

ULL

Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

GRÚA LIGERA PARA FURGONETA ABIERTA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Autor: Sergio Hernández Dorta

Tutor: Andrés Muñoz de Dios Rodríguez

Septiembre de 2017



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

GRÚA LIGERA PARA FURGONETA ABIERTA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

ÍNDICE GENERAL

Autor: Sergio Hernández Dorta

Tutor: Andrés Muñoz de Dios Rodríguez

Septiembre 2017

ÍNDICE

0. HOJA DE IDENTIFICACIÓN

1. MEMORIA

1.1 OBJETO.....	11
1.1 OBJECT.....	11
1.2 ALCANCE.....	12
1.3 ANTECEDENTES.....	12
1.4 NORMAS Y REFERENCIAS.....	15
1.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.....	15
1.4.2 Bibliografía.....	15
1.4.3 Programas de cálculo.....	16
1.4.4 Definiciones y abreviaturas.....	16
1.5 REQUISITOS DE DISEÑO.....	18
1.6 ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	19
1.7 RESULTADOS FINALES.....	22
1.8 PLANIFICACIÓN.....	33

2. ANEXOS

2.1 DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA.....	38
2.2 CÁLCULOS.....	38
2.2.1 Estabilidad de la grúa.....	38
2.2.2 Análisis estático de la estructura de la grúa.....	40
2.2.3 Cálculo de diagramas.....	60
2.2.4 Dimensionado de la estructura.....	83
2.2.5 Comprobaciones del dimensionado.....	88
2.2.6 Dimensionado de las placas de las uniones con pasadores.....	93
2.2.7 Cálculos de la base.....	97
2.2.7.1 Cálculo de rodamientos.....	97

2.2.7.2 Cálculo de los tornillos de la base.....	99
2.2.8 Cálculos de la parte eléctrica.....	103
3. PLANOS.....	106
4. PLIEGO DE CONDICIONES	
4.1 INTRODUCCIÓN.....	112
4.2 CONDICIONES GENERALES.....	113
4.2.1 Condiciones de uso general.....	113
4.3 CONDICIONES TÉCNICAS.....	114
4.3.1 Materiales.....	114
4.3.2 Acabado superficial y soldadura.....	114
4.3.3 Mantenimiento.....	114
4.4 ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL PROYECTO.....	115
4.4.1 Tratamiento anticorrosivo.....	115
4.4.2 Elementos constitutivos del proyecto.....	118
4.5 LIMITACIONES EN LOS SUMINISTROS.....	121
5. ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
5.1 ESTADO DE MEDICIONES.....	126
Capítulo 1: Listado de materiales.....	126
Capítulo 2: Mecanizado de piezas.....	129
Capítulo 3: Montaje y soldadura.....	131
Capítulo 4: Parte eléctrica.....	133
5.2 PRESUPUESTO.....	134

0. HOJA DE IDENTIFICACIÓN

TÍTULO:	Grúa ligera para furgoneta abierta con actuadores eléctricos
GRADO:	Ingeniería Mecánica.
TUTOR ACADÉMICO:	Andrés Muñoz de Dios Rodríguez
Contacto:	amunoz@metrotenerife.com
ENCARGADO POR:	Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología (ESIT). Universidad de La Laguna (ULL).
Dirección:	Avda. Astrofísico Francisco Sánchez, s/n San Cristóbal de La Laguna, Tenerife, España.
AUTOR DEL PROYECTO:	Sergio Hernández Dorta
DNI:	54054896-C
Dirección:	Cmno Santa Ana Nº8, El Ortigal, San Cristóbal de La Laguna, Tenerife, España.
Contacto:	serhd92@gmail.com

The logo consists of the letters 'ULL' in a stylized, purple, sans-serif font. The 'U' is on the left, and the two 'L's are on the right, with the second 'L' being slightly taller than the first. A horizontal line is positioned below the letters.

Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

**GRÚA LIGERA PARA FURGONETA ABIERTA
CON ACTUADORES ELÉCTRICOS**

MEMORIA

Autor: Sergio Hernández Dorta

Tutor: Andrés Muñoz de Dios Rodríguez

Septiembre 2017

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. MEMORIA

1.1 OBJETO.....	11
1.1 OBJECT.....	11
1.2 ALCANCE.....	12
1.3 ANTECEDENTES.....	12
1.4 NORMAS Y REFERENCIAS.....	15
1.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.....	15
1.4.2 Bibliografía.....	15
1.4.3 Programas de cálculo.....	16
1.4.4 Definiciones y abreviaturas.....	16
1.5 REQUISITOS DE DISEÑO.....	18
1.6 ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	19
1.7 RESULTADOS FINALES.....	22
1.8 PLANIFICACIÓN.....	33

1. MEMORIA

1.1 OBJETO

El objetivo del presente proyecto es el diseño de una grúa para peso ligero, instalada en una furgoneta con carrocería de caja tipo abierta. Este tipo de grúas suele realizar sus movimientos mediante actuadores hidráulicos, pero en este proyecto se propone utilizar actuadores eléctricos para ejecutar estas operaciones.

El diseño implicará elaborar la estructura de la grúa, calculando las cargas a las que está solicitada, así como, determinar el ensamblaje de todas las piezas, fijar la grúa a la carrocería y numerosos detalles necesarios para su instalación y correcto funcionamiento.

En consecuencia se obtendrá una máquina, que facilite la carga y descarga de objetos pesados, optimizando el trabajo del usuario. De esta manera, se pretende ofrecer un producto que mejore las condiciones de trabajo del cliente y a la par sea razonablemente económico.

1.1 OBJECT

The object of this project is the design of a crane for light weights of a maximum of 200 kilos, which will be installed in a open backed pick up van. These types of cranes usually perform their movements through the usage of hydraulic actuators, however in this project the use of electric actuators is proposed as an alternative method to carry out these operations.

The model will involve designing the crane structure, calculating the loads which will be required of it, as well as determining the assembly of all the parts, attaching the crane to the automobile body and considering any further details which are necessary for its installation and operation.

Consequently a machine will have been designed, which facilitates the loading and unloading of heavy objects, and thereby optimizing the work of the client. Using this

method, the intention is to provide a product that improves the working conditions of the customer and whilst at the same time being reasonably economical.

1.2 ALCANCE

El ámbito de aplicación de este proyecto será para cargas no superiores a 200 kilogramos (kg), inferiores a 1,80 metros de altura (m) y de una anchura no superior a 0,80 metros (m). Se podrá utilizar en condiciones meteorológicas adversas y condiciones de temperatura desfavorables. Además, cualquier tipo de persona con las instrucciones necesarias podrá manejar la máquina.

1.3 ANTECEDENTES

Como definición general, una grúa es una máquina que se usa para transportar o levantar cosas muy pesadas de un lugar a otro, habitualmente está constituida por una estructura de metal compuesta de un pilar o columna y un brazo horizontal del que cuelga un cable con un gancho.

Actualmente, existen muchos tipos de grúas, pero este proyecto se centrará en las grúas móviles autopropulsadas. Según la Instrucción técnica complementaria “MIE-AEM-4” del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas móviles autopropulsadas, aprobado por el Real Decreto 837/2003, de 27 de junio se tendrán las siguientes definiciones:

1. Grúa móvil autopropulsada: aparato de elevación de funcionamiento discontinuo, destinado a elevar y distribuir en el espacio cargas suspendidas de un gancho o cualquier otro accesorio de aprehensión, dotado de medios de propulsión y conducción propios o que formen parte de un conjunto con dichos medios que posibilitan su desplazamiento por vías públicas o terrenos.
2. Grúa autocargante: aparato de elevación de funcionamiento discontinuo instalado sobre vehículos aptos para transportar materiales y que se utiliza exclusivamente para su carga y descarga.

Teniendo en cuenta la naturaleza y objetivo de este proyecto, este tipo de grúas se clasificará en dos modelos, según sus actuadores:

- Grúas con actuador hidráulico: se trata del tipo de actuador más frecuente para estas aplicaciones, su principio básico se basa en la presión ejercida por un líquido sobre una superficie, normalmente un aceite. Estos actuadores se

encuentran herméticamente sellados, ya que el vertido del líquido que contiene, implicaría pérdida de funcionalidad y podría ocasionar un gran riesgo.

Las grúas con esta clase de actuador son utilizadas frecuentemente para cargas más pesadas y que precisen de mayor potencia. Por ejemplo, son usadas en aplicaciones de construcción, agricultura, etc.



Grúa con actuadores hidráulicos instalada entre la cabina y la caja de la furgoneta o camión.

- Grúas con actuador eléctrico: esta clase de actuador se basa en aprovechar la rotación de un motor eléctrico para generar un movimiento de carácter mecánico, ya sea de rotación o lineal. Este tipo de grúas es menos frecuente ya que tienen menor potencia, aunque cuentan con una mayor precisión. Por ejemplo, son usadas en aplicaciones médicas, grúas para peso ligero, etc.



Polipasto eléctrico tipo grúa portable.

❖ Ventajas de actuadores eléctricos frente a actuadores hidráulicos en aplicaciones para grúas:

- Al contrario que los actuadores hidráulicos, estos no sufren fugas de aceite a lo largo de la instalación, lo que proporciona un entorno más limpio.
- Debido a que los actuadores eléctricos funcionan mediante cables, tienen disponibilidad para ser instalados en cualquier sitio, incluso si la fuente de energía se encuentra lejos. En cambio, los hidráulicos dependen de la potencia y alcance de la bomba que da presión al aceite.
- Instalación más sencilla ya que no precisan de equipos para filtrado de partículas, eliminación de aire, sistemas de refrigeración, etc.
- No requieren de un mantenimiento periódico.

❖ Ventajas de actuadores hidráulicos frente a actuadores eléctricos en aplicaciones para grúas:

- Mayor índice entre potencia y carga.
- Mayor disponibilidad de productos en el mercado y una mayor experiencia con este tipo de actuadores frente a los actuadores eléctricos.
- Mayor velocidad y una gran resistencia mecánica, lo que implica que sean utilizados en aplicaciones donde requieran de una carga pesada.

En la actualidad, no existen antecedentes claros para el diseño de grúas para peso ligero con actuadores eléctricos, no obstante, se aprovechará la información existente para esta clase de máquinas con actuadores hidráulicos. Así mismo, hay que considerar que la normativa actual hace referencia a grúas de mayor tamaño que la proyectada, por lo que no se aplicará en su totalidad.

Por consiguiente, se realizará una estructura metálica basándose en la información obtenida de grúas con actuadores hidráulicos, pero adaptándola de manera que puedan trabajar actuadores eléctricos, consiguiendo un diseño funcional y económico.

1.4 NORMAS Y REFERENCIAS

1.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

- Norma UNE-EN ISO 9000 "Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario" (ISO 9000:2000).
- Norma UNE 50132 "Numeración de las divisiones y subdivisiones en los documentos escritos".
- Norma UNE 157001 - febrero 2012 – "Criterios generales para la elaboración de proyectos"
- Norma UNE 50113-1:1992 "Documentación e información. Vocabulario. Parte 1. Conceptos fundamentales".
- Norma UNE 192002:2012: Procedimiento para la inspección reglamentaria. Grúas. Grúas torre para obras u otras aplicaciones.
- Instrucción técnica complementaria (ITC) "MIE-AEM-4" del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas móviles autopropulsadas.
- Nota Técnica de Prevención (NTP) 868: Grúas hidráulicas articuladas sobre camión.
- NTP 869: Grúas hidráulicas articuladas sobre camión (II).

1.4.2 Bibliografía

- Estructuras de acero: problemas vigas.
https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Prob_const/EA_VigaBiapoyada.pdf
- Estructuras de acero: bases de cálculo.
http://www.ingenieriarural.com/Acero/Textos/EA_Bases_p.pdf
- Estructuras de acero: problemas pilares.
https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Prob_const/EA_Pilar_2_P.pdf
- Estructuras de acero: cálculo plástico de secciones.
http://www.ingenieriarural.com/Trans_const/EA_Comprobaciones_p.pdf
- Rodamientos y actuador lineal.
<http://www.skf.com/es/products/index.html>
<http://www.skf.com/es/products/actuation-systems/linear-actuators/index.html>
- Piezas en archivos CAD.

[https://www.tracepartsonline.net/\(S\(jefiau4pexlwpzqqlq1qipwc\)\)/content.aspx](https://www.tracepartsonline.net/(S(jefiau4pexlwpzqqlq1qipwc))/content.aspx)

- Numerosos videos explicativos.
www.youtube.com
- Cabrestante eléctrico
<http://cfblasant.com>
- Numerosas definiciones
www.wikipedia.es
- Normativa de acotación y presentación de planos
Dibujo industrial. Conjunto y despieces – José M. Auria Apilluelo, Pedro Ibáñez Carabantes, Pedro Ubierto Artur.
- Cálculos varios.
<https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/D/BSE-A.pdf>
- Análisis estático de la estructura metálica
Apuntes de la asignatura de Elasticidad y Resistencia de Materiales, Universidad de La Laguna.
- Cálculos de uniones atornilladas.
Apuntes de la asignatura de Teoría de Estructuras y Construcciones Industriales, Universidad de La Laguna.

1.4.3 Programas de cálculo y diseño

- SOLIDWORKS 2016 – x64 Edition: esencial a la hora de realizar y diseñar el proyecto en 3D. Además, se verifican los cálculos hechos a mano de la estructura.
- AUTOCAD 2016: Generación de esquemas y diagramas representativos.

1.4.4 Definiciones y abreviaturas

- Actuador: dispositivo capaz de generar una fuerza transformando energía hidráulica, neumática o eléctrica, en el accionamiento de un elemento final de control con el objetivo de producir un efecto sobre un proceso automatizado.

- Actuador lineal eléctrico: es un dispositivo que convierte el movimiento de rotación de un motor de baja tensión en movimiento lineal, es decir, los movimientos de empuje y halado.
- Compresión o esfuerzo de compresión: es la resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección.
- Corona giratoria o de orientación: rodamiento de gran tamaño especialmente diseñado para soportar las oscilaciones. Consta de un aro interior y un aro exterior, uno de los cuales suele incorporar un engranaje. Los caminos de rodadura de la corona, junto con los elementos rodantes (y las jaulas o distanciadores), están diseñados para soportar las cargas, actuando individualmente o en combinación, y en cualquier dirección.
- Estructura: conjunto de elementos resistentes capaz de mantener sus formas y cualidades a lo largo del tiempo, baja la acción de las cargas y agentes exteriores a que ha de ser sometido.
- Factor de seguridad: es un factor que relaciona el límite de tensión máximo admisible de un material con la tensión de von-Mises resultante en un elemento. Los valores de dicho factor dependen de la experiencia empírica o práctica o bien se aplican según la experiencia personal del diseñador. Para este tipo de estructuras es recomendable aplicar un factor superior a 1,7. El factor de seguridad en una ubicación se calcula a partir de:
 - Factor de seguridad (FDS) = $\sigma_{\text{limit}} / \sigma_{\text{vonMises}}$
- Flexión: tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.
- Fuerza axial: es una fuerza que actúa en la dirección del eje longitudinal de la pieza. Estas fuerzas pueden ser de compresión o de tracción dependiendo del sentido de la fuerza.
- Fuerza cortante: es el esfuerzo interno o resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal de un prisma mecánico como, por ejemplo, una viga o un pilar.
- Momento flector: es un momento de fuerza producto de una distribución de tensiones, sobre una sección transversal de un prisma mecánico flexionado o una placa que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión.

- Pandeo: puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y se manifiesta por desplazamientos considerables transversales a la dirección principal de compresión. En ingeniería estructural, aparece en pilares o columnas que están sometidos a un esfuerzo axial de cierta importancia.
- Pandeo lateral: Modo de pandeo de un elemento a flexión que implica deflexión perpendicular al plano de flexión y, de manera simultánea, giro alrededor del centro de corte.

