$$

$$\beta = \mu = 41.63^\circ$$

$$180 = \frac{\alpha}{2} + \beta + \mu$$

$$180 - \beta - \mu = \frac{\alpha}{2}$$

$$\frac{\alpha}{2} = 180 - 41.63 - 90$$

$$\frac{\alpha}{2} = 48.37^\circ$$

$$\alpha = 48.37 \times 2$$

$$\alpha = 96.73^\circ$$

Debido a que los cálculos se han realizado mediante un Excel se pueden apreciar errores de cálculo debido al redondeo de las cifras.

Tabla 6: Perímetro, ángulos y lados del triángulo intermedio y los subtriángulos.

CASO INTERMEDIO	
LADOS	
A	450.00 mm
B	301.04 mm
C	301.04 mm
ANGULOS	
α	96.73 °
β	41.63 °
μ	41.63 °
Perímetro	1052.08 mm
Subtriángulos	
$\alpha/2$	48.37 mm
β i μ	41.63 mm
σ	90.00 mm
A	225.00 °
B i C	301.04 °
h	200.00 °

Una vez se han calculado los dos triángulos, se observa que los perímetros de ambos triángulos no son iguales, y la variación entre ellos es de 90.36mm. Este resultado hace imposible la implementación de este sistema debido a que la polea se destensaría en el punto medio del recorrido del pistón oleohidráulico, pudiéndose salir y causando un mal funcionamiento del sistema. Debido a esto, en el siguiente punto se buscará una solución al problema.

3. SOLUCIÓN AL PROBLEMA DEL TENSOR

Debido a la variación de perímetro que existe entre ambos triángulos, es imposible el utilizar una correa ya que esta se destensaría en el punto intermedio pudiéndose salir y provocar fallos en el funcionamiento del toldo. Teniendo en cuenta que utilizando este sistema la variación de perímetro es bastante baja (comparándolo con el hecho de no utilizar tensor) se llega a una solución que de primeras parece acabar con el problema.

Esta solución se basa en cambiar el anclaje del tensor. Este, en vez de ser fijo y mantenerse siempre a 450mm de la polea superior, se montará sobre un muelle, permitiendo que la distancia entre las dos poleas varíe para que así el perímetro del triángulo sea siempre el mismo, permitiendo así el buen funcionamiento del toldo. Para probar que este sistema funciona, se planteará de forma precisa y seguidamente se realizarán los cálculos para obtener los triángulos que formará el sistema.

Para el buen funcionamiento de este sistema el perímetro de ambos triángulos debe ser el mismo, por lo que se plantea mantener el perímetro del triángulo intermedio (1052.08mm). De esta forma, cuando los pistones se encuentren en el punto intermedio de su recorrido, el perímetro será de 1052.08mm y el muelle del tensor estará descomprimido, ya que en ese punto la distancia entre el tensor y la polea superior será de 450mm. A medida que el cilindro se posicione en la posición inicial o final el muelle se comprimirá minimizando la distancia que separa a las poleas. De esta forma se mantiene la correa tensa en todo momento.

Descrito el funcionamiento del sistema de poleas se realizarán los cálculos para conocer cual será el desplazamiento del tensor. Para ello se parte de los siguientes datos:

Tabla 7: Datos para los cálculos de los triángulos con tensor.

TRIANGULOS INICIALES/FINALES		TRIANGULO INTERMEDIO	
LADOS		LADOS	
A	< 450 mm	A	450.00 mm
B	200.00 mm	B	301.04 mm
C	<492.44 mm	C	301.04 mm
ANGULOS		ANGULOS	
α	°	α	96.73 °
β	°	β	41.63 °
μ	90.00 °	μ	41.63 °
Perimetro	1052.08 mm	Perimetro	1052.08 mm

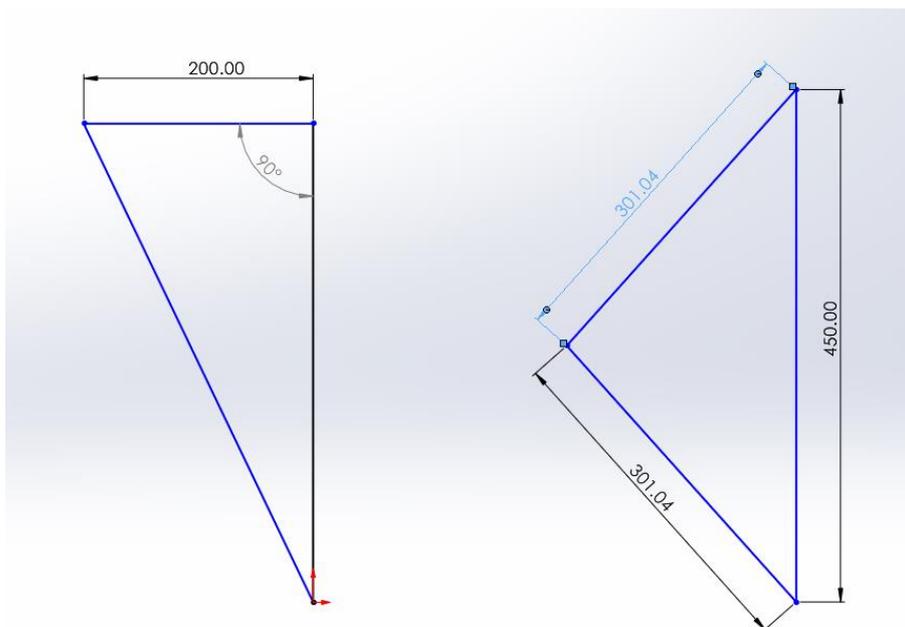


Imagen 27: Triángulos de los tensores con los datos actuales.

Conocidas las dimensiones del triángulo intermedio solo será necesario conocer los valores de A y C de los triángulos iniciales i finales.

Siendo el perímetro de los dos triángulos 1052.08mm, se puede afirmar que:

$$1052.08 = 200 + A + C$$

$$A = 1052.08 - 200 - C$$

$$A = 852.08 - C$$

Conocido el valor de A en función de C, se puede calcular C mediante el teorema de Pitágoras, teniendo C como una incógnita a resolver:

$$C = \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$C = \sqrt{(852.08 - C)^2 + 200^2}$$

$$C = \sqrt{C^2 - 2 \times 852.08C + 726040.33 + 4 \times 10^4}$$

$$C = \sqrt{C^2 - 1704.16C + 766040.33}$$

$$C^2 = C^2 - 1704.16C + 766040.33$$

$$1704.16C = 766040.33$$

$$C = \frac{766040.33}{1704.16}$$

$$C = 449.51 \text{ [mm]}$$

Conociendo C se procede a calcular A:

$$1052.08 = 200 + A + C$$

$$A = 1052.08 - 200 - 449.51$$

$$A = 402.57 \text{ [mm]}$$

Sabiendo los valores de los tres lados del triángulo, se calcularán los ángulos para poder obtener la longitud de la correa en un futuro.

$$\sin \beta = \frac{CO}{H} = \frac{B}{C}$$

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{B}{C}\right)$$

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{200}{449.51}\right)$$

$$\beta = 26.41^\circ$$

$$180 = \alpha + \beta + \mu$$

$$\alpha = 180 - \beta - \mu$$

$$\alpha = 180 - 26.41 - 90$$

$$\alpha = 63.59^\circ$$

Conocidos tanto el lado A del triángulo inicial (A_{in}) como el del triángulo intermedio (A_{inter}), se puede calcular el desplazamiento del tensor para así poder realizar el rediseño del cabezal del pistón delantero.

$$\text{Desplazamiento Tensor} = A_{inter} - A_{in}$$

$$\text{Desplazamiento Tensor} = 450 - 402.57$$

$$\text{Desplazamiento Tensor} = 47.43 \text{ [mm]}$$

Conocido el desplazamiento del tensor se procede a rediseñar el cabezal del cilindro delantero.

Tabla 8: Dimensiones finales de los triángulos y desplazamiento del tensor.

TRIANGULOS INICIALES/FINALES		TRIANGULO INTERMEDIO	
LADOS		LADOS	
A	402.57 mm	A	450.00 mm
B	200.00 mm	B	301.04 mm
C	449.51 mm	C	301.04 mm
ANGULOS		ANGULOS	
α	63.59 °	α	96.73 °
β	26.41 °	β	41.63 °
μ	90.00 °	μ	41.63 °
Perimetro	1052.08 mm	Perimetro	1052.08 mm
Desplazamiento Tensor		47.43 mm	

4. REDISEÑO DEL TENSOR DELANTERO

Una vez comprobado que el sistema de transmisión funciona con el nuevo tensor, se procede a diseñar el nuevo tensor mediante SolidWorks. En este nuevo diseño se tendrán en cuenta las dimensiones del eje y la posición de todas las poleas para que el funcionamiento sea el óptimo.

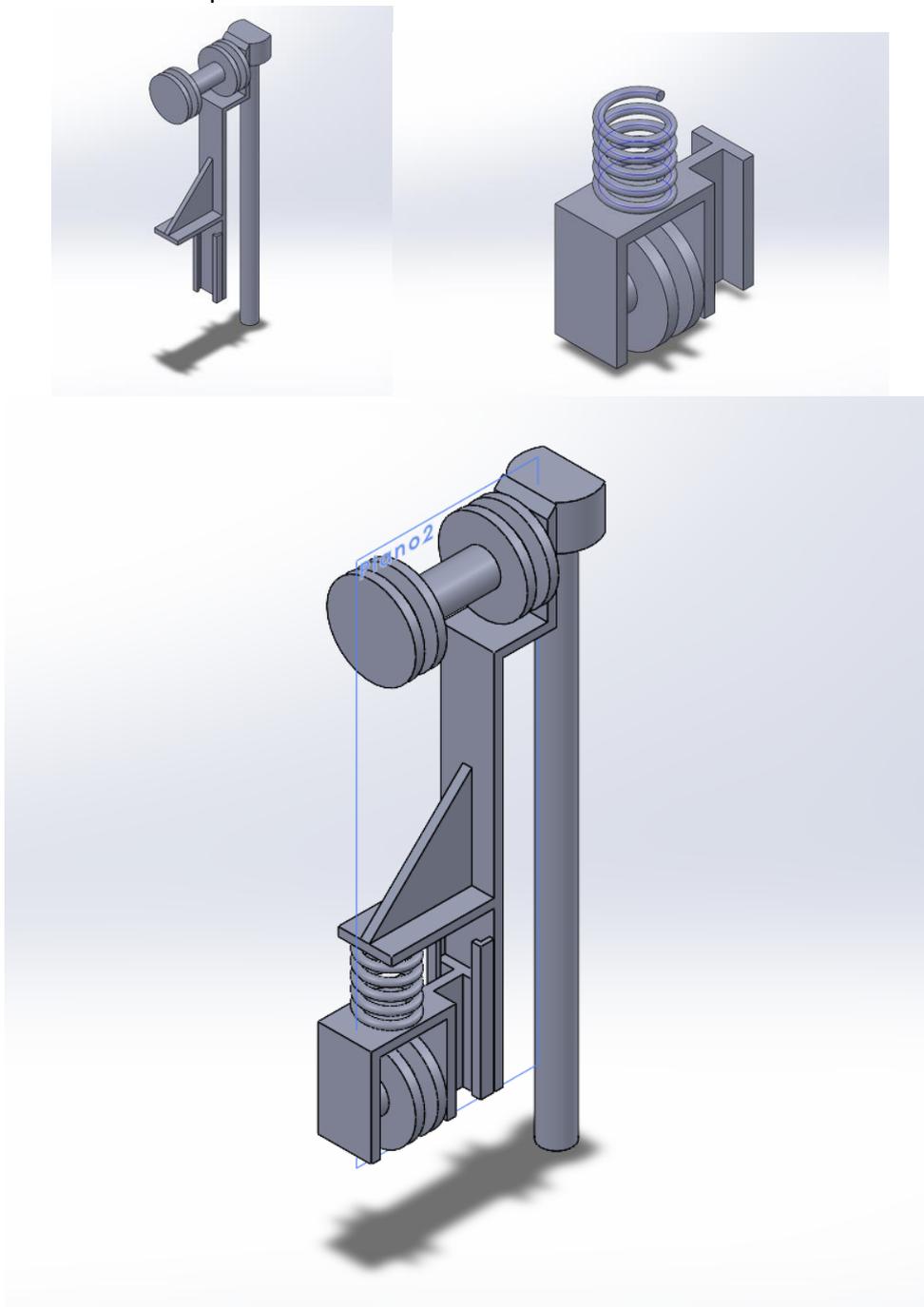


Imagen 28: Rediseño del cabezal del cilindro delantero.

Como se puede observar en las imágenes, se ha optado por diseñar un soporte para la polea inferior el cual cuenta con una guía para garantizar el movimiento lineal de la polea. Para la variación de posición se ha colocado un muelle justo encima de la polea

para que la fuerza que genera la tensión de la polea se transmita con el mínimo momento posible.

Una vez seleccionado el cilindro oleohidráulico, este diseño del cabezal del vástago se adaptará para que pueda ser montado en el nuevo cilindro.

5.5.6 MONTAJE DEL MOTOR OLEOHIDRÁULICO

El motor oleohidráulico irá atornillado a una base metálica la cual estará soldada al remolque. Debido a que aún no se conoce el motor oleohidráulico a utilizar esta pieza se diseñará tras la selección de este.

5.6 ESQUEMA DEL ESQUEMA OLEOHIDRÁULICO

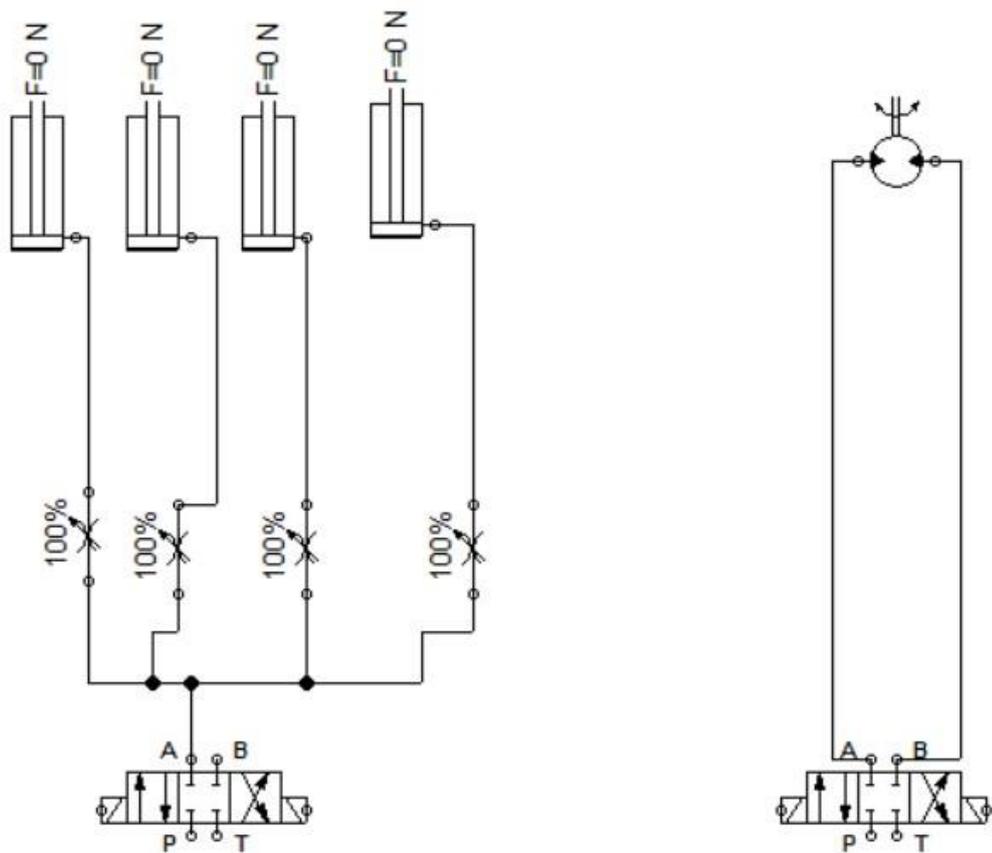
Posiblemente una de las partes más importantes del diseño del toldo es el esquema oleohidráulico, ya que este nos muestra clara y concisamente como será el sistema en sí. *Es por ello que antes de pasar a la realización del esquema se explicarán los detalles de diseño y funcionamiento planteados, así como las características que debe cumplir el sistema.*

Primeramente, se pretende que el tractor, con el motor en régimen de ralentí sea capaz de hacer funcionar el sistema de toldo. En este caso, la bomba girará a una velocidad de 1300rpm y generará un caudal de 24 o 36 l/min dependiendo de la cilindrada de este (19+11cm³). El tractor cuenta con cuatro distribuidores de caudal conectados en paralelo, los cuales cuentan con dos conexiones cada uno, así como con un regulador de caudal independiente que limita el caudal entre un 10% y un 100%.

En cuanto al funcionamiento del toldo también se determina que no se deberán abrir varias válvulas distribuidoras a la vez, ya que todo el sistema está planteado para que tanto los cilindros como el motor cuenten en todo momento con todo el caudal suministrado por el tractor.

El sistema completo se puede separar en dos partes: el tractor y los elementos del toldo. Debido a que este proyecto se centra en el diseño del toldo, el circuito oleohidráulico del tractor se explicará de forma más simplificada y en los elementos del toldo la explicación será más detallada.

El sistema del tractor es un circuito de centros abiertos. Esto significa que la presión en el depósito es atmosférica, por lo que el retorno de aceite a depósito también lo será. Entre el motor y la válvula distribuidora se encuentra una válvula de descarga de seguridad para proteger al sistema de sobrepresiones. Tras esto se encuentra la válvula distribuidora de caudal, a la cual se conectan los distintos circuitos del remolque. Todos los distribuidores de la válvula estarán conectados a un sistema oleohidráulico diferente, ya que en el remolque se montan, a parte del sistema del toldo, un volquete accionado por un cilindro telescópico de simple efecto y un sistema de frenado accionado hidráulicamente.



ESQUEMA CILINDROS

ESQUEMA MOTOR

Imagen 29: Esquema del sistema oleohidráulico.

El esquema oleohidráulico se ha realizado basándose en los ejemplos del libro *Introducción a la oleohidráulica. Conceptos y ejercicios resueltos* [15] ya que en este hay ejemplos prácticos de como se debe montar un sistema con varios cilindros de simple efecto y motores de engranajes de doble sentido. Siguiendo los pasos del libro se ha diseñado un sistema de cilindros oleohidráulicos en paralelo los cuales están conectados a la toma principal mediante una válvula divisoria de caudal. En el caso del motor el sistema es más sencillo ya que simplemente cuenta con dos latiguillos conectados al motor, y según la posición del distribuidor el fluido hará rotar el motor en una u otra dirección.

6. CÁLCULOS, RESULTADOS Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS

6.1 CÁLCULOS OLEOHIDRÁULICOS

Para poder realizar una buena selección de elementos para la fabricación del sistema de tordo automático, es imprescindible tener en cuenta las cargas, esfuerzos y demás datos que afectan a los cálculos necesarios. Estos aspectos fundamentales proporcionan la base para llevar a cabo un proyecto que garantice un funcionamiento óptimo y seguro del sistema oleohidráulico. A continuación, se enumeran dichos aspectos:

1. Cargas Verticales para Cilindros Oleohidráulicos

Una de las consideraciones principales recae en el análisis y cálculo de las cargas verticales que experimentarán los cilindros oleohidráulicos durante su operación. Estas cargas están directamente relacionadas con el peso de las cargas que el sistema de tordo automático elevará y soportará. Para obtener datos precisos, se deben evaluar las fuerzas gravitacionales que actuarán sobre el tordo y cualquier otra carga adicional que pueda influir en el comportamiento del cilindro. Mediante este análisis minucioso, se determinarán los esfuerzos que los cilindros deberán realizar.

2. Cargas Horizontales para el Motor Oleohidráulico

Además de las cargas verticales, también es esencial evaluar las cargas horizontales que afectarán al motor oleohidráulico. Estas cargas están asociadas al esfuerzo necesario para el enrollado y desenrollado del tordo alrededor del eje. Para obtener los datos necesarios, se deben considerar diversos factores, como la fricción en el sistema, la potencia y el torque requerido para realizar la operación de manera eficiente. Con esta información, se podrá seleccionar un motor con la potencia adecuada y la capacidad de proporcionar el par necesario para mover el tordo de manera eficiente y segura.

6.1.1 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS CILINDROS OLEOHIDRÁULICOS

Para la *selección* de los cilindros oleohidráulicos se realizan unos cálculos iniciales siguiendo los pasos que se muestran en el libro *Introducción a la oleohidráulica. Conceptos y ejercicios resueltos*.

DATOS INICIALES:

Carrera del cilindro (C) = 500mm

Tiempo (t) = 3s

Masa total a elevar (Mt) = 62kg

Rendimiento total (Rt) = 0.7

Rendimiento mecánico (Rm): 0.8

Rendimiento volumétrico (Rv) = 0.9

Con estos datos se procede a la realización de los cálculos.

Velocidad

$$v = \frac{C}{t}$$

$$v = \frac{500}{3} = 166.6 \text{ mm/s} = 0.166 \text{ m/s}$$

Potencia desarrollada

$$Na = \frac{v \cdot F}{R_{tot}} = \frac{v \cdot (Mt \cdot g)}{R_{tot}}$$

$$Na = \frac{v \cdot Mt \cdot g}{R_{tot}} = 114.04 \text{ W}$$

Diámetro

Primero se calcula la superficie. Los cálculos se realizarán teniendo en cuenta que se cuenta con cuatro pistones para levantar la carga. Como no conoce la presión que ejercerá la carga se realizarán varios cálculos variando la presión entre tres valores distintos (60bar, 100bar, 200bar).

$$S = \frac{F}{4 \cdot p} = \frac{Mt \cdot g}{4 \cdot p} = \frac{62 \cdot 9.81}{4 \cdot p}$$

$$P = 60\text{bar} \quad S = 2.53 \text{ cm}^3$$

$$P = 100\text{bar} \quad S = 1.52 \text{ cm}^3$$

$$P = 200\text{bar} \quad S = 0.76 \text{ cm}^3$$

Conocida la sección se calcula el diámetro

$$D = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}}$$

$$P = 60\text{bar} \quad D = 1.79\text{cm}$$

$$P = 100\text{bar} \quad D = 1.39\text{cm}$$

$$P = 200\text{bar} \quad D = 0.98 \text{ cm}$$

Visto la ridícula cantidad de potencia necesaria para elevar el cilindro, así como el reducido *diámetro* necesario, se ha llegado a la conclusión de no seguir realizando los cálculos ya que nuestro tractor puede elevar la carga necesaria sin ninguna duda, debido al estudio de este y a los ridículos valores obtenidos de los cálculos. A continuación, se va a buscar un cilindro normalizado que cumpla con la carrera de 0.5m y tenga el diámetro más reducido posible.

Tras una búsqueda se ha llegado a la conclusión de utilizar el cilindro oleohidráulico de la marca Bastimec modelo S.E.25-32/40-500.

DATOS:

Vástago: $\varnothing 25$ mm. (D).

Tubo lapeado: \varnothing Interior 32mm (B) x \varnothing Exterior 40mm (C).

Carrera: 500 mm. (C).

Especificaciones técnicas:

Presión de trabajo: 200 bars.

Velocidad: 0.5 mt/seg.

Temperatura de trabajo: -25° / $+80^{\circ}$.

Fluido: Aceite mineral.

Vástago: Ck45 f7 25 micras.

Tubo lapeado: St52.3 H9.

Con los datos del cilindro, la carga que debe elevar y la información sobre la bomba y el tractor, se procede a calcular los valores reales de funcionamiento del cilindro oleohidráulico.