1.5 REQUISITOS DE DISEÑO

El cliente quiere instalar la grúa en una Toyota Dyna 150L de 2013, su objetivo consiste en elevar y bajar cargas ligeras, no más de 200 kg, de la parte lateral de la furgoneta, que será una carrocería de tipo caja abierta. Además incluye que los actuadores que doten de movimiento a la grúa deben ser eléctricos.

Inciendo en lo dicho anteriormente, debido a que se trata de una grúa de muy poco peso no existe legislación, normativa o reglamentación aplicable para este caso en concreto, pero se tendrán en cuenta algunos aspectos del Real Decreto 837/2003, de 27 de junio, correspondiente a la Instrucción Técnica Complementaria “ITC-MIE-AEM-04: Grúas móviles autopropulsadas usadas”. Además, se podrán considerar las Notas Técnicas de Prevención (NTP) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), NTP 868: Grúas hidráulicas articuladas sobre camión y NTP 869: Grúas hidráulicas articuladas sobre camión (II).

El entorno socio-económico de este proyecto tendrá su campo de actuación en el terreno de las grúas móviles autopropulsadas, pero debido a su tamaño y uso, estará enfocado a clientes particulares o pequeñas empresas que buscan facilitar el día a día en su trabajo, donde puede haber un mercado menos explotado y con menor competencia que en el caso de las grandes grúas móviles autopropulsadas. En cuanto al entorno ambiental, este proyecto supondrá un aumento de las emisiones de CO₂ debido a que la furgoneta debe permanecer con el motor arrancado durante el funcionamiento de la grúa.

Por último, con el propósito de realizar un planteamiento que se adecuara a los requisitos del cliente se han estudiado numerosos diseños de grúa, así como los componentes de diversas marcas y catálogos. Además, se consultó con un carrocerero profesional para conocer de primera mano métodos de fijación de la base de la grúa a la carrocería.

1.6 ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Ante el proyecto propuesto, lo primero que se tuvo en cuenta fue la estabilidad de la grúa con respecto a la furgoneta. Para ello se aplica un coeficiente de seguridad de 1,25. Este valor es el mínimo que puede resultar de dividir el momento estabilizador, momentos que, en este caso, actúan a la izquierda de la línea de vuelco; línea imaginaria que marca el apoyo más cercano de la grúa con respecto a la carga, y el momento de vuelco, momentos que actúan a la derecha de la línea de vuelco y que producirían el vuelco de la furgoneta en caso de no cumplir con el coeficiente de seguridad. (*Explicado más detalladamente en el anexo 2.2*).

Seguidamente, se diseñó la estructura metálica de la grúa. En ella, se calcularon las fuerzas internas mediante un análisis estático, teniendo en cuenta las fuerzas externas y las restricciones a la que está sometida la estructura (*anexo 2.2*). Se consideraron dos casos extremos, en el caso 1, la pluma de la grúa se va a encontrar en su punto más bajo y en el caso 2, en el más alto.

Como esta se va a encontrar anclada a la furgoneta mediante su base por unos tornillos de fijación, va a acarrear un momento que tendrá que ser contrarrestado por la estructura de la misma, suponiendo así, uno de los puntos críticos de dicha estructura.

Para predimensionar la estructura ha de calcularse las distintas medidas de las partes principales por separado, en este caso pilar o columna, brazo horizontal o pluma y base. Además en función de las cargas y las posiciones extremas de funcionamiento se elegirán los actuadores adecuados:

- Pilar o columna: en primer lugar, se consideran las fuerzas a las que está solicitada esta parte, a saber: fuerza axil, fuerza cortante y momento flector. Fuerzas obtenidas con anterioridad en el análisis estático. En esta pieza en concreto, se empleó el dimensionamiento a resistencia de la sección con criterio elástico (*anexo 2.2*), obteniendo un tamaño de sección determinado. Posteriormente, se realizó una serie de comprobaciones como: comprobación de resistencia de la sección, comprobación a flexión y compresión y comprobación a pandeo, todas ellas recogidas en el Documento: Instrucción del Acero Estructural (EAE)
- Brazo horizontal o pluma: en esta parte de la estructura las fuerzas que solicitan la pieza son las mismas que en el elemento anterior aunque, en este caso, el esfuerzo normal no es tan importante a la hora de las comprobaciones. El

método para determinar la sección también será el dimensionamiento a resistencia de la sección con criterio elástico, realizando posteriormente comprobaciones de esfuerzo cortante y pandeo lateral.

- **Base:** este elemento es el nexo de unión entre la grúa y la furgoneta. Por lo que debe absorber o contrarrestar las fuerzas y momentos que se generan en la grúa debido en su mayor medida a la carga que soporta.

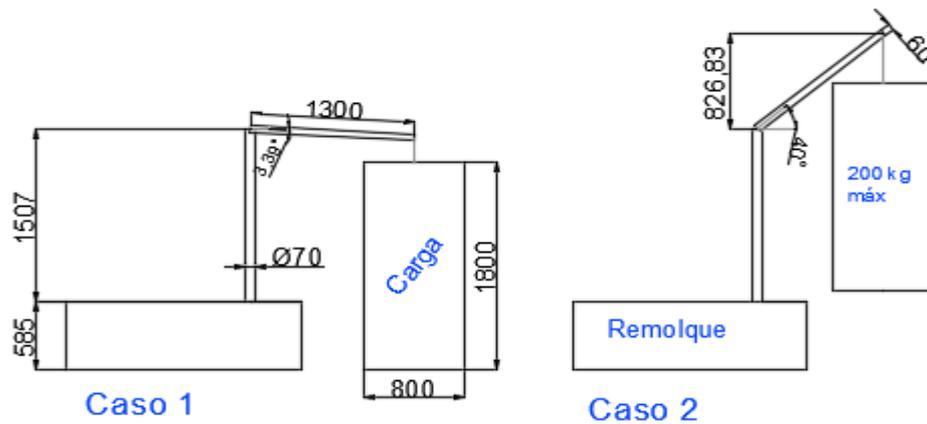
Es por ello que, en un principio, se pensó en una corona giratoria, elemento principal de la mayoría de grúas que realiza el movimiento de rotación de la misma. No obstante, los diámetros ofrecidos en el mercado eran muy superiores al de la columna de la grúa.

Posteriormente, se determinó que la solución más efectiva sería un sistema de dos rodamientos sencillos, uno en la base y otro a una distancia determinada. De esta manera los rodamientos soportarán el momento flector generado en la base. Para ello se diseñará una estructura que fije los dos rodamientos de forma que, el anillo interior de estos coincida con la parte exterior de la columna y, el anillo exterior de ambos coincida con el interior de una pieza en forma de tubo, que será concéntrica a la columna e irá soldada a una base que posteriormente se atornillará a la carrocería de la furgoneta. De esta manera se consigue que la columna gire manualmente y esté anclada al suelo de la carrocería.

- **Actuadores:** mecanismos que dotarán de movimiento a la grúa. Para el movimiento de elevación del brazo se utilizó un actuador lineal eléctrico. Este consiste en un tornillo sin fin sobre el cuál va montada una tuerca que sube o baja en función de la dirección de giro del tornillo. La distancia que por diseño puede recorrer la tuerca se denomina carrera del actuador. Por ello, sabiendo la carrera del actuador se sabrá a que altura quedará el brazo de la grúa.

En el esquema adjunto se observa la altura necesaria a la que se tiene que elevar el brazo para poder colocar la carga dentro de la furgoneta sin ningún tipo de problemas.

Teniendo en cuenta este esquema se determinó que se necesitará un actuador con 400 mm de carrera.



Esquema de los dos casos extremos de la grúa (medidas en mm).

Por otro lado, para el movimiento de elevación de la carga se utilizó un cabrestante con un cable de acero. Dispositivo que consiste en un motor eléctrico que mueve un eje sobre el que se enrolla el cable. Además en el extremo de la pluma del que va a colgar la carga se colocó una polea para conducir el cable hasta el cabrestante que estará situado en la parte superior de la pluma cerca de la columna.

- Parte eléctrica:

Por último, se diseñó la parte eléctrica que suministrará energía a los motores de los actuadores. Las características de los motores que se usarán serán las siguientes:

- Motor actuador lineal: corriente alterna de 230 V con una potencia de 710 W.
- Motor cabrestante: corriente alterna de 230 V con una potencia de 370 W.

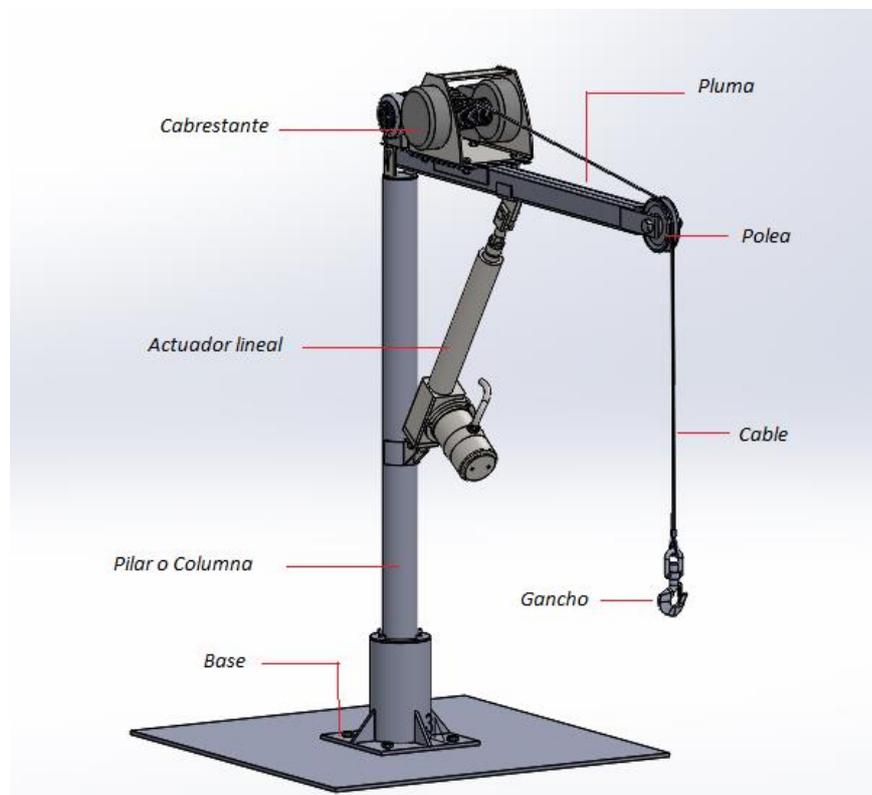
Debido a que los dos motores funcionan con corriente alterna y que la corriente suministrada por el alternador de la furgoneta es corriente continua de 12 V. Se necesitará un inversor de corriente que lo que hace es generar corriente alternar a partir de corriente continua. Este inversor deberá ser suficiente para suministrar la potencia de los dos motores, pero no de forma simultánea, ya que mediante interruptores primero

funcionará uno y después otro. Es por esto, por lo que se elegirá un inversor de 800 W, suficiente para los dos motores funcionando de manera individual.

En consecuencia, el motor del vehículo deberá estar siempre encendido ya que el inversor demandará corriente continua del alternador, que irá conectado a la batería. Teniendo que tener por lo tanto un alternador que genere la potencia suficiente.

1.7 RESULTADOS FINALES

Una vez analizadas las posibles soluciones se llegó a un diseño final que satisfará los requisitos iniciales y cumplirá con las especificaciones técnicas y mecánicas actuales de cálculo.



Diseño final de la grúa.

Seguidamente, se pasará a explicar más detalladamente cada una de las partes del proyecto:

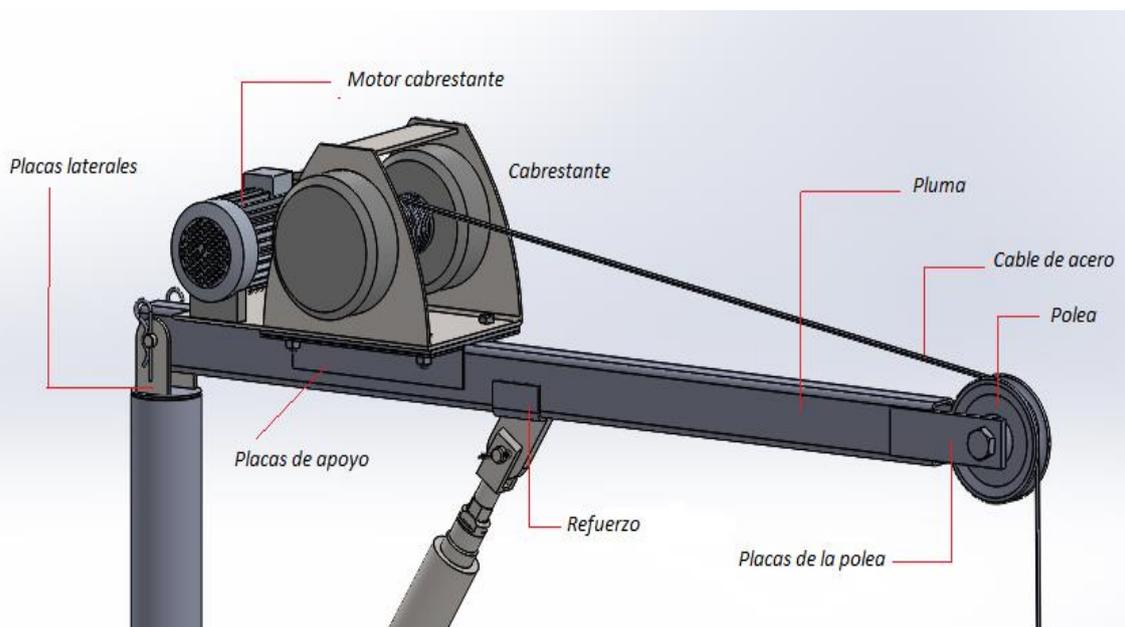
- Pluma y componentes vinculados: elemento que recibe el empuje y halado por parte del actuador lineal eléctrico y que por lo tanto se encarga de elevar o descender la carga.

Además a lo largo de la pluma se situará el cabrestante, el cable del mismo y la polea que guiará el cable. El cabrestante irá en la parte superior de la pluma, cerca de la columna. Al ser este más ancho que la pluma se diseñará unas placas de apoyo en forma de L, que a su vez, irán soldadas a los laterales de la misma. De esta forma se creará una superficie plana donde podrá atornillarse la base del cabrestante a la placa de apoyo que trae de fábrica.

La pluma será de sección rectangular hueca, con unas dimensiones de 70 milímetros (mm) de alto por 50 mm de ancho y 4 mm de espesor, además tendrá 1190 mm de largo.

Como se ve en la imagen ampliada, la pluma se une a la columna mediante unas placas laterales y un pasador, que es el verdadero elemento de unión. También, se une al actuador mediante un pasador que ensambla una placa central y una horquilla que forma parte del actuador. La pluma se encuentra reforzada en la zona donde el actuador ejerce la fuerza para que no se produzca la abolladura de la misma. Obviamente, tanto las placas laterales como los pasadores se calcularon con anterioridad (*anexo 2.2*).

Por último, se soldaron dos placas al extremo donde pende la carga para mediante un tornillo ensamblar la polea, y conseguir un punto de apoyo para que el cabrestante trabaje con mayor facilidad.