Velocidad

$$v = \frac{Q}{S}$$

La **sección (S)** se calcula a partir de:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Ajustando las unidades obtenemos que:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 100 \cdot 4 \text{ Cilindros} = 32.17 \text{ cm}^2$$

Se calcula la velocidad ajustando la fórmula para que cuadren las unidades:

$$v = \frac{36 \cdot 10}{32.17} = 11.19 \text{ m/min} = 0.19 \text{ m/s}$$

Tiempo de despliegue

$$t = \frac{C}{v}$$

$$t = \frac{500/1000}{0.19} = 2.68s$$

Presión

$$p = \frac{F}{S}$$

$$p = \frac{62}{32.17} = 1.927 \text{ bar}$$

Potencia

$$Na = \frac{Q \cdot p}{450 \cdot Rm}$$

$$Na = \frac{36 \cdot 1.93}{450 \cdot 0.8} = 0.171 \text{ CV}$$

Cubicaje de la bomba

$$Vb = \frac{Q \cdot n}{1000 \cdot Rv}$$

$$Vb = \frac{36 \cdot 1297.5}{450 \cdot 0.9} = 24.97 \text{ cm}^3$$

Una vez calculados todos los parámetros importantes se concluye en que la bomba instalada consigue hacer funcionar los cilindros de manera óptima, minimizando el tiempo de despliegue de 3s a 2.7s.

6.1.2 CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL MOTOR OLEOHIDRÁULICO

Para la selección de los cilindros oleohidráulicos se realizan unos cálculos iniciales siguiendo los pasos que se muestran en el libro Introducción a la oleohidráulica. Conceptos y ejercicios resueltos.

Además, se deberá calcular la fuerza que debe realizar el motor, así como las revoluciones que deberá dar el eje para desenrollar el toldo en el tiempo necesario y obtener así las revoluciones por minuto que deberá ofrecer el motor. Con todo esto se podrán obtener datos como el caudal, la presión, la potencia y el momento, todos estos datos necesarios para la posterior selección del motor oleohidráulico.

DATOS:

Masa eje (Me) = 60kg

Masa lona (Ml) = 10kg

Masa total (Mt) = 70kg

Diámetro eje (D) = 50mm

Carrera lona (C) = 4m

Tiempo (t) = 3s

Revoluciones del eje para enrollar la lona REV = 12

Velocidad angular del eje

Mediante una operación simple se obtiene que:

$$w = 60 \cdot REVSt$$

$$w = 60 \cdot 123 = 240 \text{ rpm} = 25.13 \text{ rad/s}$$

Debido a que estas revoluciones son un valor bastante bajo, se realizarán varios cálculos, unos con un coeficiente de transmisión entre el eje y el motor igual a 1, y otro con este mismo coeficiente igual a 2.

Torque

El cálculo del torque necesario se realiza para el caso más desfavorable. Este es cuando la lona está enrollada y por tanto el diámetro es mayor. Debido a la diferencia de peso y diámetros del eje y de la lona, se calcularán dos momentos distintos y se sumarán según material y diámetro. Sabiendo que la potencia es suficiente para generar un momento superior al que va a necesitar el sistema, se utilizará un factor de seguridad (μ_s) de 1.5 y se calcularán los momentos colocando la masa en el punto más alejado, para sobredimensionar aún más el sistema y así asegurar un buen funcionamiento de este.

$$T = F \cdot r$$

$$T = (T_{\text{eje}} + T_{\text{lona}}) \cdot \mu_s = (F_{\text{eje}} \cdot r_{\text{eje}} + T_{\text{lona}} \cdot r_{\text{lona}}) \cdot \mu_s$$

$$T = 60 \cdot 9.8 \cdot 0.025 + 10 \cdot 9.8 \cdot 0.102 \cdot 1.5 = 37.07 \text{ Nm}$$

Potencia

$$Nb = T \cdot w$$

Debido a que según nuestros cálculos la velocidad angular del motor debe ser 240rpm para que la lona se desplace a la velocidad deseada, se realizarán dos cálculos distintos, unos con una relación de transmisión entre el eje y el motor de 1 y otros con una relación de 2.

$$N_b = T \cdot \omega \cdot z$$

$$N_b = 37.07 \cdot 240 \cdot 1 = 931.67 \text{ W} = 1.25 \text{ CV}$$

$$N_c = 37.07 \cdot 240 \cdot 2 = 1863.34 \text{ W} = 2.5 \text{ CV}$$

A sabiendas de estos datos, así como los de la bomba, se puede pasar a buscar un motor oleohidráulico que pueda cumplir con estos datos.

Selección del motor oleohidráulico

Tras una búsqueda en internet se ha seleccionado el motor Kratch KM2/28 con una relación de transmisión $z=2$ entre el eje y el motor. A continuación, se listan los datos técnicos del motor para seguidamente realizar la selección del motor oleohidráulico mediante el uso de gráficas y fórmulas de los catálogos tanto del motor como de la bomba oleohidráulica.

DATOS:

Nombre del motor: KRACHT KM2/28

Tipo de motor: Motor de engranajes bidireccional

Cilindrada: 28cm³

Presión nominal máxima: 315bar

Presión nominal mínima: 0

Torque máximo: 130 bar

Torque mínimo: 7.5 bar

Velocidad angular máxima: 2980 rpm

Velocidad angular mínima: 300 rpm

Conocidos los datos del motor oleohidráulico, se comprueba mediante las gráficas y las fórmulas del motor y de la bomba. [En la imagen 29](#) se explica el proceso a seguir para obtener todos los datos necesarios del rendimiento del motor: caudal, presión, torque y velocidad angular.

Guidance for use of the Characteristic Curves

Required: Torque output M at speed n
 Unknown: Pressure difference Δp and
 the required Input flow Q

Example: $M = 45 \text{ Nm}$ → ①
 $n = 1400 \text{ 1/min}$ ↑ ②

The Intersection of ① and ② is
 the motor working point with:
 $\Delta p = 142 \text{ bar}$ → ③
 $Q = 32.2 \text{ l/min}$ ↓ ④

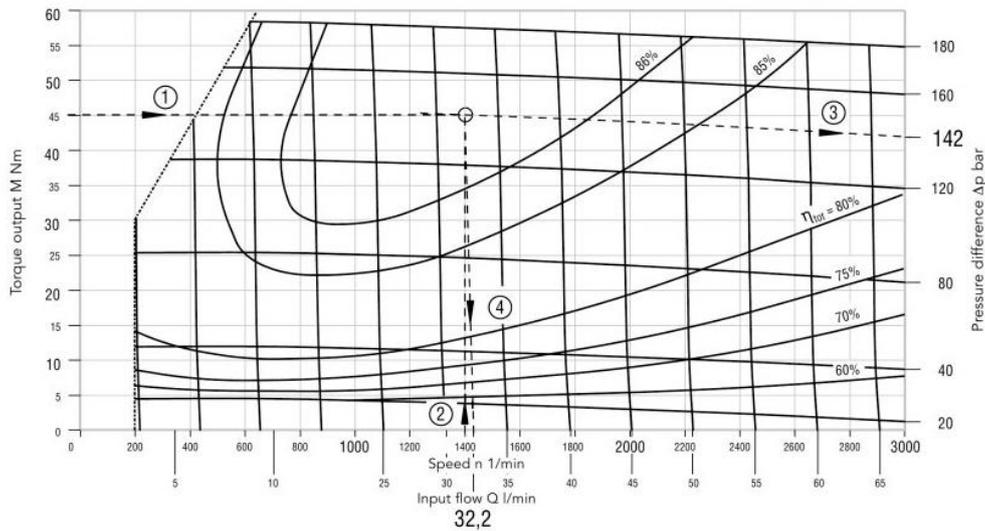


Imagen 30: Pasos a seguir para la obtención del motor. [16]

Characteristic Curves for KM 2/28 ... 4.L.

Characteristic values applicable to viscosity $\nu = 34 \text{ mm}^2/\text{s}$ · Dispersion of the speed values $n = \pm 75 \text{ 1/min}$
 Dispersion of the torque output $M = \pm 5.0 \text{ Nm}$ at $\Delta p = \text{constant}$ and $Q = \text{constant}$

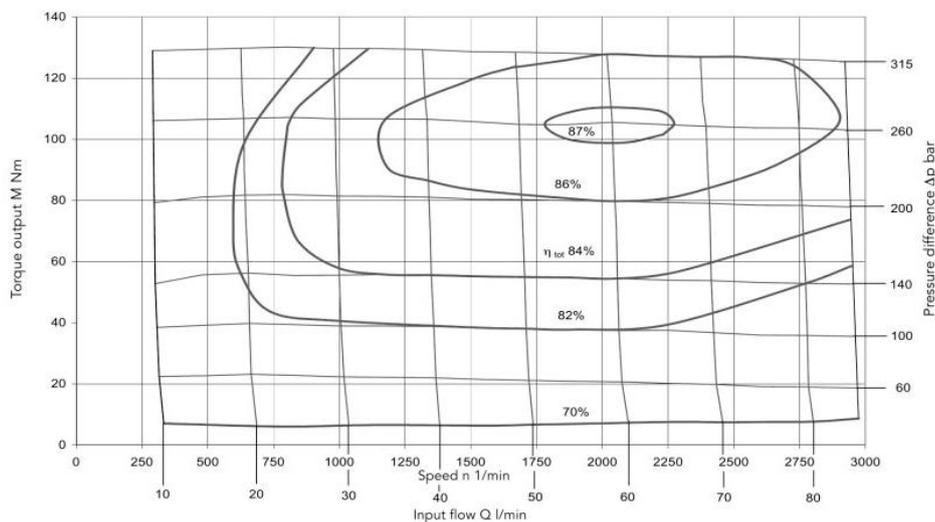
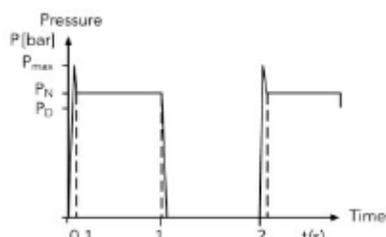


Imagen 31: Gráfico del motor seleccionado. [16]

Siguiendo las instrucciones de obtención de los datos tal y como aparece en el catálogo se obtiene que para un par de 40Nm a 480rpm se obtienen un caudal de unos 15 l/min y una presión aproximada de 100 bar. Para la obtención de los datos precisos se realizarán los cálculos siguiendo las fórmulas del catálogo las cuales se muestran a continuación

Cálculos del motor siguiendo las fórmulas del catálogo

Time / Pressure chart



Maximum pressure Δ pressure peak
 Rated pressure $p_N < 6s \Delta 50\%$ ED
 see time / pressure chart
 max. perm. working cycles: 30/min
 Pressures as specified are applicable
 to $v \geq 30 \text{ mm}^2/\text{s}$

Calculation Formulas for Hydraulic Pumps and Motors

Characteristic data, formula signs, units

1. Discharge flow / input flow	Q	l/min
2. Pump / motor displacement	V_g	cm^3/r
3. Pressure	p	bar
4. Speed	n	1/min
5. Torque	M	Nm
6. Power	P	kW
7. Total efficiency	η_{tot}	—
8. Volumetric efficiency	η_{vol}	—
9. Hydr./mech. efficiency	η_{hm}	—
10. Flow velocity	v	m/s
11. Piping diameter	d	mm

General

- 1 Δ input, driven
 2 Δ output, driving

$$Q_{\text{th}} = V_g \cdot n, \quad \eta_{\text{tot}} = \eta_{\text{vol}} \cdot \eta_{\text{hm}}$$

$$M = 9549 \cdot \frac{P}{n}, \quad v = 21.22 \frac{Q}{d^2}$$

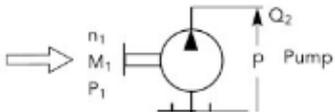
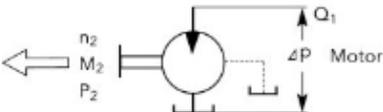
			
Characteristic data for:	Volumetric flow	Discharge flow $Q_2 = \frac{V_g \cdot n_1 \cdot \eta_{\text{vol}}}{10^3} \left[\frac{\text{l}}{\text{min}} \right]$	Input flow $Q_1 = \frac{V_g \cdot n_2}{10^3 \cdot \eta_{\text{vol}}} \left[\frac{\text{l}}{\text{min}} \right]$
	Torque	Drive torque $M_1 = \frac{p \cdot V_g}{20 \cdot \pi \cdot \eta_{\text{hm}}} \text{ [Nm]}$	Output torque $M_2 = \frac{\Delta p \cdot V_g \cdot \eta_{\text{hm}}}{20 \cdot \pi} \text{ [Nm]}$
	Power	Input power $P_1 = \frac{p \cdot Q_2}{600 \cdot \eta_{\text{tot}}} \text{ [kW]}$	Output power $P_2 = \frac{\Delta p \cdot Q_1 \cdot \eta_{\text{tot}}}{600} \text{ [kW]}$

Imagen 32: Fórmulas obtenidas del catálogo del motor. [16]

Caudal

$$Q = \frac{28 \cdot 480}{1000 \cdot 0.9} = 16.8 \text{ l/min}$$

Presión

Ya que nuestro torque ha de ser 37.07 Nm, de la fórmula del torque se despeja y obtiene la presión del sistema a nuestro par seleccionado.

$$p = \frac{T \cdot 20\pi}{V \cdot Rm}$$

$$p = \frac{T \cdot 20\pi}{V \cdot Rm} = \frac{37.07 \cdot 20\pi}{28 \cdot 0.8} = 97.86 \text{ bar}$$

Potencia

$$N_c = \frac{p \cdot Q \cdot R_{tot}}{600}$$

$$N_c = \frac{97.86 \cdot 16.8 \cdot 0.7}{600} = 1.91 \text{ kW}$$

Una vez calculado el motor se obtiene que para poder mover el toldo a 480rpm y en un tiempo de 3s será necesario que el motor ofrezca 1.91kW de potencia a una presión de 97.86 bar y con un caudal de 16.8 l/min.

Comprobación de la bomba oleohidráulica

Una vez conocidos los datos del motor se comprueba si la bomba del tractor es capaz de ofrecer dichos parámetros al motor oleohidráulico. Para ello contamos con la gráfica de la bomba y con las fórmulas de esta.

Tamaño nominal 28

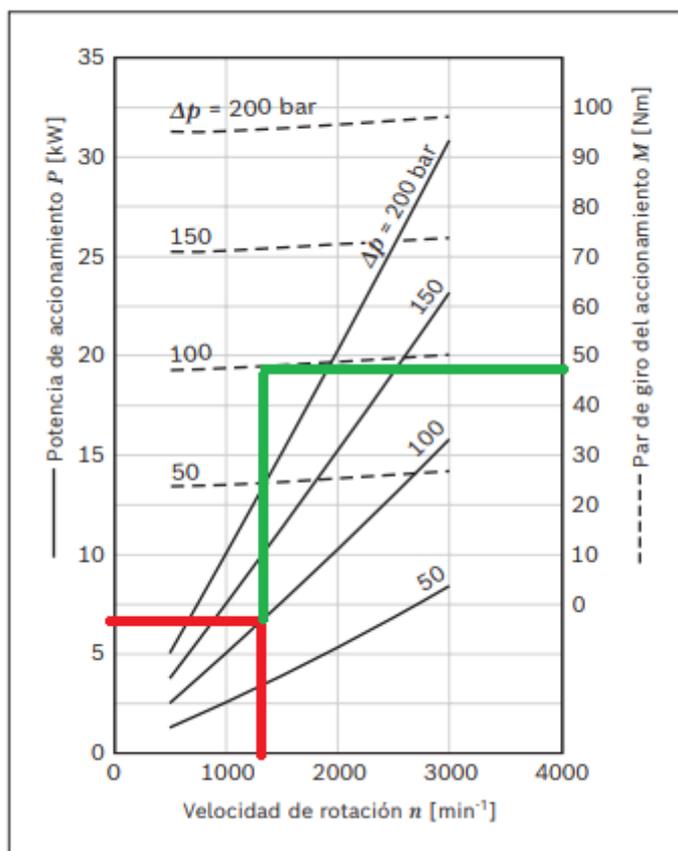


Imagen 33: Gráfica de la bomba del tractor. [17]

De la gráfica se obtiene para una velocidad de 1300rpm y 100 bar una potencia de 7kW y un torque de casi 50Nm. Aunque estos valores son válidos para hacer funcionar

el sistema de toldo automático, a continuación, se obtendrán estos mismos valores a partir de las fórmulas para así conocer el valor exacto de cada uno.

Cálculo de las magnitudes		
Caudal	$q_v = \frac{V_g \times n \times \eta_v}{1000}$	[l/min]
Torque	$M = \frac{V_g \times \Delta p}{20 \times \pi \times \eta_{hm}}$	[Nm]
Potencia	$P = \frac{2 \pi \times M \times n}{60000} = \frac{q_v \times \Delta p}{600 \times \eta_t}$	[kW]

Leyenda

V_g	Cilindrada por rotación [cm ³]
Δp	Presión diferencial [bar]
n	Velocidad de rotación [min ⁻¹]
η_v	Rendimiento volumétrico
η_{hm}	Rendimiento hidráulico-mecánico
η_t	Rendimiento total ($\eta_t = \eta_v \cdot \eta_{hm}$)

Imagen 34: Fórmulas de la bomba obtenidas del catálogo [17]

Caudal

$$Q = \frac{28 \cdot 1297.5 \cdot 0.9}{1000} = 32.7 \text{ l/min}$$

Torque

$$T = \frac{28 \cdot 97.86}{20\pi \cdot 0.8} = 54.51 \text{ Nm}$$

Potencia

$$N_c = \frac{97.86 \cdot 32.7}{600 \cdot 0.7} = 7.61 \text{ kW}$$

Una vez calculada nuestra bomba obtenemos que con el tractor al ralenti (bomba a 1297.5rpm) la bomba es capaz de generar la potencia, torque y caudal suficiente para alimentar el motor. El único problema que encontramos es que el caudal suministrado es prácticamente el doble que el necesario para la bomba. Para ello se hará uso del regulador de caudal del tractor para que lo limite a 17 l/min para que este sea siempre un poco superior al necesario.

7. SELECCIÓN DE MATERIALES

Tras realizar los cálculos referentes a las cargas y fuerzas a las que se someterán los distintos elementos del toldo se procede a seleccionar el material con el que estos se fabricarán. Para ello se hace uso del software *Ansys Granta Edupack* [18].

Se parte de la idea de utilizar un mismo material para todos los elementos a diseñar con el fin de minimizar los costes y complicaciones del proyecto. Se parte con la idea de seleccionar algún tipo de acero ya que muchas de las piezas a fabricar estarán soldadas al remolque. Debido a que la caja del remolque es de acero, utilizar este mismo material será una ventaja ya que es muy fácil de soldar.

Dicho esto, se procede a iniciar la selección de materiales, primeramente, definiendo los criterios de selección. Estos criterios serán:

- Alta rigidez
- Alta rigidez a impactos
- Bajo Coste

Definidos los criterios, se realiza una primera gráfica teniendo en cuenta los materiales más comunes en el mercado. En esta gráfica se relaciona el módulo de Young con la tenacidad, para así relacionar el límite elástico del material con la capacidad de absorber impactos. Tras ello se utiliza un marco filtrador en el punto donde mayor serán ambos valores. Este marco filtrador acoge a todos los materiales cuyo módulo de Young sea mayor de 80 GPa y cuya tenacidad sea superior a 0.6 kJ/m². Debido a que las cargas a las que está sometido el sistema de toldo son de un valor muy bajo se da por supuesto que los todos los materiales resultantes del filtro serán capaces de soportarlas.

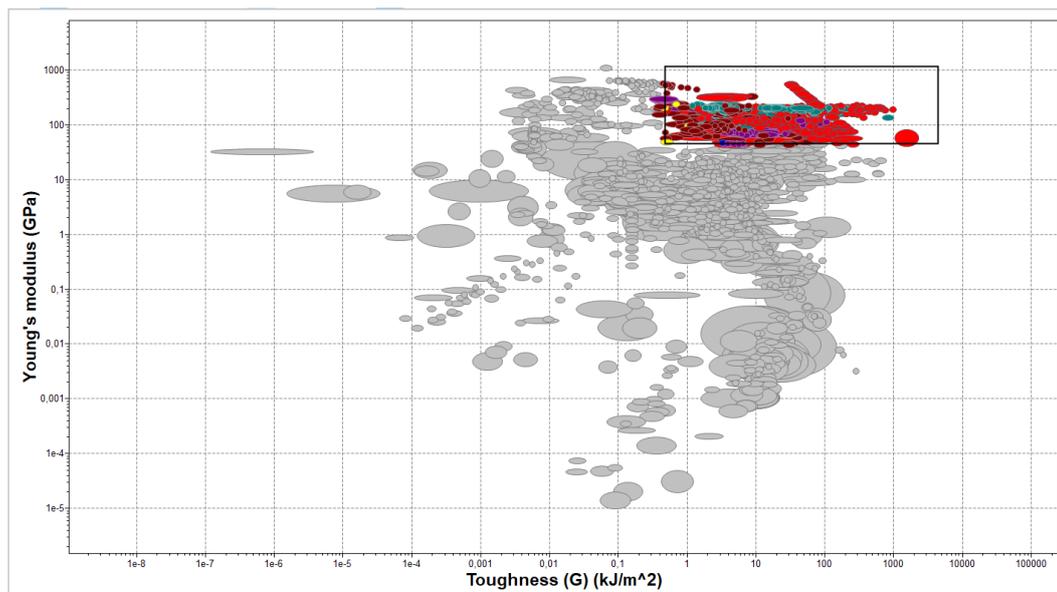


Imagen 35: Gráfica módulo de Young vs Tenacidad.

Una vez realizada esta selección se clasificarán los materiales en función de su precio (seleccionando aquellos cuyo precio por kilogramo no supere el valor de 1€/kg) para así poder seleccionar un material con un coste lo más asequible posible. A su vez, y como ya se ha especificado anteriormente, solo se tendrán en cuenta los aceros para así facilitar la soldadura entre elementos fabricados y el remolque.

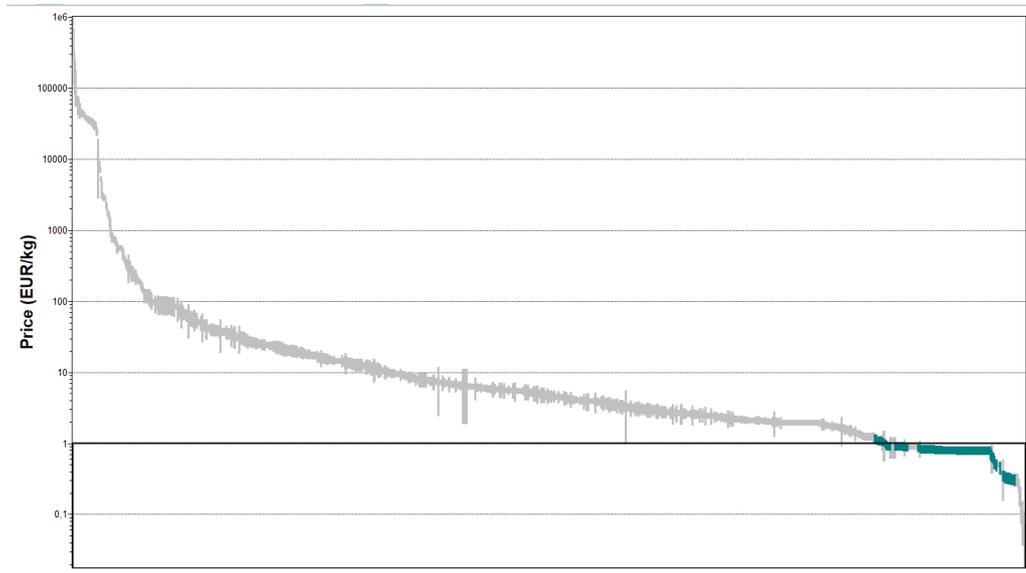


Imagen 36: Gráfica de clasificación de materiales en función del precio.

De todos los aceros resultantes, finalmente se selecciona el acero S235J debido a su bajo coste y sencillez de obtención. Las principales propiedades del acero S235J son las siguientes:

- Densidad = 7850 kg/m³
- Módulo de Young = 210 GPa
- Límite elástico = 250 MPa
- Tenacidad = 12 kJ/m²

8. REDISEÑO, SIMULACIONES Y OTROS ELEMENTOS

Con todos los cálculos referentes a nuestro diseño ya realizados se procede al último punto del diseño del sistema de toldo automático. En este se realizará el rediseño de las piezas que han cambiado desde el prediseño hasta ahora. Estas piezas son los cabezales de los cilindros oleohidráulicos y el soporte del cilindro delantero y el eje. Además, se diseñará el soporte motor en función del motor seleccionado.