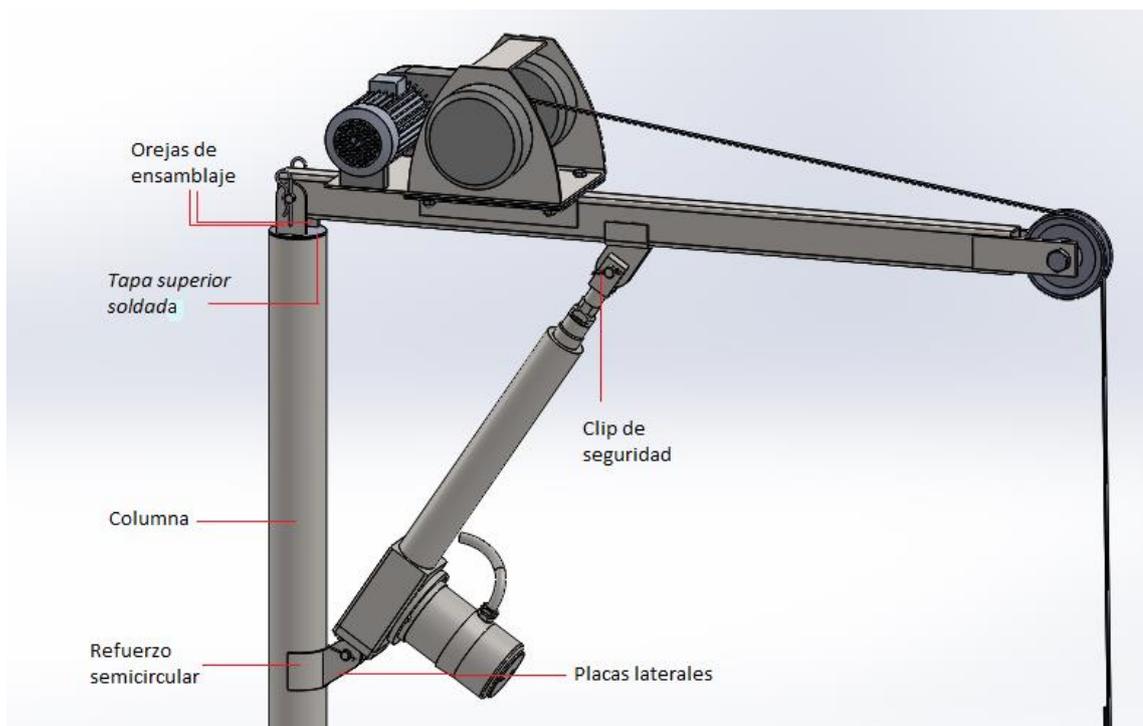
Pluma y elementos vinculados.

- Columna y elementos vinculados: elemento fundamental de la grúa que sirve de pilar donde se asienta la pluma. La columna es el componente sobre el que va a girar toda la estructura, ya que se une a la base por medio de dos rodamientos y un tubo exterior concéntrico, haciendo que esta gire, y la base junto al tubo exterior concéntrico se mantengan fijos.

En la parte superior, debido a que la columna es hueca, es necesario soldar una tapa sobre la que poder colocar las orejas de ensamblaje o placas laterales que servirán para el ensamblaje de la pluma (*ver imagen anterior*).

Para el diseño se eligió una sección circular hueca de diámetro 90 mm, espesor 3 mm y 1507 mm de alto, sumando las placas laterales para el ensamble de la pluma.

Por otro lado, hacia la mitad de la columna, a una distancia determinada, se soldará un refuerzo en forma de semicírculo que servirá para soldar encima dos placas laterales u orejas de ensamblaje. En estas placas se ensambló la otra parte del actuador. Todo esto calculado previamente (anexo 2.2). Además en todos los pasadores se añadió un clip de seguridad (*ver imagen siguiente*).



Columna y elementos vinculados.

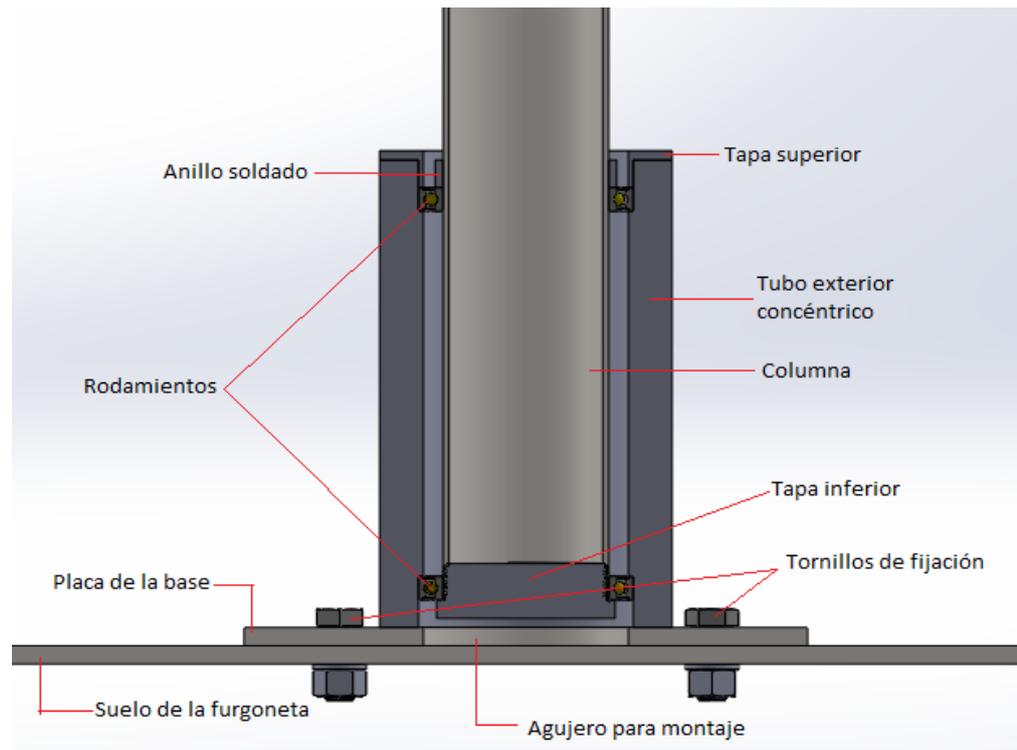
- **Base:** elemento que une la columna a la carrocería de la furgoneta mediante tornillos de fijación. Consiste en una estructura en la que girarán dos rodamientos, el primero en la base y el segundo, a una distancia de 213 mm, de manera que el segundo rodamiento contrarresta el momento flector que se produce en la base de la grúa, debido a que la columna se encuentra empotrada.

Los rodamientos tendrán su anillo interior apoyado en el exterior de la columna y su anillo exterior unido al interior de un tubo concéntrico exterior, es decir, la base consistirá en un tubo exterior corto concéntrico a la columna y entre ellos girarán los rodamientos. El tubo exterior se trata de una pieza mecanizada, de manera que los rodamientos se apoyan sobre unos rebajes realizados en el interior de este.

Además se soldará un anillo a la columna de manera que fije el anillo interior del rodamiento superior para que el rodamiento no se mueva de su sitio. También se colocará una tapa circular de forma que fije el anillo exterior del rodamiento superior y se atornillará al tubo exterior.

Por último, el rodamiento inferior se afianzará mediante una tapa roscada que se enroscará al interior de la columna fijando el anillo interior del rodamiento. Para poder desmontar el conjunto de rodamientos con facilidad será necesario realizar un agujero en la placa de la base, de esta manera, una vez que la placa de la base se encuentre soldada al tubo exterior concéntrico se podrá desmontar con facilidad la tapa inferior roscada aflojándola con una llave adaptada para tal uso.

La placa de la base mencionada anteriormente será un cuadrado de 295 mm de lado y 10 mm de espesor que irá fijada a la carrocería de la furgoneta mediante 4 tornillos de 16 mm de diámetro.



Corte de la estructura de la base.

- **Actuadores eléctricos:** dispositivos que realizan los movimientos de elevación de la grúa. Se encuentran conectados a un motor que será el encargado mediante diferentes mecanismos de realizar el movimiento lineal y de rotación respectivamente. Los actuadores serán:
 - Actuador lineal eléctrico: mecanismo que, a partir de un movimiento de rotación generado por un motor, produce un movimiento lineal que, en este caso, realiza el movimiento de subida y bajada de la pluma.

Después de analizar varias opciones en el mercado, se optó por un actuador lineal de la marca sueca Svenska Kullager Fabriken (SKF), más concretamente, la línea de producción CAHM-35. Esta línea está formada por actuadores de elevación de husillo con engranajes sin fin, que ofrecen un movimiento fuerte, rápido y silencioso, con un alto nivel de seguridad y un gran ciclo de trabajo. Esta marca ofrece una gran variedad de versiones, a continuación se observa una tabla de datos técnicos de las diferentes versiones del actuador con motor de corriente alterna:

	Unit	CAHM-3507-LS0XXX-A2	CAHM-3510-LS0XXX-A2	CAHM-3520-LS0XXX-A2	CAHM-3540-LS0XXX-A2
Motor	–	A2	A2	A2	A2
Voltage	V AC	230	230	230	230
Screw type	–	LS	LS	LS	LS
Rated push load	N	5 000	7 000	10 000	15 000
Rated pull load	N	5 000	7 000	10 000	15 000
Speed (at full load)	mm/s	12	8	4	2
Stroke	mm	100 to 700	100 to 700	100 to 700	100 to 700
Power consumption	W	700	710	710	750
Current consumption	A	3,3	3,5	3,5	3,5
Duty cycle	%	15 (1,5/8,5)	10 (1/9)	10 (1/9)	10 (1/9)
Ambient temperature	°C	-10 to +40	-10 to +40	-10 to +40	-10 to +40
Type of protection	IP	54	54	54	54
Weight (at 200 mm stroke)	kg	14,6	14,6	14,6	14,6
Color	–	Silver	Silver	Silver	Silver

Datos técnicos de la línea CAHM-35, marca SKF.

En el caso 2, cuando la grúa se encuentra en el punto más alto, es cuando el actuador va a realizar su mayor esfuerzo (*calculado en el anexo 2.2*). Es por esto, que se necesita como mínimo una fuerza de 7200 newton (N), en consecuencia, se eligió un actuador con carga de empuje y de halado de 10000 N, gracias a un motor de corriente alterna de 220 V y una potencia de 0,71 kW.

Por otro lado, se tuvo que elegir entre un husillo sin fin convencional o un husillo de bolas; LS (lead screw) o BN (ballscrew) designados así respectivamente en la tabla. La diferencia radica en que en el husillo de bolas, unas bolas basculan continuamente entre el eje del husillo y la tuerca, haciendo que mejore el rendimiento y aumente el ahorro de energía en el motor.

Es por ello que se decidió seleccionar el actuador eléctrico CAHM-35 con husillo de bolas, con una relación de engranaje de 20 y una carrera de 400 mm. Además, se eligió un final de husillo con cabeza de horquilla para facilitar el ensamblado de la pluma con el actuador.

Una vez seleccionadas las características, el actuador quedará designado como CAHM-3520-LS400-A2.

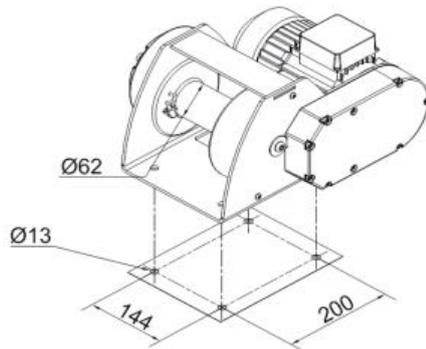


Actuador lineal eléctrico marca SKF, modelo CAHM-35. Motor AC.

- Cabrestante: dispositivo mecánico, que consiste en un rodillo impulsado por un motor eléctrico en este caso, y sobre el cual se arrolla un cable de acero para arrastrar o elevar una carga.

Para este proyecto se seleccionó el modelo Motorbox de 300 kg de carga máxima de la marca “Cargo Flet Blasant” (CFB). Se trata de un cabrestante eléctrico diseñado para operaciones de elevación y arrastre sencillas. Viene provisto de una unidad de control de arriba y abajo con parada de emergencia y cuenta con un motor monofásico de 220 V y 0,37 kW de potencia. Además tiene capacidad para 3 capas de cable alcanzando los 16 m de cable en la última capa. El cable en este caso tendrá 5 mm de diámetro. Este cable viene suministrado por la empresa CFB y soporta perfectamente el peso de 200 kg de carga máxima que puede levantar la grúa.

También incluye una placa de apoyo para el cabrestante que irá fijada a la parte superior de la pluma mediante unas placas laterales en forma de L. Estas placas irán soldadas a los laterales y se atornillarán a la placa de apoyo mediante 4 tornillos de 12 mm de diámetro.



Medidas principales del cabrestante seleccionado.

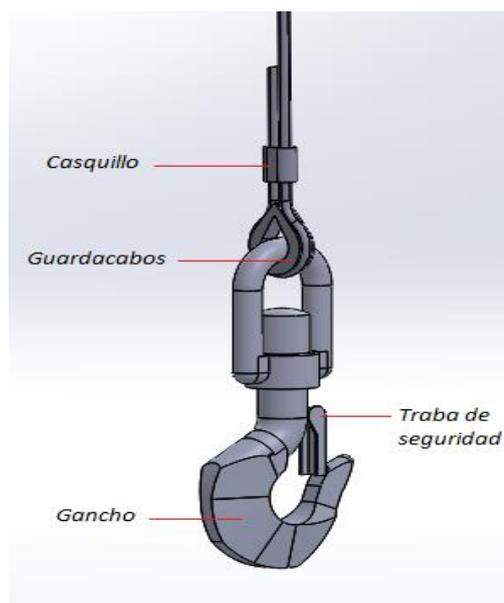


Cabrestante Motorbox, 300 kg.

- Otros elementos de la grúa:

- Gancho y elementos vinculados: pieza donde se va a colgar la carga para su elevación o descenso. El gancho seleccionado es de la marca francesa "L'Etoile", empresa especializada en la fabricación de accesorios para la elevación y la manipulación.

Cuenta con una argolla por la que pasará el cable, formando otra argolla que irá reforzada con un guardacabos. Además en la argolla del cable se insertará un casquillo de aluminio que unirá las dos partes del cable como se ve en la imagen.

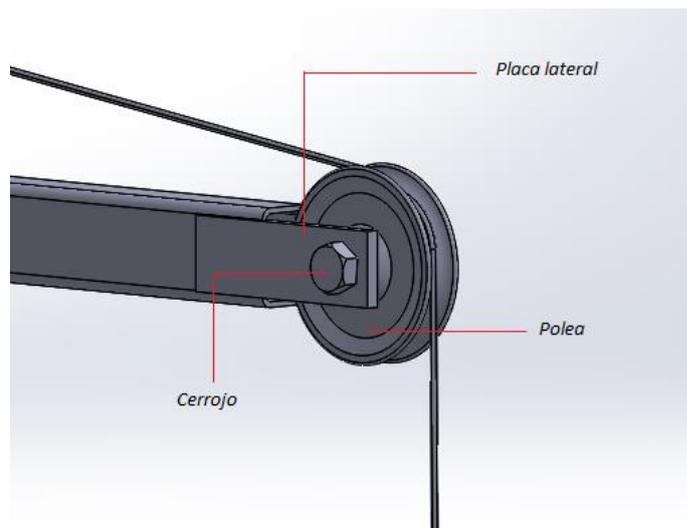


Gancho de la grúa y accesorios.

También dispone de una traba de seguridad que impide que la carga se descuelgue.

- Polea y elementos vinculados: rueda con un canal o garganta que gira alrededor de un eje y permite disminuir el esfuerzo que realiza el cabrestante. La polea seleccionada pertenece a la empresa “DOCÓ”, e incluye cerrojo, tuerca de cierre y dos arandelas.

Aunque se representó de forma simplificada en el programa SOLIDWORKS, esta imagen aclara cómo se va a colocar en el extremo de la pluma. De las partes laterales del brazo horizontal saldrán dos placas laterales, soldadas a la pluma, entre las que se colocará la polea y se ensamblará mediante el cerrojo.