Tras tener todos los elementos rediseñados se realizará un ensamblaje con todos los elementos para poder realizar las simulaciones de cargas para saber si nuestro sistema es funcional. Si tras estas primeras simulaciones el remolque y elementos del sistema de toldo oleohidráulico soportan las cargas, este mismo diseño será el modelo final. Si por el contrario alguno de los elementos no soportara estas cargas se volverá a rediseñar el elemento que haya fallado. Una vez se tengan diseñado y calculado todos los elementos que dependen de los cálculos realizados se determinarán las tuberías flexibles (o latiguillos) a utilizar, así como cualquier otro elemento que pudiera ser necesario como un regulador de caudal o de presión.

8.1 REDISEÑO DE ELEMENTOS

Tras seleccionar los elementos a montar en el toldo se deben diseñar piezas nuevas y rediseñar otras para que el sistema pueda ser fabricable y funcional. En nuestro caso se van a rediseñar los cabezales de los cilindros oleohidráulicos y el anclaje de los cilindros y el eje, aparte de diseñar el anclaje del motor oleohidráulico. A continuación, se explica de forma más detallada el diseño de estos componentes.

8.1.1 CILINDROS OLEOHIDRÁULICOS

8.1.1.1 CILINDRO DELANTERO

Tras seleccionar el cilindro Bastimec S.E.25-32/40-500 se ha rediseñado el cabezal del cilindro delantero adaptándolo a este y se le han hecho modificaciones para mejorar el diseño en general. Como se observa en la imagen inferior, el cabezal y el cilindro se mantienen unidos mediante un pasador que no permite que el cabezal se mueva. Sobre este está el espacio que alberga la polea que une este cilindro con el posterior. Esta polea se montará en un eje más largo que también albergará otra polea unida al eje delantero. Otra diferencia observable es el montaje de una guía en la parte inferior del soporte. Esta está unida al soporte del cilindro para evitar la torsión del vástago debido a la fuerza generada por la tensión de la correa de transmisión.

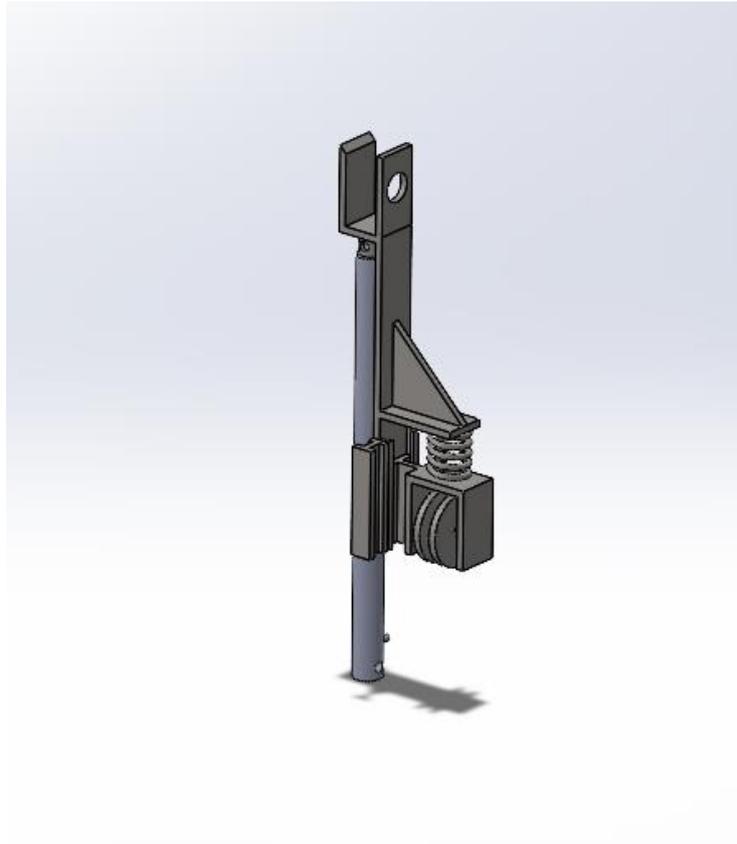


Imagen 37: Rediseño final del cilindro delantero

8.1.1.2 CILINDRO TRASERO

El cilindro Bastimec trasero monta un cabezal rediseñado que parte del cabezal delantero. El cilindro solo mantiene la parte superior del cabezal delantero, la cual está destinada sostener la polea, mientras que se eliminan los demás elementos en pro de aligerar el sistema.

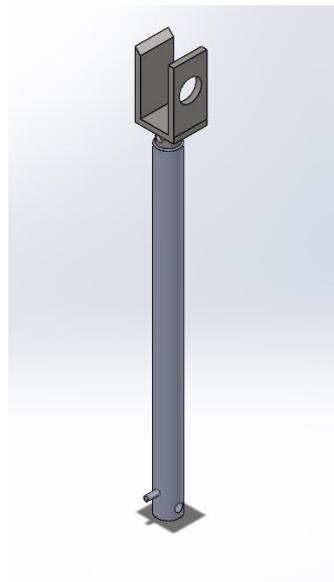


Imagen 38: Rediseño final del cilindro trasero

8.1.2 ANCLAJE DE CILINDROS Y EJE

El anclaje del cilindro y del eje también sufre modificaciones para poder albergar el nuevo cilindro. Se diseña un bulón soldado al eje que servirá para sujetar el cilindro en una posición fija. Para mantener su verticalidad se montarán dos bridas metálicas atornilladas en la chapa lateral. Por último, se ha montado una guía que se une con la montada en el cabezal, evitando así la torsión de este debido a la correa de transmisión.

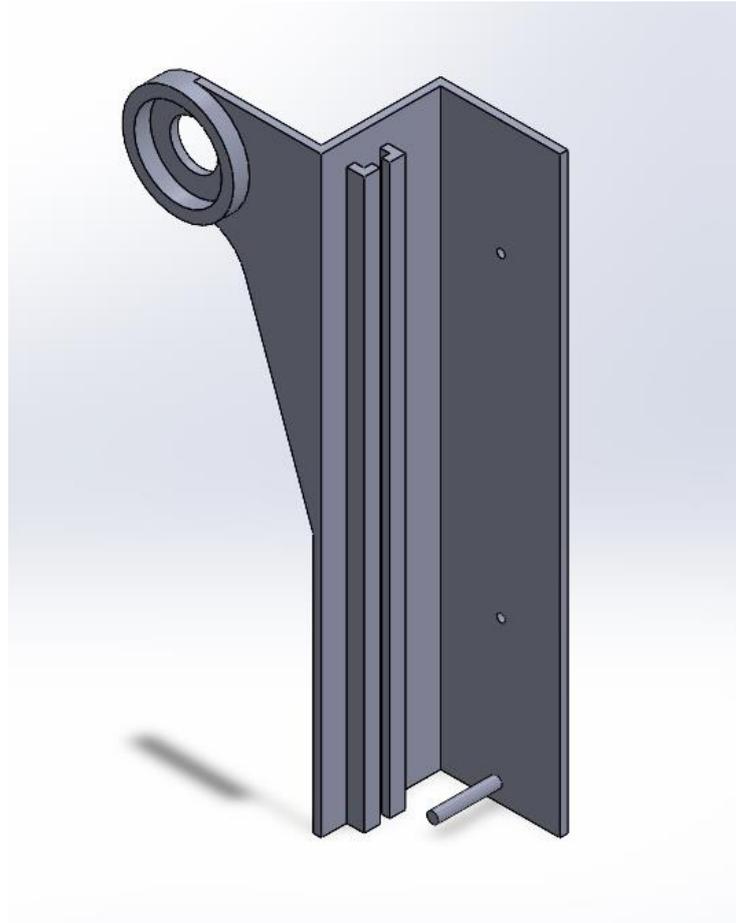


Imagen 39: Rediseño final anclaje eje-cilindro

8.1.3 SOPORTE MOTOR

Para el montaje del motor oleohidráulico se debe diseñar un soporte diseñado específicamente para dicho motor. Para ello, se ha seleccionado del propio catálogo de la bomba Kracht KM2 la brida tipo B y a partir de esta se ha diseñado el anclaje.

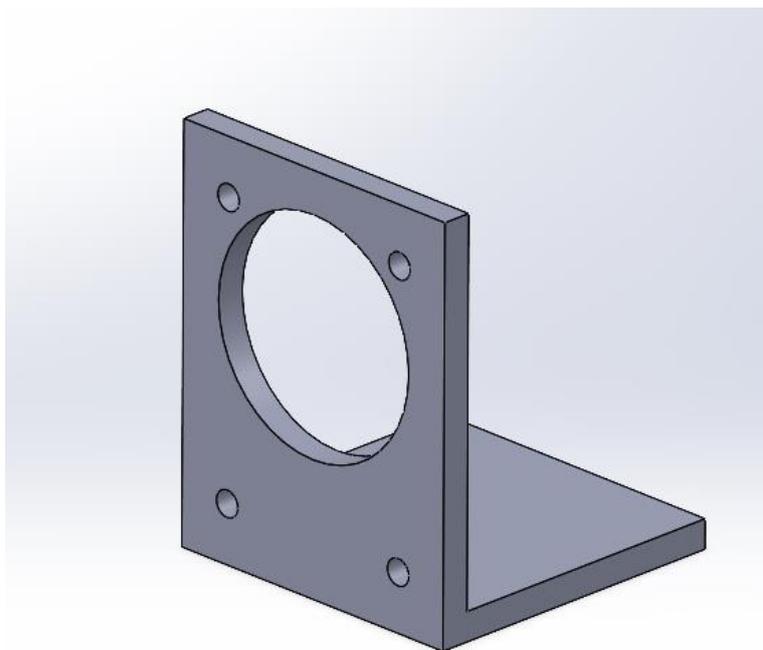


Imagen 40: Anclaje motor

8.2 SIMULACIONES

Una vez diseñadas todas las piezas del sistema de toldo automático, se procede a realizar varias simulaciones para así comprobar si todos los elementos son capaces de soportar las cargas y esfuerzos que se van a Los elementos diseñados son todos de acero (en su mayoría se trata de láminas de 10mm de espesor) por lo que se intuye que las cargas que estos elementos podrán soportar serán verdaderamente altas. Sabiendo que las cargas a las que estará sometido el sistema son bastante bajas, se ha decidido realizar una simulación mediante SolidWorks, ya que es un programa que, para este tipo de simulaciones no tan complejas como podrían ser otras, nos genera unos resultados muy acertados.

Se realizarán dos simulaciones del sistema completo, una en la que el peso de la lona esté sobre el eje y otra en el que esté sobre los cilindros. En ambos casos el motor oleohidráulico estará sometido al par total a realizar por este.

8.2.1 SIMULACIÓN CON LA LONA SOBRE EL EJE

Para la realización de la simulación se ensamblan todos los elementos que van a soportar una carga en un mismo archivo de ensamblaje de SolidWorks. En este caso se montan todos los elementos que forman el sistema menos los actuadores oleohidráulico. De esta forma se simula si los soportes y eje son capaces de aguantar las cargas a las que están sometidos.

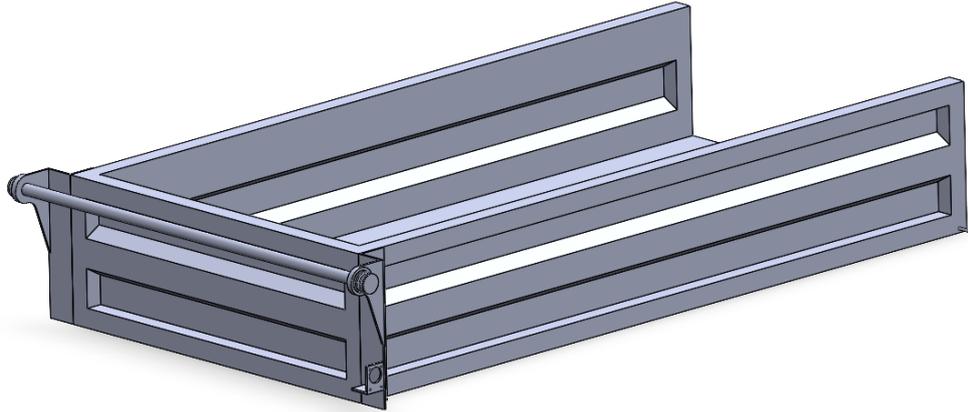


Imagen 41: Remolque con anclajes. Modelo para realizar las simulaciones

Para la realizar la simulación se determina que todos los elementos unidos a la caja están soldados a esta mientras que el eje se monta mediante una unión de rodamiento.