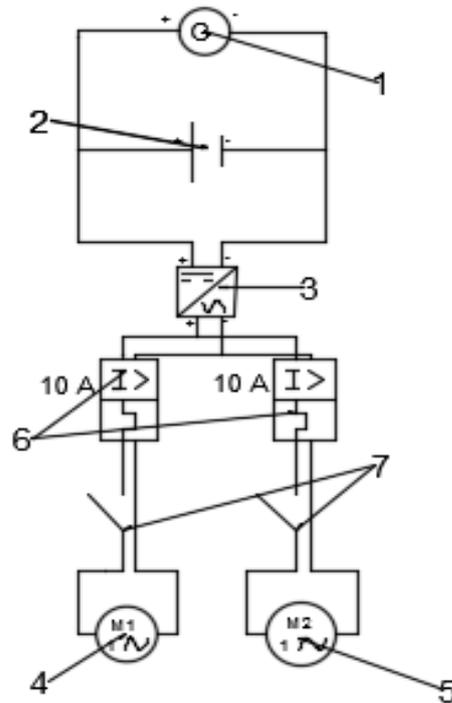


Ensamble de la polea.

- Cable: se eligió un cable de 5 mm de diámetro que, en un principio, vendrá suministrado por la empresa a la que se solicitó el cabrestante.

- Parte eléctrica:

Anteriormente se mencionó que se necesitará un inversor de 1500 W para convertir la corriente continua del motor en corriente alterna necesaria para los motores de los actuadores. El circuito eléctrico resultante será el siguiente:



Simbología:

1. Alternador: dispositivo del vehículo capaz de generar energía eléctrica a partir de la energía mecánica del motor que se transfiere a este mediante una correa. En el caso de este tipo de furgoneta se conoce que el alternador tendrá una intensidad de corriente de 70 A y 840 W
2. Batería de 12 V: se encarga de acumular la energía eléctrica que produce el alternador y proporcionar corriente a las distintas partes del vehículo. Para este tipo de furgoneta se tiene una batería de 70 Ah a 12 V.
3. Inversor: es el encargado de convertir corriente continua en corriente alterna para poder abastecer los motores de la grúa.
4. Motor monofásico corriente alterna de 220 V y 710 W.
5. Motor monofásico corriente alterna de 220 V y 370 W.

6. Interruptores automáticos: dispositivo que abre el circuito o corta la corriente cuando esta exceda un límite establecido, en este caso 10 A.
7. Interruptores: necesarios para cerrar el circuito y dejar pasar la corriente a los motores.

Los cálculos se realizarán en el anexo 2.2.7.

1.8 PLANIFICACIÓN

Después de tener en cuenta el documento básico de estado de mediciones se hará una planificación aproximada, en base a los datos recogidos en este documento. Además, para seguir el orden del documento nombrado, se dividirá la planificación por capítulos:

➤ Capítulo 1: Listado de materiales.

Una de las partes complicada del proyecto es conseguir todas las piezas del listado de materiales. Por lo tanto, en este capítulo se dará un margen de entre 1 y 2 semanas.

➤ Capítulo 2: Mecanizado de piezas.

En el mecanizado de piezas se ha obtenido un tiempo total de 10 horas y 30 minutos, sin tener en cuenta paradas de descanso tanto de maquinaria como de personal, así como paradas para cambiar herramientas de corte y otras paradas. Por lo tanto, teniendo en cuenta estos factores y otro tipo de factores que puedan intervenir en la ejecución, se podrá realizar el mecanizado de las piezas entre 3 y 4 días.

➤ Capítulo 3: Montaje y soldadura.

En este capítulo, atendiendo al estado de mediciones, se ha obtenido un tiempo aproximado de 22 horas. Teniendo en cuenta que las fuentes de soldadura tienen un factor de marcha del 60%, lo que quiere decir que, por ejemplo, por cada 10 min se puede utilizar la fuente 6 min y el descanso del personal. Se podría alcanzar un tiempo de soldadura y montaje de alrededor de 1 semana.

➤ Capítulo 4: Parte eléctrica.

Consistirá en montar el circuito una vez este todo montado. Por lo tanto será la última parte del proyecto y debido a que es una instalación relativamente sencilla se tardará máximo un día

Por lo tanto la planificación del proyecto estará en torno a las 3 semanas y 5 días. Estableciendo un límite máximo de un mes y una semana.



Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

GRÚA LIGERA PARA FURGONETA ABIERTA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

ANEXOS

Autor: Sergio Hernández Dorta

Tutor: Andrés Muñoz de Dios Rodríguez

Septiembre 2017

ÍNDICE DE ANEXOS

2. ANEXOS

2.1 DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA.....	38
2.2 CÁLCULOS.....	38
2.2.1 Estabilidad de la grúa.....	38
2.2.2 Análisis estático de la estructura de la grúa.....	40
2.2.3 Cálculo de diagramas.....	60
2.2.4 Dimensionado de la estructura.....	83
2.2.5 Comprobaciones del dimensionado.....	88
2.2.6 Dimensionado de las placas de las uniones con pasadores.....	93
2.2.7 Cálculos de la base.....	97
2.2.7.1 Cálculo de rodamientos.....	97
2.2.7.2 Cálculo de los tornillos de la base.....	99
2.2.8 Cálculos de la parte eléctrica.....	103

2. ANEXOS

2.1 DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

Durante la elaboración del diseño se consultaron diversos documentos para conocer la normativa y calcular los diferentes elementos del proyecto.

- Instrucción de Acero Estructural (EAE), según RD 751/2011, de 27 de mayo, por el cual se realizaron la mayoría de comprobaciones así como uniones atornilladas, geometría de elementos y soldadura.
- Estructura de Acero. Bases de Calculo, documento que recoge la Universidad de Castilla-La Mancha y que sirvió de apoyo y completó la información recogida en DB SE-A.
- Catálogo SKF, necesario a la hora de calcular los rodamientos de la base de la grúa. Cada marca de rodamientos utiliza un método diferente aunque similar, la utilizada en este proyecto corresponde a la marca SKF.
- Prontuario de perfiles, donde se recogen las características y propiedades de cada tipo de perfil. Clave a la hora de dimensionar la estructura de la grúa.

2.2 CÁLCULOS

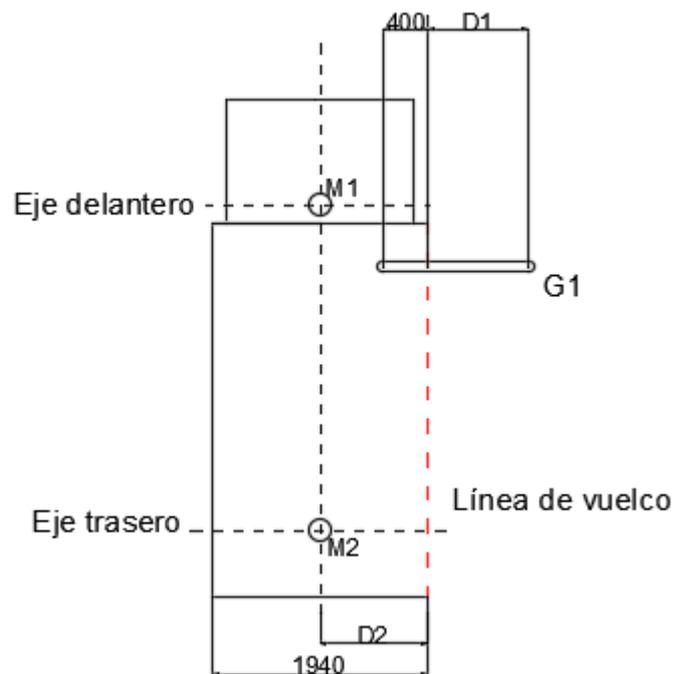
2.2.1 Estabilidad de la grúa

Para ello se calcula un coeficiente de seguridad, que es el cociente, en este caso, del momento que ejercen los elementos a la izquierda de la línea de vuelco entre el momento que ejercen los elementos que se sitúan a la derecha de esta línea, como vemos en el esquema. Es decir, los momentos que permiten la estabilidad de la grúa entre los momentos que pueden causar el vuelco del vehículo. La línea de vuelco se determina teniendo en cuenta el apoyo más cercano a la carga que va a ejercer el posible vuelco. En este caso el apoyo más próximo serían las ruedas.

Para cargas más pesadas se suele colocar unos apoyos adicionales denominados estabilizadores, formados por unas patas que sobresalen

perpendiculares o con un cierto ángulo a la parte longitudinal del camión o furgoneta haciendo que la línea de vuelco se situé más cerca de la carga. De esta manera se consigue que el momento que ejerza la carga sea menor ya que la distancia de la línea de vuelco a la carga disminuye. En este caso no se precisará de estabilizadores.

A continuación se muestra la vista superior de la furgoneta y la localización de la grúa en la carrocería de forma muy esquematizada. Además, se aprecia la línea de vuelco en rojo, así como, las distancias de las fuerzas que ejercen momentos estables y momentos inestables a la línea vuelco.



Esquema simplificado de la furgoneta, vista superior (medidas en mm)

El coeficiente de seguridad quedará:

$$FS = \frac{M_{estable}}{M_{inestable}}$$

$$FS = \frac{(M_1 * D_2) + (M_2 * D_2)}{G_1 * D_1} \geq 1.25$$

Donde:

M_1 : Tara eje delantero = 1120 kg

M_2 : Tara eje trasero = 695 kg

D_1 : Distancia de la carga a la línea de vuelco = 900 mm

D_2 : Distancia del centro de masa de cada eje a la línea de vuelco = 970 mm

G_1 : Carga máxima que levanta la grúa = 200 kg

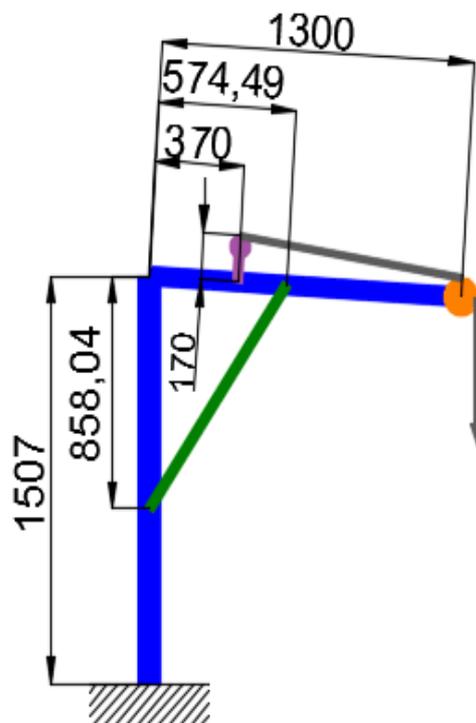
Por lo que:

$$FS = \frac{(1120 \text{ kg} * 970 \text{ mm}) + (695 \text{ kg} * 970 \text{ mm})}{200 \text{ kg} * 900 \text{ mm}} = 9,78 \geq 1,25$$

Como la relación se cumple queda comprobado que la furgoneta no volcará para una carga máxima de 200 kg.

2.2.2 Análisis estático de la estructura de la grúa

En este punto se calcularán las reacciones a las que está sometida la estructura, así como las fuerzas de momento flector, fuerza axil y fuerza cortante. El análisis se va a realizar para los dos casos extremos del aparato: Caso 1, cuando la pluma se encuentra en su punto más bajo, a 3,39° por debajo de su horizontal y caso 2, cuando el brazo de la grúa se elevará hasta formar un ángulo de 40° por encima de su horizontal.

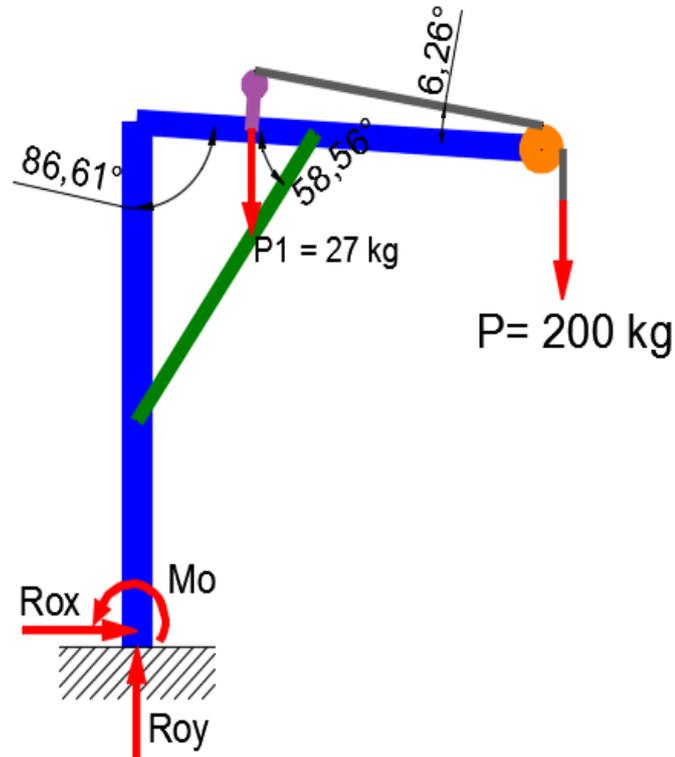
➤ CASO 1:

Esquema general de la grúa con la pluma en posición del caso 1 (medidas en mm).

En la figura anterior se muestra el esquema de la grúa en el caso 1, donde la pluma forma un ángulo de $3,39^\circ$ por debajo de su horizontal, con diferentes colores para distinguir los elementos de la grúa que se van a calcular en el análisis estático:

- **Azul:** representa la pluma y la columna que formarán la estructura de la grúa.
- **Verde:** Actuador lineal eléctrico que ejercerá una fuerza de empuje y de halado sobre la pluma.
- **Morado:** simboliza la distancia que habrá desde el punto donde el cabrestante recoge el cable para elevar la carga hasta la fijación del cabrestante en la pluma. Así como la bobina donde se enrollará el cable.
- **Gris:** se refiere al cable que va a soportar la carga.
- **Naranja:** interpreta la polea de la grúa.

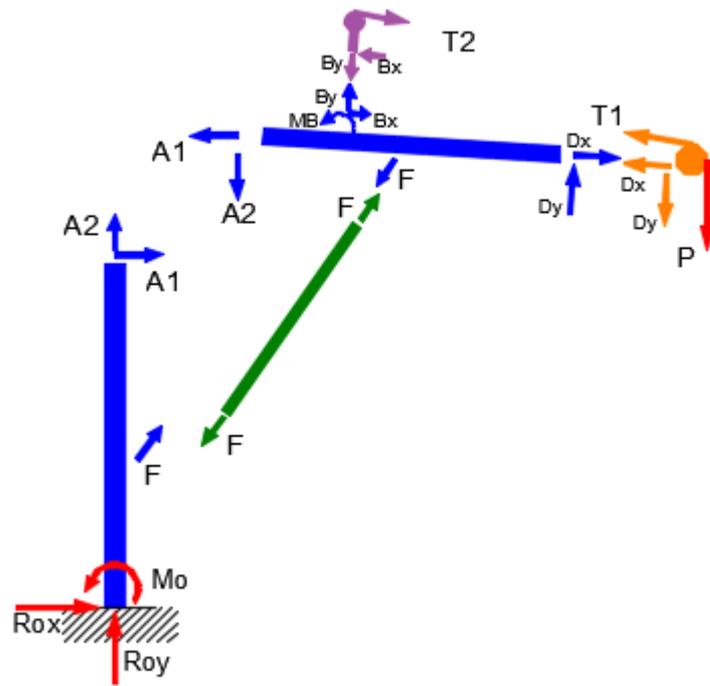
Seguidamente se realizará un esquema donde se representarán las fuerzas externas que están actuando sobre la estructura:



Esquema de las fuerzas externas que actúan en la grúa en el caso 1.

Como se puede observar, en la base de la grúa debido a que esta va a estar empotrada se generará reacciones en el eje x e y, así como, un momento que contrarresta la carga de 200 kg que se aplica en la polea y de 27 kg producto del peso del cabrestante.