En cuanto a las cargas, se han aplicado cinco cargas distintas al modelo las cuales son cuatro cargas verticales y una de torsión. Estas se enumeran a continuación:

- Carga cilindros delanteros: 20kg

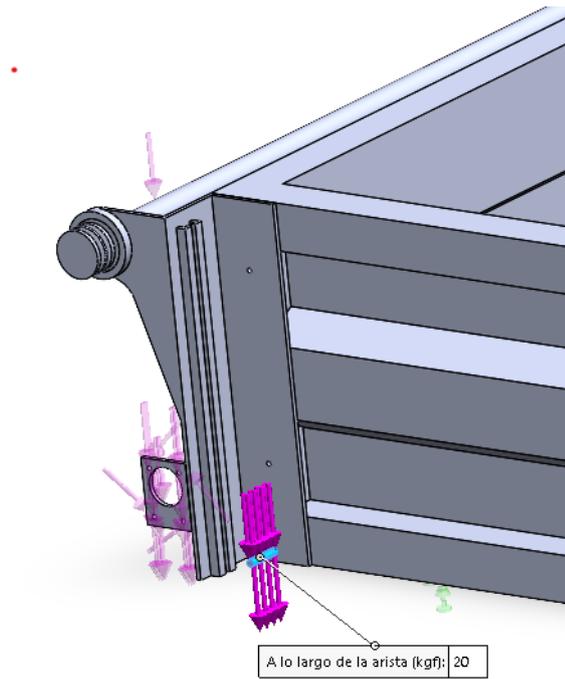


Imagen 42: Aplicación de la carga en los cilindros delanteros.

- Carga cilindros traseros: 10kg

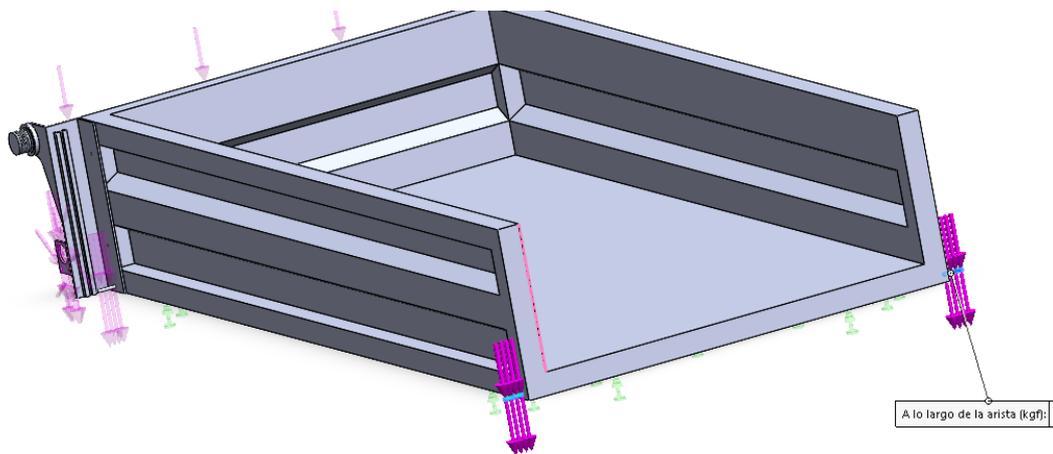


Imagen 43: Aplicación de la carga en los cilindros traseros.

- Carga eje: 12kg

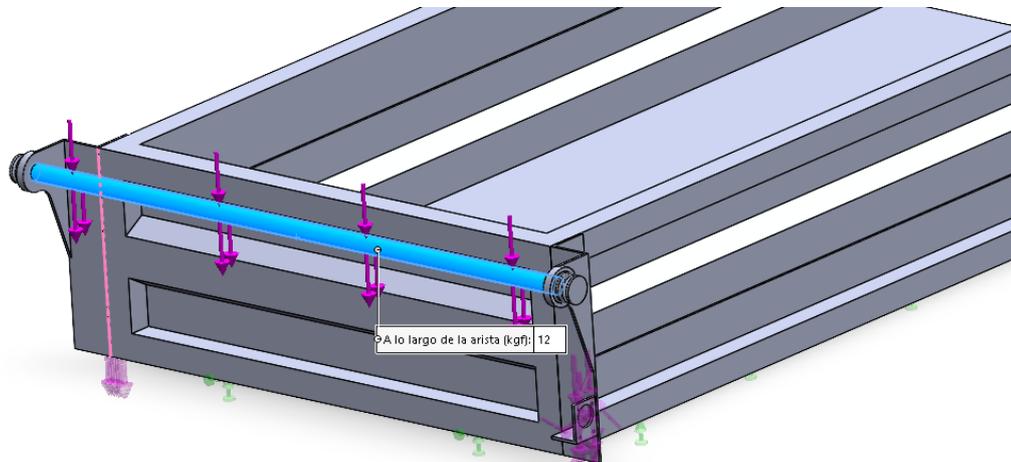


Imagen 44: Aplicación de la carga vertical en el eje

- Carga motor: 12kg

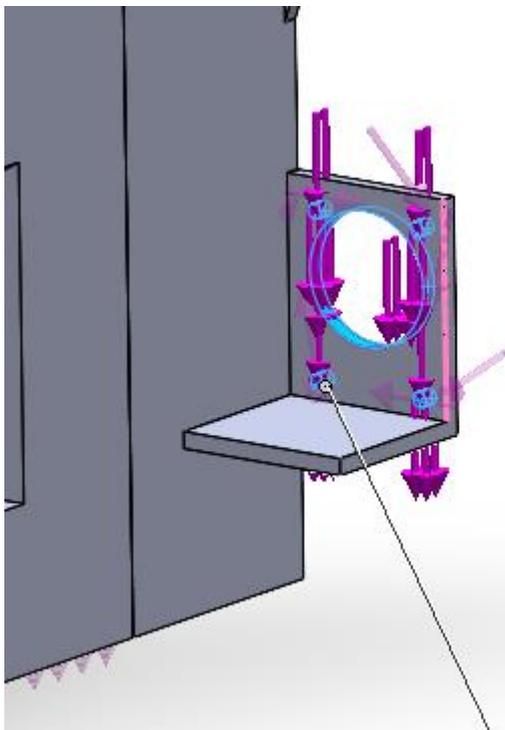


Imagen 45: Aplicación de la carga del motor sobre el soporte.

- Torsión motor: 37.07 Nm

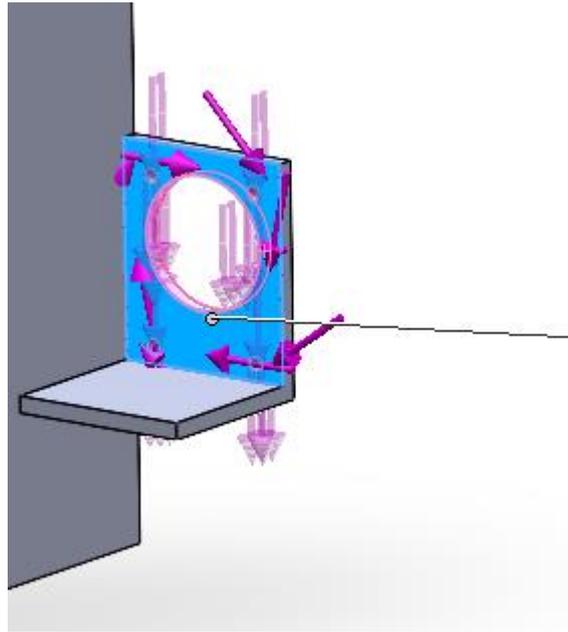


Imagen 46: Aplicación del torque del motor sobre el soporte.

Una vez insertados los *Inputs* se simula para obtener los resultados. Los resultados que buscamos conocer son las tensiones de Von Mises, el desplazamiento, y el factor de seguridad (en función a la tensión). A continuación, se muestran los resultados de dichas simulaciones.

TENSIÓN DE VON MISES

Nombre del modelo: CAJA SIMULACIÓN
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Default-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 1

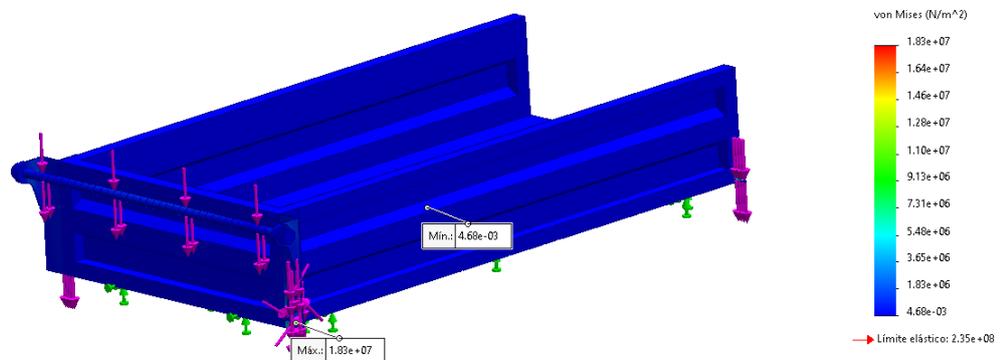


Imagen 47: Resultados simulación (Von Mises)

DEFORMACIÓN

Nombre del modelo: CAJA SIMULACIÓN
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Default-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 1

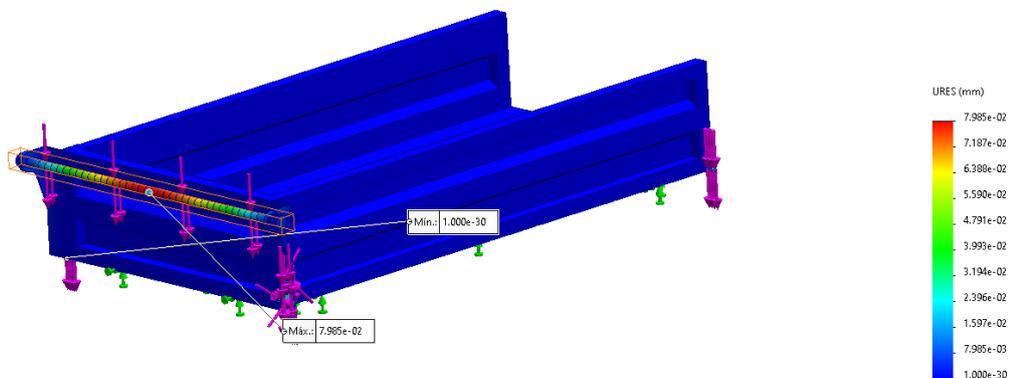


Imagen 48: Resultados simulación (Deformación)

FACTOR DE SEGURIDAD

Nombre del modelo: CAJA SIMULACIÓN
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Default-)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Tensiones von Mises máx.
 Distribución de factor de seguridad: FDS min = 13

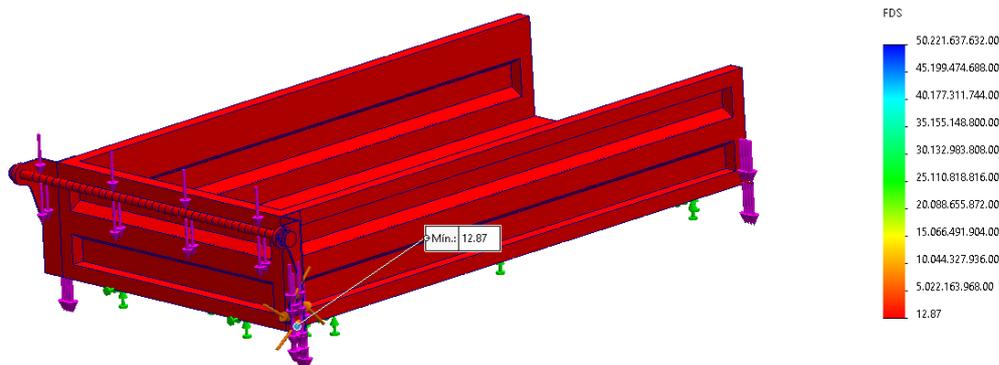


Imagen 49: Resultados simulación (Factor de seguridad)

Una vez obtenidos los resultados de las simulaciones se observa que el sistema soporta perfectamente las cargas a las que se va a someter. Esto se observa principalmente en el factor de seguridad, cuyo mínimo es de 13. Estos valores tan elevados, y sabiendo que el peso de la lona son 10kg, se decide no realizar una segunda simulación con la lona situada sobre los cilindros oleohidráulicos ya que se puede afirmar que en dicho caso (el cual es muy similar a este) los elementos soportarán perfectamente el peso de los distintos elementos. Observando la deformación de las piezas, el eje y el soporte del motor son los elementos con mayor deformación, siendo

la deformación del eje la máxima. Esto no nos preocupa ya que la deformación del eje es solamente de 0.08mm, es decir, prácticamente nula. Finalmente, en cuanto a la tensión, el punto de mayor tensión se encuentra en el soporte del pistón delantero, siendo esta tensión de 18.26 N/mm², muy lejos del límite elástico del acero.

Una vez realizada la simulación y observando el sobredimensionamiento que sufre este proyecto debido al ámbito al que va dedicado, se presupone que otros elementos como poleas y ejes también soportarán sobradamente las pequeñas cargas a las que estarán sometidas.

8.3 ELEMENTOS RESTANTES

8.3.1 ELEMENTOS OLEOHIDRÁULICOS

Tras realizar los cálculos y simulaciones y obtener un resultado favorable se procede a seleccionar los elementos oleohidráulicos restantes, los cuales serán una válvula divisora de caudal y todas las tuberías flexibles y sus conexiones.

Para el dimensionamiento de las tuberías flexibles es importante tener en cuenta cuantas tuberías se van a utilizar, su longitud y su diámetro. Para facilitar la comprensión de este punto se separarán por un lado el sistema del motor oleohidráulico y por otro el sistema de los cilindros. Antes de ello se va a determinar dos elementos de diseño que ambos sistemas tendrán en común. Por un lado, los latiguillos a utilizar en ambos sistemas serán los 2SN 08 1/2" ya que son los utilizados por otros elementos del remolque y porque son muy comunes, por lo que en el caso de rotura se podrían sustituir fácilmente. La unión de estos al tractor será mediante una unión rápida de tipo macho para así poder conectar y desconectar los elementos con facilidad en el caso de querer desanclar el remolque. A parte de esto, en ambos casos los latiguillos deberán ir desde el tractor hasta la parte posterior del remolque anclados con bridas al eje al igual que las otras tuberías flexibles que el remolque monta actualmente. Una vez en la parte posterior estos irán dirigidos al punto que sea necesario, ya sea al motor o a los cilindros. *Esto se debe a que al hecho de que el remolque monta un volquete, por lo que la parte delantera de este se eleva para descargar la carga que pueda haber en el tractor.* Al pasar los latiguillos por la parte posterior del remolque se consigue que este pueda elevarse sin miedo a que los latiguillos se puedan romper ya que, si estos estuvieran montados directamente por delante, al levantar el volquete se romperían ya que la distancia entre los elementos y el tractor aumentaría. Dicho esto, se procede a seleccionar los latiguillos tanto para el motor como para los cilindros

El motor oleohidráulico requerirá de dos latiguillos que conecten la entrada y la salida de aceite del sistema con la entrada y la salida de aceite del motor. Estos latiguillos tendrán una longitud total de 10m, teniendo en cuenta la longitud del tractor y la distancia entre el tractor y el remolque, además de dejar unos centímetros de más para que las tuberías puedan colocarse bien. Para conectar las tuberías flexibles al motor se montarán dos codos con unión roscada, de forma que el sistema ocupe el menor espacio posible.

Por otro lado, en el caso de los cilindros, se montará una tubería principal (6m) que al llegar a la parte trasera se separará en cuatro tuberías gracias a una válvula divisoria de caudal. Estas nuevas tuberías mantendrán el diámetro de la principal y su longitud será de 4.2m para los que conectan los cilindros delanteros y 1.2m para los que conectan los cilindros traseros. El tipo de conexión a los cilindros, al igual que en el caso del motor, será roscada.

Para la obtención de todos estos elementos, así como de la válvula divisora de caudal, se ha contactado con la empresa Jamica Maquinaria S.L, ya que esta se encarga del mantenimiento y de los elementos oleohidráulicos de toda la maquinaria de la empresa Falset Excavacions.

8.3.2 ELEMENTOS MECÁNICOS

A parte de estos elementos se deberán seleccionar varios elementos para la fabricación del toldo. Estos elementos son las poleas, la correa de transmisión, correas de tensión y el cable de unión entre las poleas delanteras y traseras. A continuación, se enumera que se va a montar en el sistema:

- **Cable de acero 8m x 10mm (2ud):** Utilizado para las poleas de los cilindros.
- **Polea de acero Cerragest para cable de acero de 100mm de diámetro. (4ud):** Poleas de los cilindros.
- **Polea trapezoidal SPA 100 (7ud):** Poleas montadas en el eje y cilindros para la transmisión de movimiento del eje a la lona. También utilizada a la salida del motor oleohidráulico.
- **Polea trapezoidal SPA 200 (1ud):** Polea del eje a la cual se le transmite el giro del motor.
- **Correa trapezoidal AVX10 1050mm (2ud):** Para el sistema de poleas que transmite la rotación del eje a las poleas traseras.
- **Correa trapezoidal AVX10 550mm (1ud):** Transmisión motor-eje.

9. MODELO FINAL

Una vez conocidos todos los elementos a montar en el sistema de toldo automático se puede afirmar que ya se ha realizado el diseño final del sistema. Debido a que ya se conoce en profundidad el diseño y las características de este, a continuación, se va a realizar un ligero resumen del diseño final, sin entrar demasiado en cuestiones técnicas las cuales ya se han explicado con anterioridad.

Dicho esto, el modelo final del sistema de toldo automático parte del prototipo diseñado en el apartado 4.3.2, el cual es un toldo accionado mediante eje-correa. Este sistema consta de una lona que en enrollada se encuentra sobre un eje en la parte delantera del remolque. Aparte existe un sistema de correas montado sobre cilindros oleohidráulicos que conecta de forma separada los cilindros delanteros con los traseros.

Un motor oleohidráulico transmite la rotación al eje mediante un sistema de poleas $z=2$, rodando el motor a 480rpm y el eje a 240rpm. De este eje, mediante un sistema de poleas con tensor se transmite dicha rotación al eje que se encuentra en los cilindros delanteros, transmitiendo la rotación al sistema de correas que se encuentra en los cilindros. De esta forma se consigue desenrollar el toldo y enrollarse.

En cuanto a la parte oleohidráulica, la bomba del tractor genera un torque de 54.5Nm, una potencia de 7.6 kW y un caudal de 32.7l/min a una presión de 100 bar, mientras que el motor requiere un caudal de 16.8l/min y una presión de 100bar para generar 37Nm y 1.9 kW para así enrollar o desenrollar la lona en 3 segundos. Los cilindros requieren solo de 2bar y 0.2CV de potencia para elevar la carga en menos de 3 segundos. Para el montaje de los elementos se diseñan varias piezas de anclaje como es el anclaje del motor o el anclaje del eje-cilindro delantero. Para el anclaje del cilindro trasero se suelda un bulón y las bridas directamente en la caja del remolque, por lo que no se diseña ninguna pieza específica como tal.

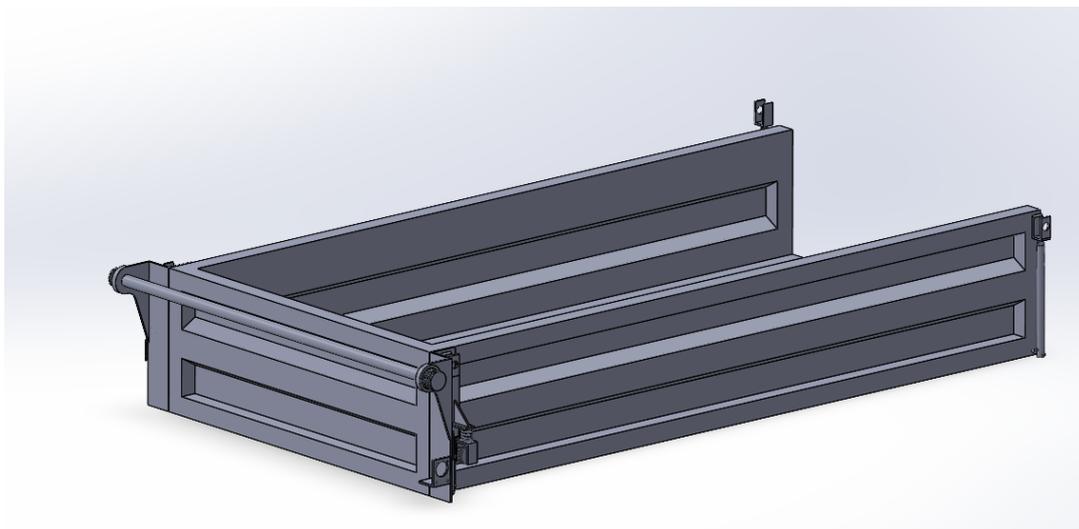


Imagen 50: Modelo final.

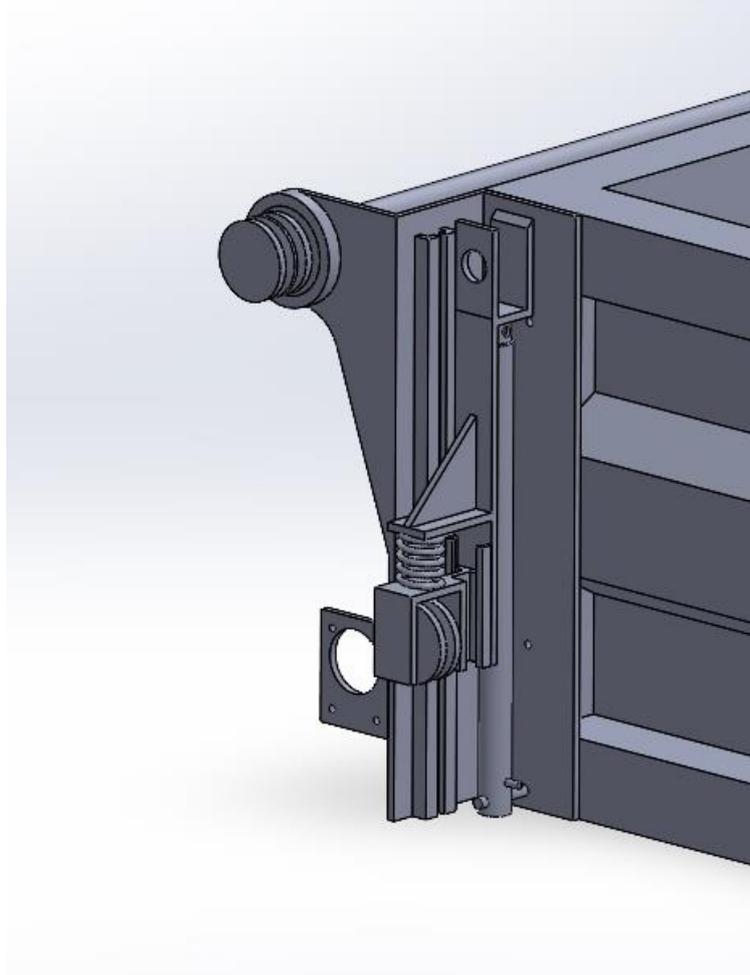


Imagen 51: Vista detalle cilindro delantero montado.

10. PRESUPUESTO

En este apartado se realiza un presupuesto tomando en cuenta el costo del material para la fabricación de las piezas a fabricar, el costo de los elementos comprados y la mano de obra.

Para la fabricación de las piezas de acero se comprarán planchas de 2000x100x10mm con un precio de 280€ cada plancha. Se calculará la superficie de todos las piezas y una vez se sepa la superficie total se comprarán las planchas necesarias.

Tabla 10: Presupuesto material (chapas de acero).

MATERIA PRIMA: ELEMENTOS FABRICADOS A PARTIR DE CHAPA METÁLICA					
Elemento	Superficie (mm2)	Cantidad	superficie total (mm2)	Precio(€)	Precio + 21% IVA(€)
Polea movil	28730	2	57460		
Cabezal delantero	81012.5	2	162025		
Cabezal trasero	17400	2	34800		
Soporte eje cilindro	326580	2	653160		
Motor	26400	1	26400		
Total	480122.5		933845		
MATERIAL A COMPRAR					
Plancha de acero [19]	2000000	1	2000000	288	288
COSTE TOTAL				288	288

En el caso de los ejes se realizará la misma acción, pero con cilindros macizos del diámetro especificado. En el caso del eje principal se comprará un tubo macizo de 50mm y 6m de longitud. En el caso de los ejes montados en los cabezales de los pistones se utilizará un tubo macizo de 14mm y 6m de largo.