A continuación para empezar a realizar el análisis estático debido a que se precisa conocer las fuerzas que están actuando en todos los puntos de la estructura, es necesario realizar un explosionado de la misma para identificar las fuerzas internas que están operando, es decir separar cada elemento y representar las fuerzas que están interviniendo sobre cada uno de ellos. En la siguiente imagen se verá con mayor claridad:



Fuerzas exteriores e interiores y reacciones en la grúa, caso 1 (medidas en mm).

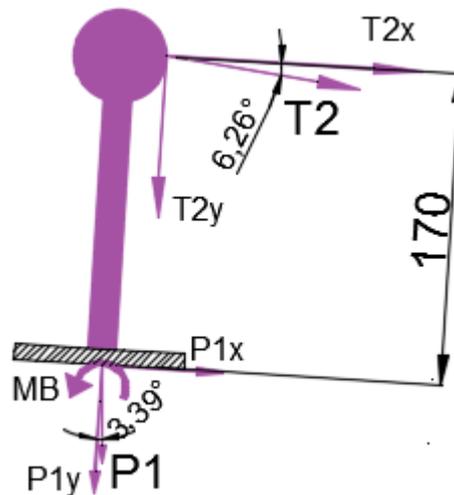
La imagen muestra los elementos separados y las fuerzas que están actuando sobre ellos.

- Punto A: el apoyo de la pluma sobre la columna va a generar en el primer elemento reacciones en el eje x e y en un sentido, que serán contrarias en el otro elemento, como se puede apreciar en el esquema anterior.
- Punto B: como el cable va a estar fijado a la parte superior de la pluma y existe una fuerza T2 a una cierta distancia, se producirá un momento en la fijación del cable. Además en la fijación también se producirán reacciones en el eje x e y.
- Punto F o C: el actuador lineal eléctrico generará una fuerza F que se descompondrá en los ejes x e y.
- Punto D: La fuerza T1 y la carga P producirán reacciones en la pluma en los ejes x e y.

Los elementos claves en la grúa serán la pluma y la columna ya que formarán la estructura de la misma. Es por ello que habrá que determinar las reacciones que están actuando sobre estos elementos.

Para ello primero se determinará las reacciones en el cabrestante y la polea, realizando un análisis estático en cada elemento.

➤ Análisis estático del cabrestante:



Reacciones y fuerzas en el cabrestante

Como se puede apreciar en la imagen existe una fuerza T_2 y P_1 , que serán descompuestas en las direcciones paralelas y perpendiculares a la pluma de la grúa. Las sumas de estas fuerzas serán las reacciones y el momento que estarán actuando sobre la pluma. Por lo que se realizará un sumatorio de fuerzas en el eje x e y , y un sumatorio de momentos para de esta manera determinar dichas reacciones.

Teniendo en cuenta que:

P_1 : peso del cabrestante = 27 kg.

P_{1x} : descomposición de P_1 en el eje x paralelo a la pluma.

P_{1y} : descomposición de P_1 en el eje y perpendicular a la pluma.

T_2 : tensión del cable que está soportando la carga = 200 kg.

T_{2x} : descomposición de T_2 en el eje x paralelo a la pluma.

T_{2y} : descomposición de T_2 en el eje y perpendicular a la pluma.

M_B : reacción opuesta al momento que se produce en la fijación del cabrestante a la pluma.

B_x : suma de las fuerzas en el cabrestante que actúan en el eje x (paralelo a la pluma).

By: suma de las fuerzas en el cabrestante que actúan en el eje y (perpendicular a la pluma).

Se realizará el sumatorio de fuerzas y momentos:

$$\sum F_x = 0$$

$$T2 * \cos(6,26) + P1 * \text{sen}(3,39) - B_x = 0$$

$$200 \text{ kg} * \cos(6,26) + 27 \text{ kg} * \text{sen}(3,39) - B_x = 0$$

$$B_x = 200,4 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-T2 * \cos(6,26) - P1 * \text{sen}(3,39) - B_y = 0$$

$$-200 \text{ kg} * \text{sen}(6,26) - 27 \text{ kg} * \cos(3,39) - B_y = 0$$

$$B_y = -48,76 \text{ kg}$$

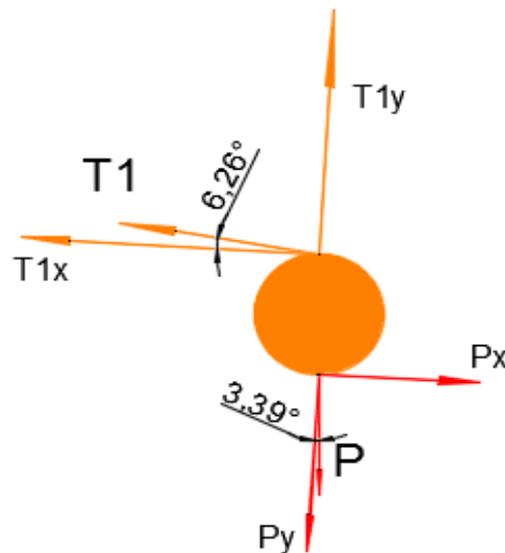
$$\sum M_B = 0$$

$$M_B - T2 * \cos(6,26) * 170 \text{ mm} = 0$$

$$M_B = 33797,27 \text{ kgmm}$$

Debido a que la reacción B_y es negativa significará que hay que cambiar el sentido de la reacción, si antes era negativa (hacia abajo), ahora será positiva (hacia arriba), por lo que, en la pluma se tendrá una reacción contraria, es decir hacia abajo.

➤ Análisis estático de la polea:



Reacciones y fuerzas en la polea.

En esta otra imagen también se tendrán dos fuerzas P y $T1$, que serán descompuestas en el eje paralelo y en el eje perpendicular a la pluma de la grúa. Realizando un sumatorio de fuerzas se podrán obtener las reacciones B_x y B_y que estarán actuando sobre la pluma.

Donde:

P : carga máxima que puede levantar la grúa = 200 kg.

P_x : descomposición de P en el eje x paralelo a la pluma.

P_y : descomposición de P en el eje y perpendicular a la pluma.

$T2$: tensión del cable que está tirando de la carga = 200 kg.

$T2_x$: descomposición de $T2$ en el eje x paralelo a la pluma.

$T2_y$: descomposición de $T2$ en el eje y perpendicular a la pluma.

D_x : sumatorio de las fuerzas en la polea en el eje x paralelo a la pluma.

D_y : sumatorio de las fuerzas en la polea en el eje y perpendicular a la pluma.

$$\sum F_x = 0$$

$$P * \text{sen}(3,39) - T1 * \cos(6,26) - D_x = 0$$

$$200 * \text{sen}(3,39) - 200 * \cos(6,26) - D_x = 0$$

$$D_x = -186,98 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-P * \cos(3,39) + T1 * \text{sen}(6,26) - D_y = 0$$

$$-200 * \cos(3,39) + 200 * \text{sen}(6,26) - D_y = 0$$

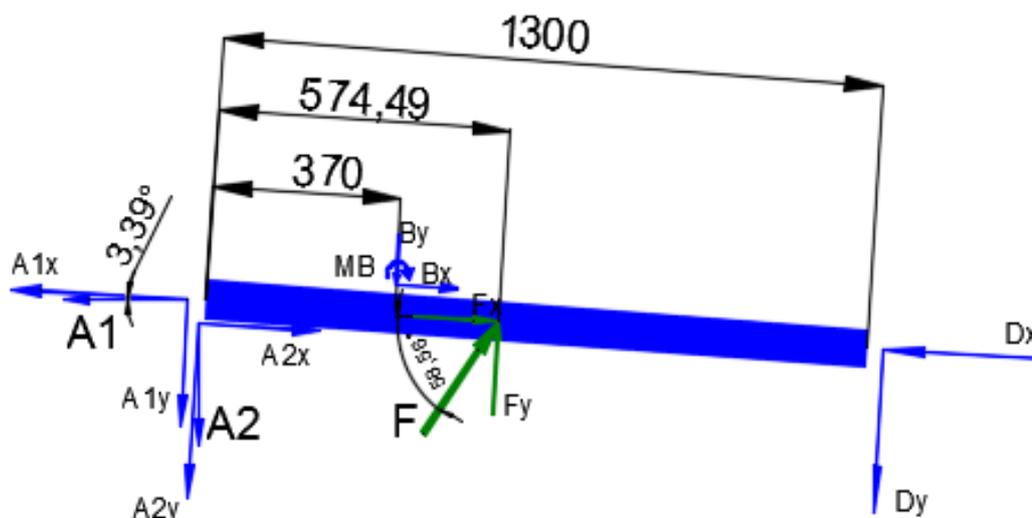
$$D_y = -177,84 \text{ kg}$$

Tanto la reacción D_y como D_x son negativas esto implica que se debe cambiar su sentido, es decir si antes se encontraban hacia abajo y hacia la izquierda cambiará su sentido hacia arriba y hacia la derecha respectivamente. Lo que supondrá que en la pluma se tenga una reacción contraria; hacia abajo y hacia la izquierda.

➤ Análisis estático de la pluma:

Una vez calculadas las reacciones que producirán estos dos elementos sobre la pluma, se podrá realizar el sumatorio de fuerzas y momentos sobre esta para conocer las fuerzas axiales cortantes y momento flector que están actuando y de esta manera conseguir realizar un predimensionamiento de la sección de la pluma.

En el siguiente esquema se mostrarán las reacciones y fuerzas que actúan, conociendo ya las reacciones que los dos elementos anteriores (cabrestante y polea) ejercen sobre la pluma:



Reacciones y fuerzas sobre la pluma de la grúa

Tras obtener estos parámetros se realizará un sumatorio de fuerzas y momentos:

Teniendo que:

A1: reacción del apoyo de la pluma sobre la columna en el eje x de coordenadas cartesianas.

A1x: descomposición de A1 en el eje x paralelo a la pluma.

A1y: descomposición de A1 en el eje y perpendicular a la pluma.

A2: reacción del apoyo de la pluma sobre la columna en el eje y de coordenadas cartesianas.

A2x: descomposición de A2 en el eje x paralelo a la pluma.

A2y: descomposición de A2 en el eje y perpendicular a la pluma.

F: fuerza que ejerce el actuador sobre la pluma.

Fx: descomposición de F en el eje x paralelo a la pluma.

Fy: descomposición de F en el eje y perpendicular a la pluma.

$$\sum F_x = 0$$

$$-A1 * \cos(3,39) + A2 * \text{sen}(3,39) + Bx + F * \cos(58,56) - Dx = 0$$

$$-A1 * \cos(3,39) + A2 * \text{sen}(3,39) + 200,4 \text{ kg} + F * \cos(58,56) - 186,98 \text{ kg} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-A1 * \text{sen}(3,39) - A2 * \cos(3,39) - By + F * \text{sen}(58,56) - Dy = 0$$

$$-A1 * \text{sen}(3,39) - A2 * \cos(3,39) - 48,76 \text{ kg} + F * \text{sen}(58,56) - 177,84 \text{ kg} = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-M_B - By * 370 \text{ mm} + F * \text{sen}(58,56) * 574,49 \text{ mm} - Dy * 1300 \text{ mm} = 0$$

$$-33797,27 \text{ kgmm} - 48,76 \text{ kg} * 370 \text{ mm} + F * \text{sen}(58,56) * 574,49 \text{ mm} - 177,84 \text{ kg} * 1300 \text{ mm} = 0$$

Del sumatorio de momentos ahora se puede despejar la fuerza (F) que ejerce el actuador:

$$F = \frac{283030,47 \text{ kgmm}}{\text{sen}(58,56) * 574,49 \text{ mm}} = 577,44 \text{ kg}$$

Ahora se sustituirá F en el sumatorio de fuerzas en los ejes x e y, quedando dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$-A1 * \cos(3,39) + A2 * \text{sen}(3,39) + 314,62 \text{ kg} = 0 \quad \text{Ecuación 1}$$

$$-A1 * \text{sen}(3,39) - A2 * \cos(3,39) - 266,06 \text{ kg} = 0 \quad \text{Ecuación 2}$$

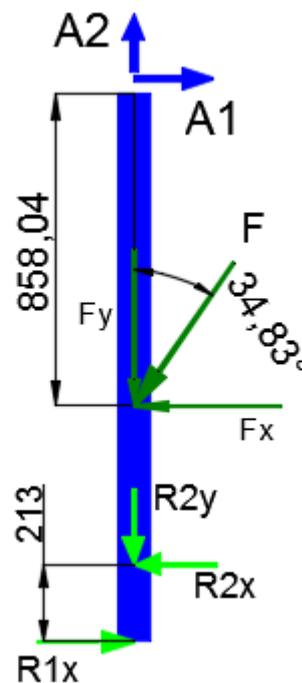
Por último despejando y sustituyendo valores, las reacciones A1 y A2 quedarán:

$$A1 = 329,8 \text{ kg}$$

$$A2 = 246,93 \text{ kg}$$

➤ Análisis estático de la columna:

Después de hallar las reacciones que surgen debido al apoyo de la pluma sobre la columna. Las reacciones y momento que se vieron anteriormente en la base corresponden a la estructura de la misma, por lo que sobre la columna van a estar actuando las reacciones que ejercen los rodamientos sobre esta como se muestra en la figura:



Fuerzas y momentos en la columna de la grúa (medidas en mm).

Realizando el sumatorio de fuerzas en ambos ejes:

Donde:

R1x: reacción del rodamiento debido al momento que esta actuando en la base.

R2x: reacción contraria del rodamiento superior que contrarresta la fuerza generada por el momento en el rodamiento inferior.

R2y: reacción que contrarresta la fuerza axial de la carga y el peso de la grúa. Teóricamente cada rodamiento debería soportar la mitad del peso total, pero en la práctica la totalidad del peso es soportado por el rodamiento superior.

$$\sum F_x = 0$$

$$A1 - F * \text{sen}(34,83) + R1x + R2x = 0$$

$$329,8 \text{ kg} - 577,44 \text{ kg} * \text{sen}(34,83) + R1x - R2x = 0$$

Escriba aquí la ecuación.

$$\sum F_y = 0$$

$$A2 - F * \text{cos}(34,83) + R2y = 0$$

$$246,93 \text{ kg} - 577,44 \text{ kg} * \text{cos}(34,83) - R2y = 0$$

$$R2y = -227 \text{ kg}$$

Este signo negativo significa que si en el esquema la reacción R2y se encontraba hacia abajo su verdadero sentido va a ser hacia arriba.

$$\sum M_{\text{punto2}} = 0$$

$$F * \text{sen}(34,83) * 435,96\text{mm} - A1 * 1294 \text{ mm} + R1x * 213 = 0$$

$$R1x = \frac{-577,44 \text{ kg} * \text{sen}(34,83) * 435,96\text{mm} + 329,8\text{kg} * 1294\text{mm}}{213\text{mm}}$$

$$R1x = 1328,55 \text{ kg}$$

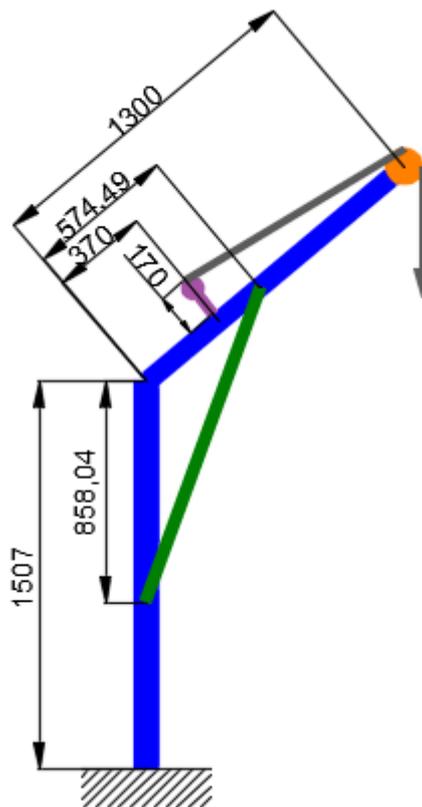
Ahora sustituyendo valores en el sumatorio de fuerzas en x se puede despejar y obtener la fuerza R2x:

$$R2x = 329,8 \text{ kg} - 577,4 \text{ kg} * \text{sen} (34,83) + 1328,55 \text{ kg}$$

$$R2x = 1328,55 \text{ kg}$$

De este modo quedan definidas todas las fuerzas y reacciones que van a tener lugar en la grúa en el caso 1, a excepción de la estructura de la base que será calculada más adelante. Más adelante se efectuarán los diagramas de esfuerzo cortante y normal, así como, el diagrama de momento flector para poder realizar un predimensionamiento de las secciones de la columna y la pluma.