Tabla 11: Presupuesto material (ejes).

MATERIA PRIMA: ELEMENTOS FABRICADOS A PARTIR DE TUBO MACIZO DE ACERO					
Elemento	Longitud (mm)	Cantidad	Longitud total (mm)	Precio(€)	Precio + 21% IVA(€)
Eje lona	2490	1	2490		
Eje cilindros delanteros	195	2	390		
Eje cilindros traseros trasero	70	2	140		
MATERIAL A COMPRAR					
Tubo macizo 50mm [20]	6000	1	6000	166.9	166.9
Tubo macizo 14mm [21]	6000	1	6000	13.7	13.7
COSTE TOTAL				180.6	180.6

Una vez realizadas las tablas de la materia prima según el material a utilizar, se obtiene el presupuesto total de la materia prima.

Tabla 12: Presupuesto de material total.

MATERIA PRIMA		
Elemento	Precio (€)	Precio total + 21% IVA (€)
MATERIA PRIMA: CHAPA METÁLICA	288	348.48
MATERIA PRIMA: TUBO MACIZO DE ACERO	180.6	218.53
COSTE TOTAL		567.01

Seguidamente se procede a realizar el presupuesto de los elementos que se deberán comprar.

Tabla 13: Presupuesto elementos comprados.

ELEMENTOS COMPRADOS				
Elemento	Precio (€)	Cantidad	Precio total (€)	Precio total + 21% IVA (€)
W2 [22]	2.77	12	33.24	40.22
e acero D100mm Norma EN 10083-2 [23]	7.56	4	30.24	36.59
nm [24]	2.80	2	5.6	6.78
A 100 [25]	23.76	7	166.32	201.25
A 200 [26]	42.71	1	42.71	51.68
VX10 1050 [27]	12.51	2	25.02	30.27
VX10 550 [28]	5.44	1	5.44	6.58
	468.00	1	468	566.28
ora de caudal	300.00	1	300	363.00
210 2Z [29]	70.93	2	141.86	171.65
neodimio [30]	12.99	1	12.99	15.72
IMES A-18 (1000 ud) [31]	11.96	1	11.96	14.47
	120.00	1	120	145.20
			1363.38	1649.69

Por último, solo queda conocer el coste de la mano de obra. Esta se separa en dos elementos distintos, la mano de obra mecánica destinada al corte y soldadura de elementos y el trabajo de ingeniería. El corte y la soldadura de los elementos fabricados es realizado por la empresa BEVIÀ S.L, una empresa local la cual ya ha realizado diversos trabajos para la empresa Falest Excavacions.

Por otro lado, para el trabajo de ingeniería se ha tomado un precio por hora de 20€/h y se ha planteado solo el trabajo de diseñar el sistema de toldo y no el conjunto total de este trabajo. En cuanto a la cantidad de horas realizadas el total asciende a 40h, o lo que es lo mismo, a una semana de trabajo. Esto se debe a que, en un caso real en el que el ingeniero tenga los conocimientos adecuados desde un primer principio y una mayor facilidad de proyectar, las horas de trabajo serían más reducidas que las realizadas en este proyecto.

Tabla 14: Presupuesto mano de obra.

MANO DE OBRA				
Elemento	Precio (€/h)	Cantidad	Precio (€)	Precio total + 21% IVA (€)
CORTE Y SOLDADURA DE ELEMENTOS	--	--	3500	4235.00
TRABAJO DE INGENIERÍA	20	40	800	968.00
COSTE TOTAL			4300.00	5203.00

Finalmente, se realiza un presupuesto total que contenga todos los costes de realización de este sistema de toldo automático.

Tabla 15: Presupuesto total.

PRESUPUESTO TOTAL		
Elemento	Precio (€)	Precio total + 21% IVA (€)
MATERIA PRIMA	468.60	567.01
MANO DE OBRA	4300.00	5203.00
ELEMENTOS COMPRADOS	1363.38	1649.69
COSTE TOTAL	6131.98	7419.70

En conclusión, de este apartado, se determina que el presupuesto total del proyecto a realizar será de 6131.98€ o de 7419.7€ si se contempla el IVA. Este presupuesto contempla tanto la materia prima, la mano de obra y los elementos comprados.

11. CONCLUSIONES

Tras la realización del proyecto en torno al diseño de un sistema de toldo automático es momento de analizar los resultados y concluir si finalmente se trata o no de un buen diseño.

En primer lugar, se verifica que el sistema diseñado cumple con los objetivos del proyecto los cuales eran crear un sistema de toldo que fuera automático, que pudiera cubrir cargas superiores a la altura de las paredes del remolque y que maximizase la visibilidad. Como ya se ha explicado en los primeros compases de este proyecto el sistema de toldo diseñado es capaz de cubrir cargas superiores a la altura de las paredes del remolque maximizando la visibilidad gracias al sistema de cilindros que eleva la lona por encima de la carga y luego vuelve a su posición inicial, de forma que la lona está en todo momento pegada a la carga. La automatización del sistema se ha conseguido mediante el uso del sistema oleohidráulico del tractor el cual se controla desde la cabina.

Otra manera de saber si se trata de un buen diseño es comparando el sistema de toldo diseñado con el mercado actual.

Al realizar dicha comparación se observa que dichos toldos no están diseñados bajo los mismos objetivos que este, por lo que dicha comparación es complicada. La mayoría de sistema de toldos está diseñado para camiones bañera cuyas paredes son muy altas y donde la visibilidad hacia atrás se ve limitada únicamente a los espejos retrovisores, por lo que es normal que dichos sistemas no cumplan los objetivos que se buscan cumplir en este proyecto.

Por último, se observa la simplicidad/complejidad del diseño, ya que es sabido que un buen diseño parte de la simplicidad de este. En nuestro caso observamos que no se trata de un diseño sencillo debido a la complejidad de diseñar un sistema de toldo automático que cumpla con todos los objetivos deseados. Es por ello por lo que se observan tantos elementos en el sistema: poleas, ejes, correas, tensores, guías, cilindros oleohidráulicos, bridas y de más elementos ya conocidos. Es por ello por lo que de cara a la simplicidad no es un diseño perfecto, pero teniendo en cuenta los objetivos a cumplir y la singularidad de dicho sistema se comprende la gran cantidad de elementos.

12. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] Meiller. (s.f). *Sistemas de lonas*.
<https://www.meiller.com/es/equipamiento-de-los-vehiculos/sistemas-de-lonas/>
- [2] Meiller. (s.f). *Sistema de toldo corredizo*.
<https://www.meiller.com/es/equipamiento-de-los-vehiculos/sistemas-de-lonas/>
- [3] Meiller. (s.f). *Sistema de lona lateral desplegable*.
<https://www.meiller.com/es/equipamiento-de-los-vehiculos/sistemas-de-lonas/>
- [4] Auge Lonas SL. (s.f).
<https://augelonas.com/lonas-para-remolques/>
- [5] Toldos Botero (s.f).
<https://www.toldosbotero.com/cherry-services/toldos/>
- [6] Toldos Botero (s.f). *Toldo de brazos*.
<https://www.toldosbotero.com/cherry-services/toldos/>
- [7] Toldos Botero (s.f.) *Toldo enrollable abierto*.
<https://www.toldosbotero.com/cherry-services/toldos/>
- [7] Toldos Botero (s.f.) *Toldo enrollable cerrado*.
<https://www.toldosbotero.com/cherry-services/toldos/>
- [8] Toldos Botero (s.f.) *Toldo abrelatas*.
<https://www.toldosbotero.com/cherry-services/toldos/>
- [9] Real Decreto 490/1997, de 14 de abril, por el que se modifica el Código de la Circulación y se determinan los pesos y dimensiones máximos de los vehículos.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-8205#:~:text=%C2%ABArt%C3%ADculo%2058.,ser%C3%A1%20de%20%2C60%20metros.>
- [10] BBVA (s.f). *¿Qué sabes de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)?*
<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-sabes-de-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-ods/>
- [11] Naciones unidas (s.f). *Objetivos de desarrollo sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

[12] Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo.

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-23514#top>

[13] Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1999-1826>

[14] Microcalculadora.net (s.f). *Calculadora de triángulos.*

<https://www.micalculadora.net/matematicas/triangulo-area-lado-angulo>

[15] Introducción a la oleohidráulica. Conceptos y ejercicios resueltos.

[16] Kracht GmbH (2018). *High-Pressures Gear Motors KM.*

<https://pdf.directindustry.es/pdf-en/kracht-gmbh/high-pressure-gear-motors-km-2/33579-985134.html#open1721017>

[17] Rexroth (2021). *Bomba a engranajes con dentado exterior High Performance AZPF.*

<https://www.boschrexroth.com/es/es/media-details/742915cd-2d71-4d6e-9d24-e6020f2185a7>

[18] Ansys (CES) *Granta EduPack* (2023 R2). (2021). [Software]. Ansys.

<https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack>

[19] Hierros Online (s.f) *Chapa de 2000x1000x10mm*

<https://hierrosonline.es/chapa-normales/500-chapa-de-2000-x-1000-x-10-mm.html>

[20] Hierros Online (s.f) *Macizo 50mm x 6m*

<https://hierrosonline.es/perfiles-redondos/407-redondo-macizo-de-50-mm.html>

[21] Hierros Online (s.f) *Macizo 14mm x 6m*

<https://hierrosonline.es/perfiles-redondos/397-redondo-macizo-de-14-mm.html>

[22] Entaban (s.f) *Abrazaderas Supra W2*

https://entaban.es/abrazaderas/101-abrazadera-alta-presion-supra-w2.html?gclid=CjwKCAjwq4imBhBQEiwA9Nx1BIJPFORzveaFisiZtzpYJT5a_ZWPKSE5vk8cTnJjAOZQa2BHEOGGgBoCTsEQAvD_BwE#/379-apertura mm-51_55

[23] Suministros Urquiza (s.f) *Polea Cerragast D100mm*

<https://www.suministrosurquiza.com/polea-acero-una-canal-2/3943-%C3%B8-100-mm-%C3%B8-eje-m-14>

[24] ManoMano (s.f) *Cable de acero 8mx10mm*

https://www.manomano.es/p/plimpo-rollo-cable-galvanizado-100-mts-2mm-32884970?model_id=52954374

[25] Discumec (s.f) *Polea Trapecial SPA 100*

https://www.disumtec.com/correas-y-poleas/3800000408-polea-trapecial-1-ranura-taper-spa-a.html?gclid=CjwKCAjwq4imBhBQEiwA9Nx1BmQ2n2J-qJcHwI3jW27kG1yKLW18BQkwZFJTIMu2pGjVnu-O32RtXhoC_kQAvD_BwE

[26] Discumec (s.f) *Polea Trapecial SPA 200*

https://www.disumtec.com/correas-y-poleas/3800000408-polea-trapecial-1-ranura-taper-spa-a.html?gclid=CjwKCAjwq4imBhBQEiwA9Nx1BmQ2n2J-qJcHwI3jW27kG1yKLW18BQkwZFJTIMu2pGjVnu-O32RtXhoC_kQAvD_BwE

[27] 123 Rodamiento (s.f) *Correa Trapecial AVX10 1050*

<https://www.123rodamiento.es/transmision-potencia/correa-trapecial-dentada/avx10x1050>

[28] 123 Rodamiento (s.f) *Correa Trapecial AVX10 550*

<https://www.123rodamiento.es/transmision-potencia/correa-trapecial-dentada/avx10x600>

[29] 123 Rodamiento (s.f) *SKF 210 2Z*

<https://www.123rodamiento.es/rodamiento-cojinete/rodamiento-bola/una-hilera/210-2z-skf>

[30] Amazon (s.f) *Pack 52 imanes de neodimio*

<https://www.amazon.es/Neodimio-Unidad-Extrem-Fuerte-Magnetpro/dp/B07JHQNDZC?th=1>

[31] Amazon (s.f) *Pack 1000 bridas metálicas SIMESA-18*

<https://www.amazon.es/SIMES-4362097-18-galvanizada-reforzada/dp/B01ETBT704>