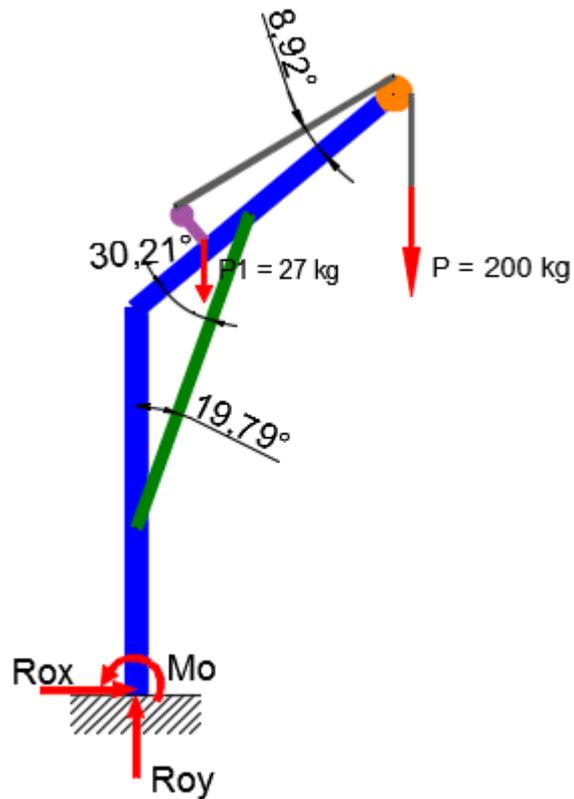
➤ **CASO 2:**



Esquema general de la grúa con la pluma en posición del caso 2 (medidas en mm).

Como se puede apreciar en este segundo caso la pluma de la grúa va a estar en su posición más alta, exactamente formando un ángulo de 40° con respecto a su horizontal. Debido a lo expuesto anteriormente cada elemento va a estar representado en un color diferente.

Seguidamente se representarán las fuerzas exteriores y reacciones que están actuando en el conjunto de la grúa.

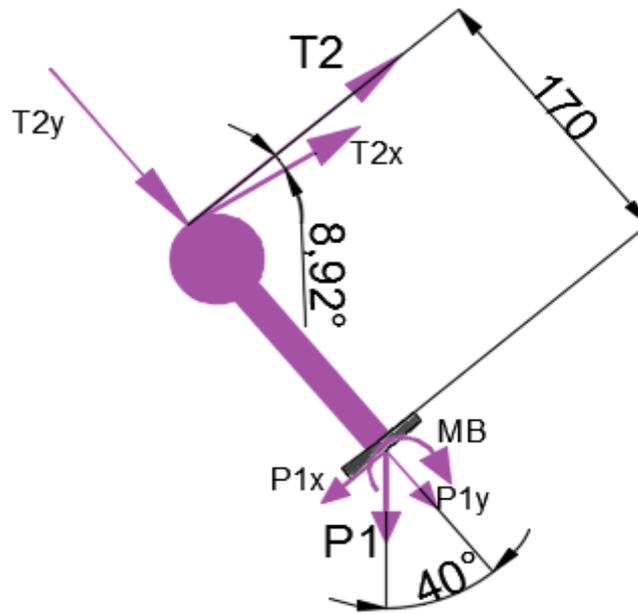


Fuerzas y reacciones exteriores que actúan con la pluma en el caso 2.

Al igual que en el caso 1 habrá que separar los elementos diferenciados por colores para poder obtener las fuerzas y reacciones que están actuando en cada uno de ellos.

El significado de cada color es el mismo que en el caso 1, donde se encuentra una leyenda que explica que representa cada uno de ellos.

➤ Análisis estático del cabrestante:



Reacciones y fuerzas en el cabrestante en el caso 2 (medidas en mm).

En el caso 1 se tienen las mismas fuerzas que en este caso. Si surge alguna duda mirar el significado de cada fuerza o reacción en el caso anterior. Una vez se obtienen y descomponen las fuerzas y reacciones se realiza de nuevo un sumatorio de fuerzas y momentos.

$$\sum F_x = 0$$

$$T2 * \cos(8,92) - P1 * \text{sen}(40) - B_x = 0$$

$$200 \text{ kg} * \cos(8,92) - 27 \text{ kg} * \text{sen}(40) - B_x = 0$$

$$B_x = 180,22 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-T2 * \text{sen}(8,92) - P1 * \text{cos}(40) + B_y = 0$$

$$-200 \text{ kg} * \text{sen}(8,92) - 27 \text{ kg} * \text{cos}(40) + B_y = 0$$

$$B_y = 51,69 \text{ kg}$$

$$\sum M_B = 0$$

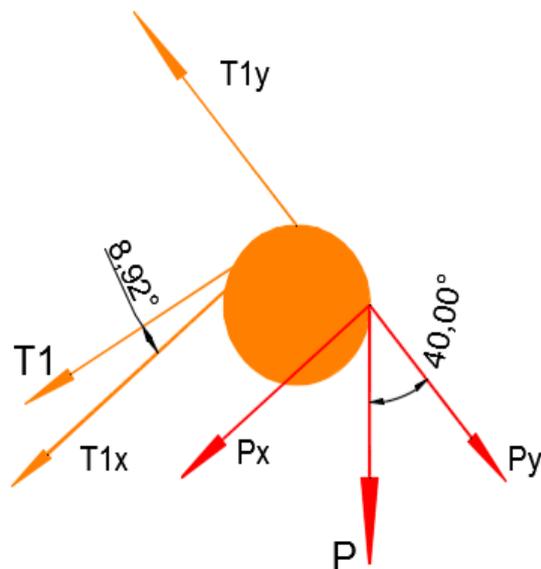
$$-M_B - T2 * \text{cos}(8,92) * 170 \text{ mm} = 0$$

$$-M_B - 200 * \text{cos}(8,92) * 170 \text{ mm}$$

$$M_B = -33588,8 \text{ kgmm}$$

El signo negativo del momento flector en el punto B implica que este momento realmente está actuando en sentido contrario, por lo que a la hora de aplicarlo en la pluma va a tener sentido horario.

➤ Análisis estático de la polea:



Reacciones y fuerzas en la polea en el caso 2.

Al igual que en el esquema del cabrestante del caso 2 cada fuerza y reacción está explicada en el caso 1. Por este motivo se pasará a realizar directamente el sumatorio de fuerzas y momento.

$$\sum F_x = 0$$

$$-P * \text{sen}(40) - T1 * \cos(8,92) - D_x = 0$$

$$-200 * \text{sen}(40) - 200 * \cos(8,92) - D_x = 0$$

$$D_x = -326,14 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-P * \cos(40) + T1 * \text{sen}(8,92) - D_y = 0$$

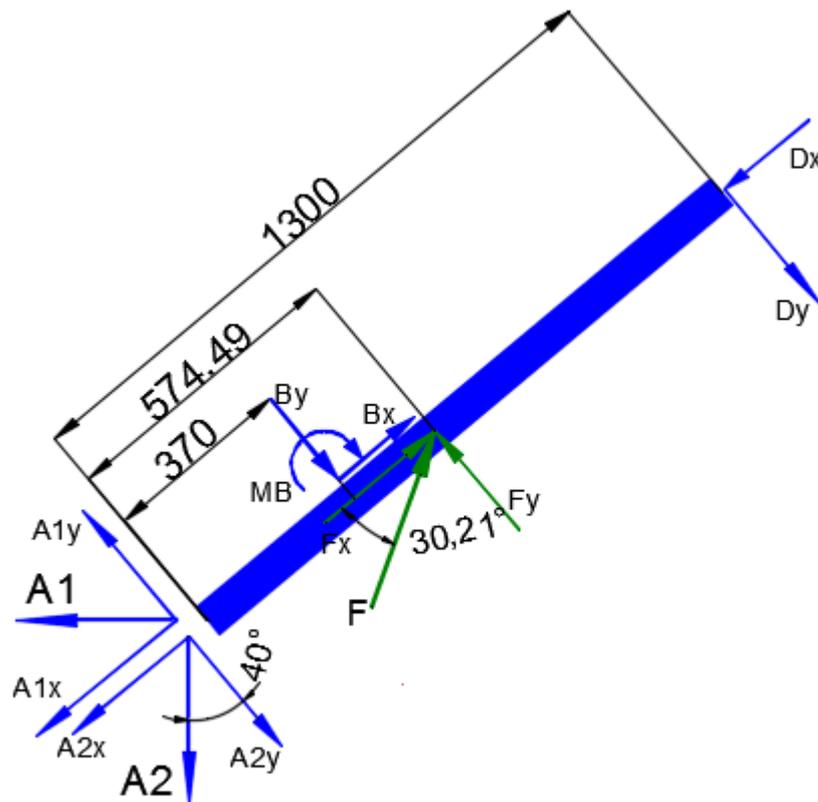
$$-200 * \cos(40) + 200 * \text{sen}(8,92) - D_y = 0$$

$$D_y = -122,2 \text{ kg}$$

Las dos reacciones D_x y D_y son negativas esto significa que actuarán hacia la derecha y hacia arriba en la polea. Por ello en la pluma estarán ejerciendo una reacción contraria, es decir, hacia la izquierda y hacia abajo respectivamente.

➤ Análisis estático de la pluma:

Una vez obtenidas las fuerzas y reacciones que estarán actuando en los elementos (cabrestante y polea) vinculados a la pluma, se procederá a realizar el análisis estático de la pluma. Para ello se representará el siguiente esquema:



Reacciones y fuerzas que actúan sobre la pluma en el caso 2 (medidas en mm).

Las reacciones y las fuerzas que están actuando sobre la pluma son las mismas pero esta está en un ángulo distinto por lo que los valores serán diferentes:

$$\sum F_x = 0$$

$$-A1 * \cos(40) - A2 * \text{sen}(40) + Bx + F * \cos(30,21) - Dx = 0$$

$$-A1 * \cos(40) - A2 * \text{sen}(40) + 180,22 \text{ kg} + F * \cos(30,21) - 326,14 \text{ kg} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$+A1 * \text{sen}(40) - A2 * \cos(40) - By + F * \text{sen}(30,21) - Dy = 0$$

$$+A1 * \text{sen}(3,39) - A2 * \cos(3,39) - 51,69 \text{ kg} + F * \text{sen}(30,21) - 122,2 \text{ kg} = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-M_B - B_y * 370 \text{ mm} + F * \text{sen}(30,21) * 574,49 \text{ mm} - D_y * 1300 \text{ mm} = 0$$

$$-33588,8 \text{ kgmm} - 51,69 \text{ kg} * 370 \text{ mm} + F * \text{sen}(30,21) * 574,49 \text{ mm} - 122,2 \text{ kg} * 1300 \text{ mm} = 0$$

Del sumatorio de momentos ahora se puede despejar la fuerza (F) que ejerce el actuador:

$$F = \frac{210490 \text{ kgmm}}{\text{sen}(30,21) * 574,49 \text{ mm}} = 731,92 \text{ kg}$$

Ahora se sustituirá F en el sumatorio de fuerzas en los ejes x e y, quedando dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$-A_1 * \cos(40) + A_2 * \text{sen}(40) + 486,58 \text{ kg} = 0 \quad \text{Ecuación 1}$$

$$-A_1 * \text{sen}(40) - A_2 * \cos(40) - 194,38 \text{ kg} = 0 \quad \text{Ecuación 2}$$

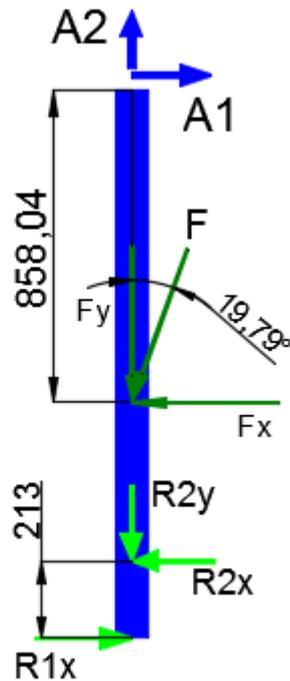
Por último despejando y sustituyendo valores, las reacciones A1 y A2 quedarán:

$$A_1 = 246,58 \text{ kg}$$

$$A_2 = 458,2 \text{ kg}$$

➤ Análisis estático de la columna:

Finalmente, tras obtener las reacciones que estarán actuando sobre la pluma en el apoyo con la columna, se tendrán las reacciones contrarias que se producen en la columna. El momento que se puede observar en las imágenes anteriores se produce sobre la estructura de la base, sobre la columna van a estar actuando las reacciones que ejercen los rodamientos sobre la misma como se muestra en la figura:



Fuerzas y reacciones que están actuando sobre la columna en el caso 2 (medidas en mm).

Realizando el sumatorio de fuerzas en ambos ejes y sumatorio de momentos:

$$\sum F_x = 0$$

$$A1 - F * \text{sen}(19,79) + R1x - R2x = 0$$

$$247,7 \text{ kg} - 731,92 \text{ kg} * \text{sen}(19,79) + R1x - R2x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$A2 - F * \text{cos}(19,79) + R2y = 0$$

$$461,6 \text{ kg} - 731,92 \text{ kg} * \text{cos}(19,79) - R2y = 0$$

$$R2y = -227 \text{ kg}$$

$$\sum M_{punto2} = 0$$

$$F * \text{sen}(19,79) * 435,96 \text{ mm} - A1 * 1294 \text{ mm} - R2x * 213 \text{ mm} = 0$$

$$731,92 \text{ kg} * \text{sen}(19,79) * 435,96 \text{ mm} - 247,7 \text{ kg} * 1294 \text{ mm} - R2x * 213 \text{ mm} = 0$$

$$R2x = \frac{-731,92 \text{ kg} * \text{sen}(19,79) * 435,96 \text{ mm} + 247,7 \text{ kg} * 1294 \text{ mm}}{213 \text{ mm}}$$

$$R1x = 997,6 \text{ kg}$$

Ahora sustituyendo valores en el sumatorio de fuerzas en x se puede despejar y obtener la fuerza R2x:

$$R2x = 247,7 \text{ kg} - 731,92 \text{ kg} * \text{sen}(19,79) + 997,6 \text{ kg}$$

$$R2x = 997,6 \text{ kg}$$

De este modo quedan definidas todas las fuerzas, y reacciones que van a tener lugar en la grúa en el caso 2, exceptuando la estructura de la base. Más adelante se efectuarán los diagramas de esfuerzo cortante y normal, así como, el diagrama de momento flector para poder realizar un predimensionamiento de las secciones de la columna y la pluma.

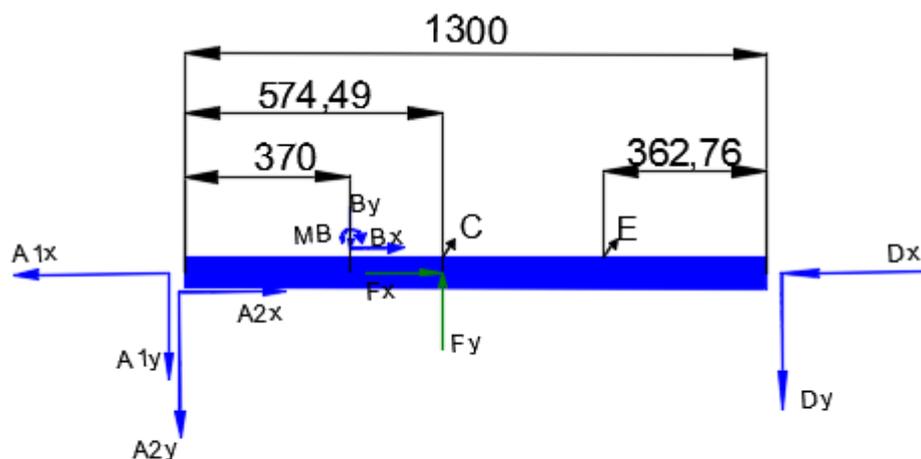
2.2.3 Cálculo de diagramas:

Con los valores obtenidos en el apartado 2.2.2 se realizarán los diagramas de esfuerzo cortante y normal y de momento flector de cada elemento (columna y pluma). Estos diagramas indicarán en qué punto de cada pieza estas fuerzas y momentos serán máximos. Para facilitar la representación de los diagramas en los dos casos de las plumas, las fuerzas se representarán sobre un plano horizontal, pero sin cambiar la magnitud de las fuerzas. Por lo que quedarán diagramas representados sobre la horizontal pero cuyas fuerzas habrán sido calculadas con su inclinación respectiva.

➤ **CASO 1:**

- Diagramas de la pluma de la grúa:

Para realizar los diagramas de la pluma se representará las fuerzas y reacciones que están presentes en la pieza. Seguidamente se dividirá la pieza en tramos y se realizarán los siguientes cálculos.



Fuerzas y reacciones representadas en los ejes perpendicular y paralelo a la pluma de la grúa, caso 1.

La división de la pieza en tramos se realiza para facilitar los cálculos, ya que en cada tramo se calcularán los cortantes y momentos flectores de cada punto.

Se puede empezar a calcular por la derecha o la izquierda de cada tramo, donde se ejecutará un sumatorio de cortantes y momentos, en función de x . La x representará la distancia, de esta manera se podrá calcular estos valores en cualquier punto de la pieza.

Cada tramo se calculará por separado como si se realizara un corte y quedaran separados.

Sabiendo que:

$$A1x = -329,22 \text{ kg}$$

$$Bx = 200,4 \text{ kg}$$

$$A1y = -19,50 \text{ kg}$$

$$By = 48,76 \text{ kg}$$

$$A2x = 14,60 \text{ kg}$$

$$Fx = 301,2 \text{ kg}$$

$$A2y = -246,15 \text{ kg}$$

$$Fy = 492,66 \text{ kg}$$

$$MB = 33797,27 \text{ kg}$$

$$Dx = -186,98$$

$$Dy = -177,94 \text{ kg}$$

- TRAMO "AB" ($0 \leq x \leq 370$) : \rightarrow

Sumatorio de flectores en el eje y, que en este caso, sería el eje de los cortantes:

$$\sum F_y = 0$$

$$-R_y A_2 - R_y A_1 - V_x = 0$$

$$-246,15 \text{ kg} - 19,5 \text{ kg} - V_x$$

Donde:

V_x : esfuerzo cortante que habrá en cada punto de ese tramo, es negativo debido a que se empezó a calcular por la izquierda. La flecha en el inicio indica que se está calculando de izquierda a derecha.

$$V_x = -265,65 \text{ kg}$$

Sumatorio de momentos flectores en el tramo AB:

$$\sum MF_{AB} = 0$$

$$R_y A_2 * x + R_y A_1 * x = 0$$

$$246,15 \text{ kg} * x + 19,5 \text{ kg} * x + MF_x = 0$$

Donde:

MF_x : momento flector que habrá en cada punto de ese tramo, es positivo porque se empezó a calcular por la derecha (según el convenio internacional).

$$MF_x = -265,65x$$

En cada tramo se realizará el mismo procedimiento con el objetivo de que quede definido cada diagrama. Los resultados serán los siguientes:

- TRAMO "BC" ($370 \leq x \leq 574,49$): →

$$V_x = -314,76 \text{ kg}$$

$$MF_x = -48,76(x - 370) - 226,65x + 33797,7 \text{ kgmm}$$

- TRAMO "CE" ($574,49 \geq x \geq 937,5$): →

$$V_x = 177,9 \text{ kg}$$

$$MF_x = -265,65x + 33797,27 \text{ kgmm} - 48,76(x - 370) + 492,66(x - 574,49) = 0$$

- TRAMO "DE" ($362,76 \leq x \leq 0$): ←

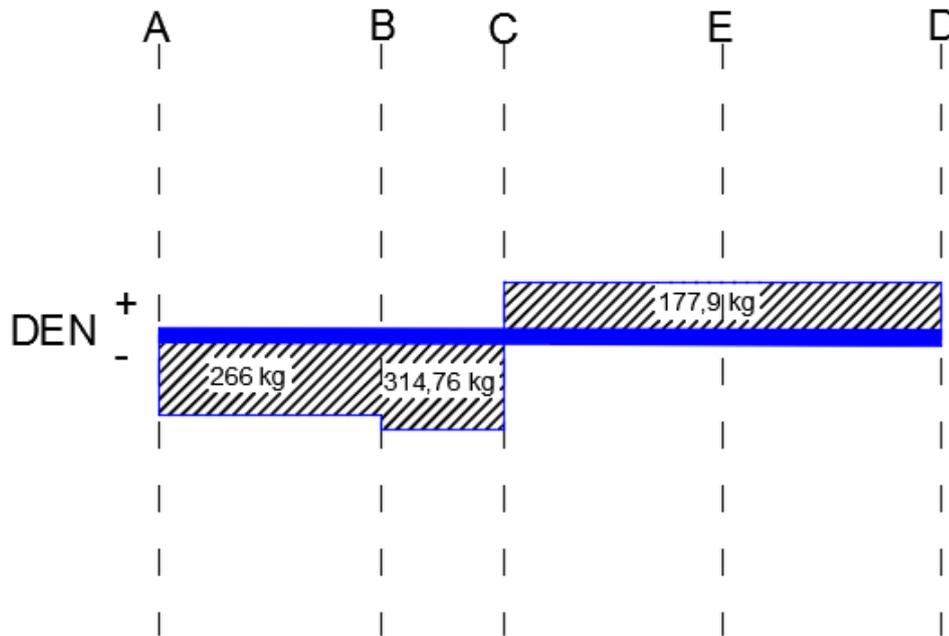
En este caso, se empezará a calcular por la derecha ya que resulta más sencillo. Por lo que el momento flector y el cortante invertirán sus signos:

$$V_x = 177,94 \text{ kg}$$

$$MF_x = -177,94x$$

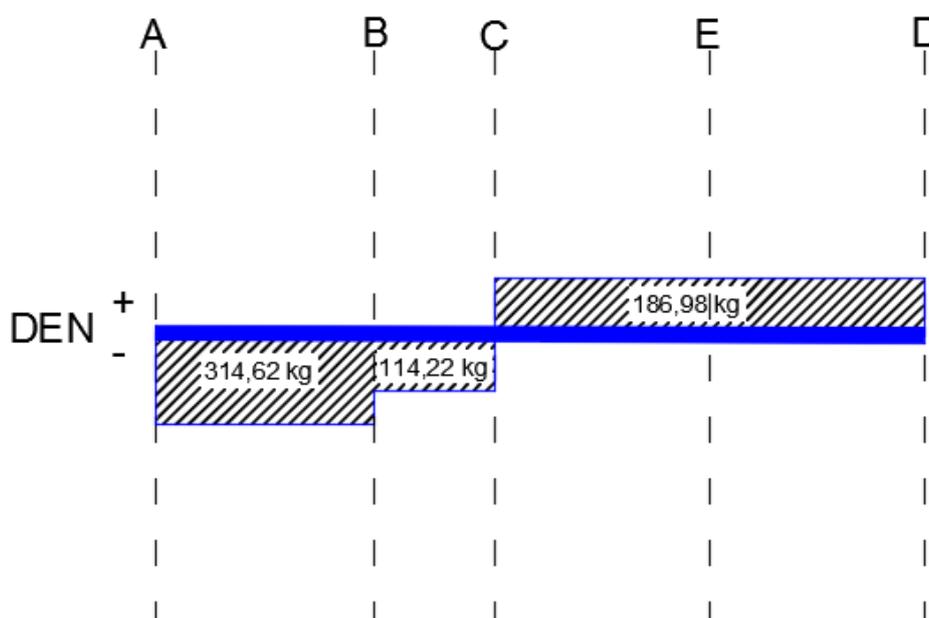
Por último, tras obtener los cortantes y momentos flectores de cada tramo se realizará la representación de los diagramas de la forma siguiente:

➤ Diagrama de esfuerzo normal:



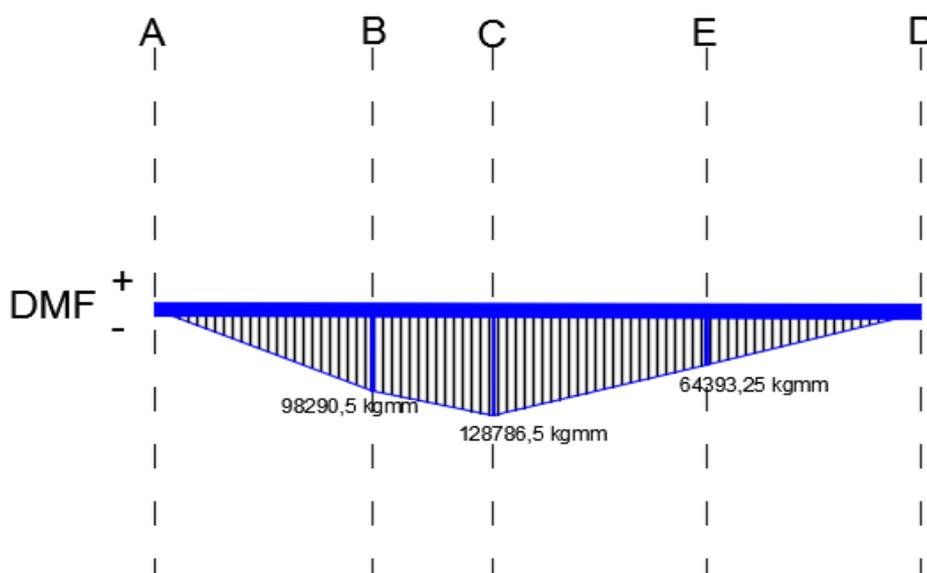
Quedan representadas las fuerzas paralelas al eje longitudinal de la pieza y se denomina esfuerzos normales, pueden ser de tracción o de compresión. Por lo tanto, se tiene un esfuerzo normal máximo en esta pieza de 314,62 kg.

➤ Diagrama de esfuerzo cortante:



Quedan representadas las fuerzas perpendiculares al eje longitudinal de la pieza, denominadas esfuerzos cortantes. Obteniendo un esfuerzo cortante máximo de 314,62 kg.

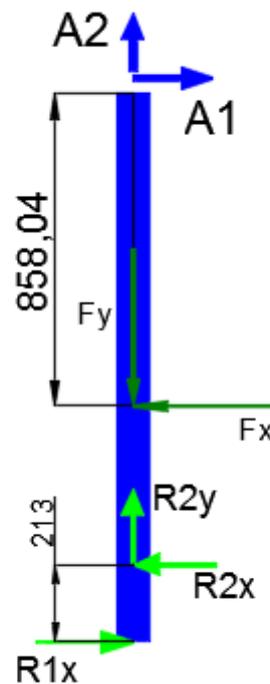
➤ Diagrama momento flector:



Obteniendo un momento flector máximo de 128786,5 kgmm.

- Diagramas de la columna de la grúa:

A la hora de obtener los datos de los diagramas de esfuerzo cortante, esfuerzo normal y momento flector de la columna, la representación de las fuerzas será la siguiente:



Fuerzas y reacciones representadas en los ejes perpendicular y paralelo a la columna, caso 1.

Cada tramo se calculará por separado como si se realizara un corte y quedaran separados:

Donde:

$$A1 = 329,8 \text{ kg} \qquad R1x = 1328,55 \text{ kg}$$

$$A2 = 247 \text{ kg} \qquad R2x = 1328,55 \text{ kg}$$

$$Fx = 329,8 \text{ kg} \qquad R2y = 227 \text{ kg}$$

$$Fy = 474 \text{ kg}$$

- TRAMO "A-F" ($0 \leq x \leq 858,04$) : ↓

Sumatorio de flectores en el eje x, que en este caso, sería el eje de los cortantes:

$$\sum F_x = 0$$

$$FA_1 - V_x = 0$$

$$329,8 \text{ kg} - V_x = 0$$

Donde:

V_x : esfuerzo cortante que habrá en cada punto de ese tramo, es negativo debido a que se empezó a calcular por arriba. La flecha en el inicio indica que se está calculando de arriba a abajo.

$$V_x = 329,8 \text{ kg}$$

Sumatorio de momentos flectores en el tramo A-F:

$$\sum MF_{AF} = 0$$

$$-FA_1 * x + MF_x = 0$$

$$-329,8 \text{ kg} * x + MF_x = 0$$

Donde:

MF_x : momento flector que habrá en cada punto de ese tramo, es positivo porque se empezó a calcular por arriba (según convenio internacional).

$$MF_x = 329,8 * x$$

En cada tramo se realizará el mismo procedimiento con el objetivo de que quede definido cada diagrama de momentos. Los resultados serán los siguientes:

- TRAMO "F-2" ($858,04 \leq x \leq 1294$): ↓

$$V_x = 0 \text{ kg}$$

$$MF_x = 329,8x - 329,8(x - 858,04)$$

- TRAMO "2-1" ($213 \geq x \geq 0$): ↑

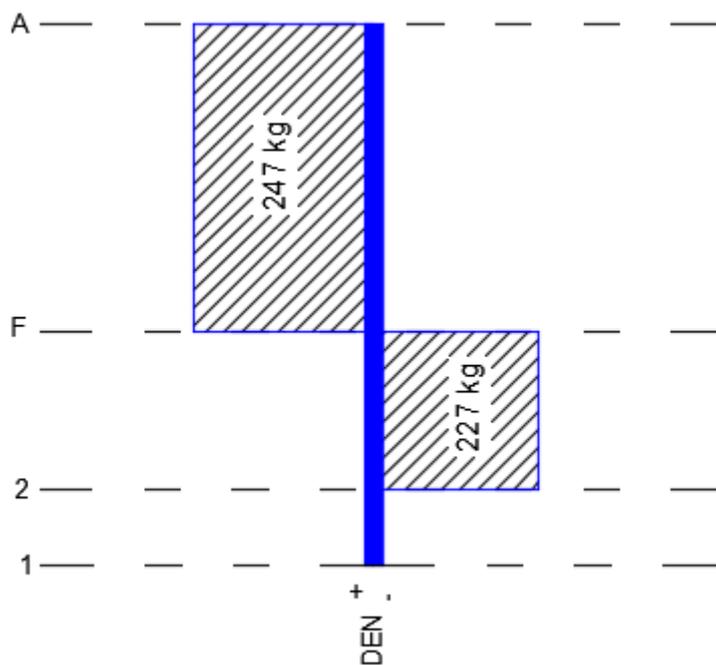
En este caso, se empezará a calcular por abajo ya que resulta más sencillo. Por lo que el momento flector y el cortante invertirán sus signos a la hora de realizar el sumatorio:

$$V_x = -1328,55$$

$$MF_x = 1328,55 * x$$

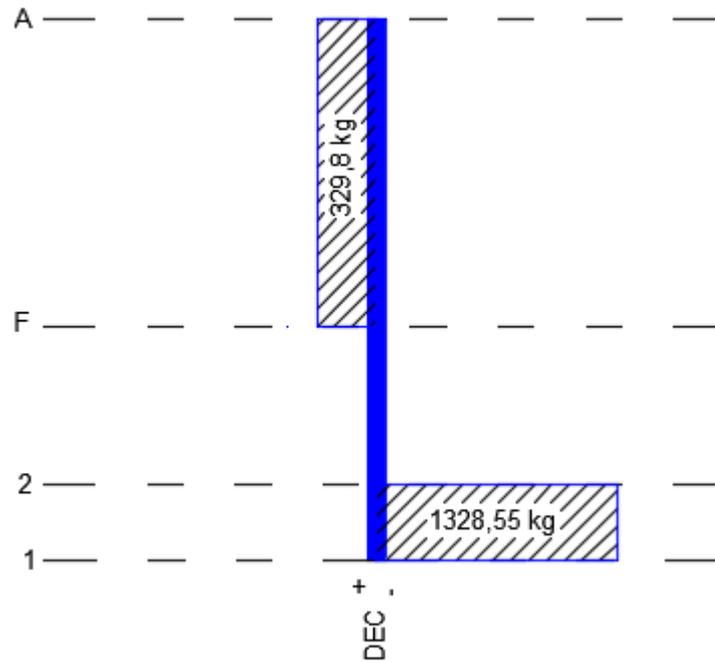
Por último, tras obtener los cortantes y momentos flectores de cada tramo se realizará la representación de los diagramas de la forma siguiente:

➤ Diagrama de esfuerzo normal:



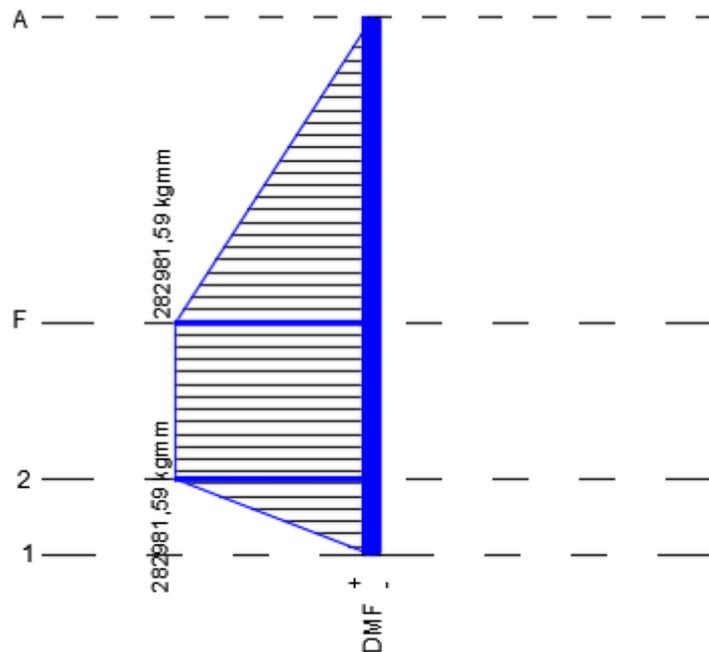
Quedan representadas las fuerzas paralelas al eje longitudinal de la pieza y se denominan esfuerzos normales, pueden ser de tracción o de compresión. Por lo tanto, se tiene un esfuerzo normal máximo en esta pieza de 247 kg.

➤ Diagrama de esfuerzo cortante:



Quedan representadas las fuerzas perpendiculares al eje longitudinal de la pieza, denominadas esfuerzos cortantes. Obteniendo un esfuerzo cortante máximo de 1328,55 kg.

➤ Diagrama de momento flector:

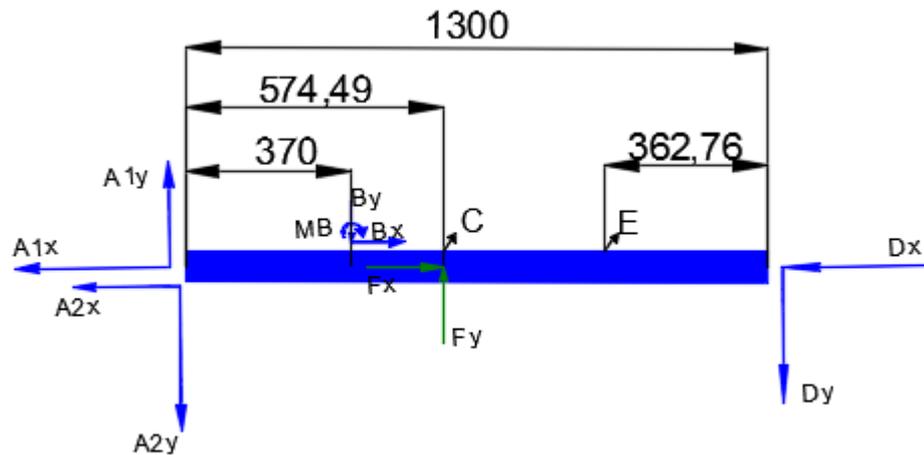


Obteniendo un momento flector máximo de 282981,59 kgmm.

➤ **CASO 2:**

- Diagramas de la pluma de la grúa:

En este caso el procedimiento para realizar el diagrama de la pluma será idéntico. Primero, se representará las fuerzas y reacciones que están actuando en la pieza. Seguidamente se dividirá la pieza en tramos y se realizarán los siguientes cálculos.



Fuerzas y reacciones representadas en los ejes perpendicular y paralelo a la pluma de la grúa, caso 2.

De nuevo se realizará la división de la pieza en tramos para facilitar los cálculos.

Como se comentó anteriormente, se puede empezar a calcular por la derecha o la izquierda de cada tramo, donde se ejecutará un sumatorio de cortantes y momentos, en función de x . La x representará la distancia, de esta manera se podrá calcular estos valores en cualquier punto de la pieza.

Cada tramo se calculará por separado como si se realizara un corte y quedaran separados:

Donde:

$$A1x = -189,75 \text{ kg}$$

$$Bx = 180,22 \text{ kg}$$

$$A1y = 159,22 \text{ kg}$$

$$By = -51,69 \text{ kg}$$

$$A2x = -296,71 \text{ kg}$$

$$Fx = 632,52 \text{ kg}$$

$$A2y = -353,61 \text{ kg}$$

$$Fy = 368,28 \text{ kg}$$

$$MB = -33588,8 \text{ kgmm}$$

$$Dx = -326,14 \text{ kg}$$

$$Dy = -122,2 \text{ kg}$$

- TRAMO "AB" ($0 \leq x \leq 370$) : \rightarrow

Sumatorio de flectores en el eje y, que en este caso, sería el eje de los cortantes:

$$\sum F_y = 0$$

$$-R_y A_2 - R_y A_1 - V_x = 0$$

$$-353.61 \text{ kg} + 159,22 \text{ kg} - V_x$$

Donde:

V_x : esfuerzo cortante que habrá en cada punto de ese tramo, es negativo debido a que se empezó a calcular por la izquierda. La flecha en el inicio indica que se está calculando de izquierda a derecha.

$$V_x = -194,39 \text{ kg}$$

Sumatorio de momentos flectores en el tramo AB:

$$\sum MF_{AB} = 0$$

$$R_y A_2 * x - R_y A_1 * x + MF_x = 0$$

$$+353,61 \text{ kg} * x - 159,22 \text{ kg} * x + MF_x = 0$$

Donde:

MF_x : momento flector que habrá en cada punto de ese tramo, es positivo porque se empezó a calcular por la derecha (según el convenio internacional).

$$MF_x = -194,39x$$

En cada tramo se realizará el mismo procedimiento con el objetivo de que quede definido cada diagrama. Los resultados serán los siguientes:

- TRAMO "BC" ($370 \leq x \leq 574,49$): \rightarrow

$$V_x = -246,08 \text{ kg}$$

$$MF_x = -51,69(x - 370) - 194,39x + 33588,8 \text{ kgmm}$$

- TRAMO "CE" ($574,49 \geq x \geq 937,5$): \leftarrow

$$V_x = 122,2 \text{ kg}$$

$$MF_x = -194,39x + 33588,8 \text{ kgmm} - 51,69(x - 370) + 368,28(x - 574,49) = 0$$

- TRAMO "DE" ($362,76 \leq x \leq 0$): \rightarrow

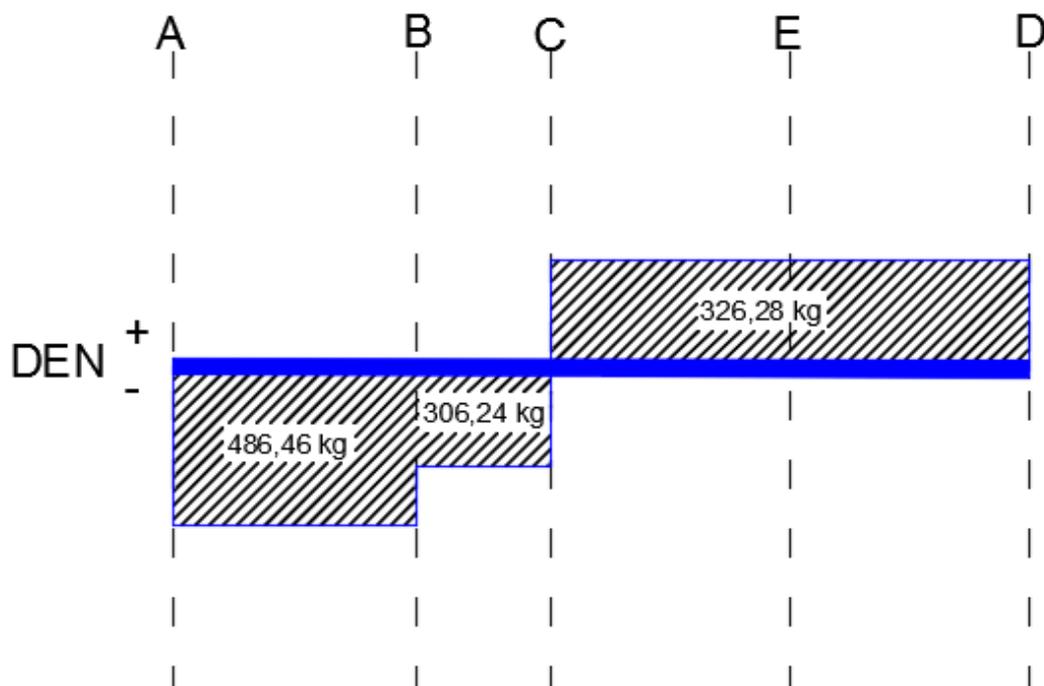
En este caso, se empezará a calcular por la derecha ya que resulta más sencillo. Por lo que el momento flector y el cortante invertirán sus signos:

$$V_x = 122,2 \text{ kg}$$

$$MF_x = -122,2x$$

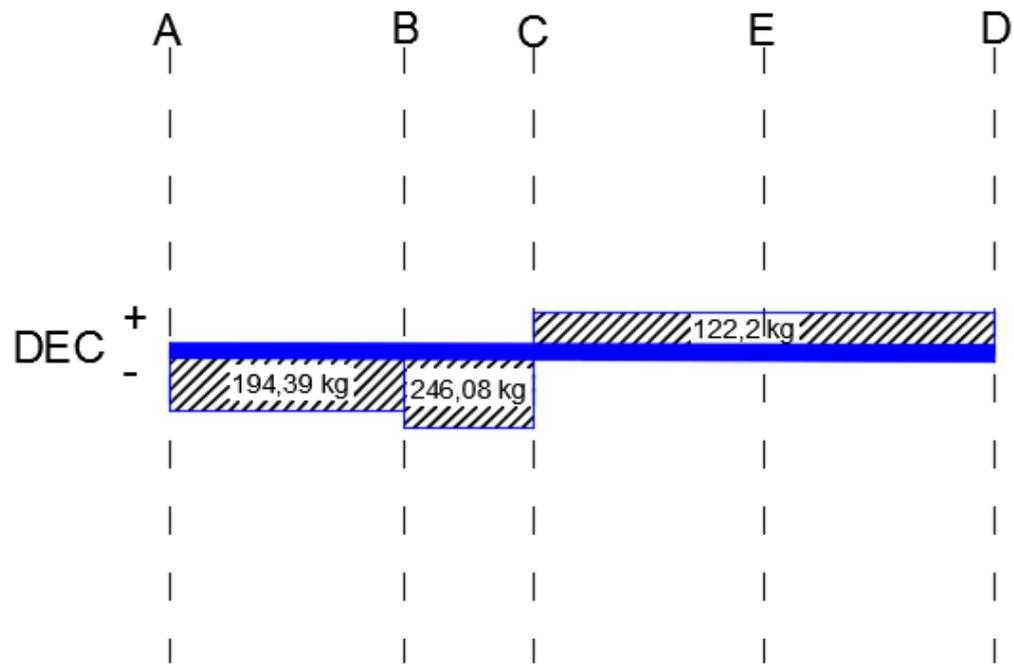
Por último, tras obtener los cortantes y momentos flectores de cada tramo se realizará la representación de los diagramas de la forma siguiente:

➤ Diagrama de esfuerzo normal:



Quedan representadas las fuerzas paralelas al eje longitudinal de la pieza y se denomina esfuerzos normales, pueden ser de tracción o de compresión. Por lo tanto, se tiene un esfuerzo normal máximo en esta pieza de 486,46 kg.

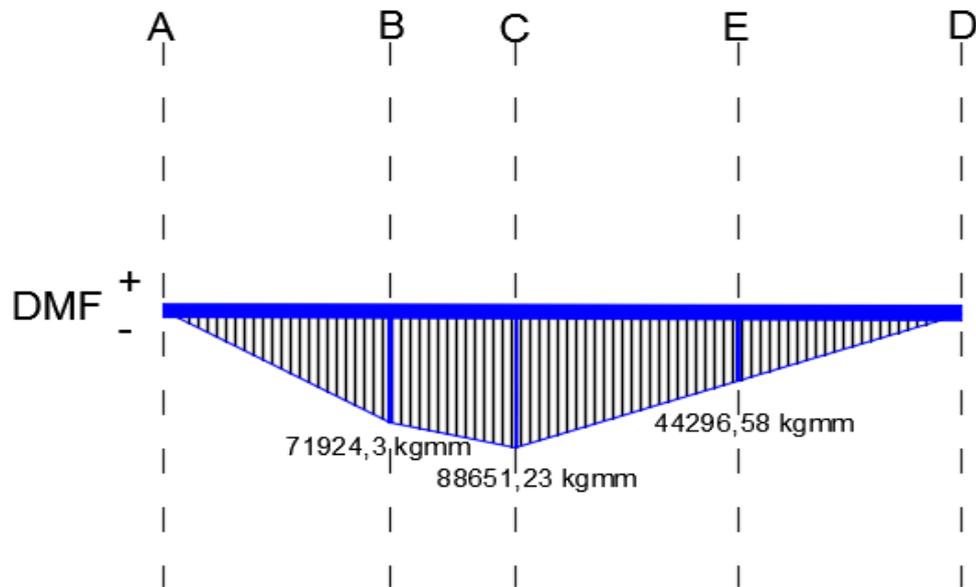
➤ Diagrama de esfuerzo cortante:



[Ho. <Cambiar a: Presentación>](#)

Obteniendo un esfuerzo cortante máximo de 246,08 kg.

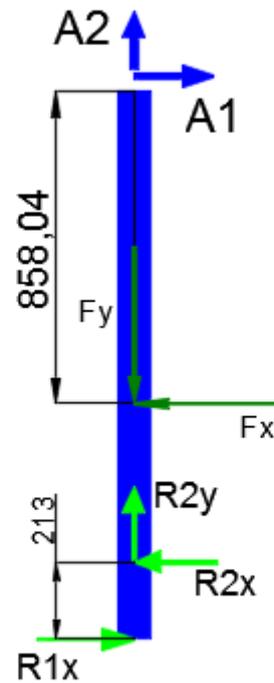
➤ Diagrama de momento flector:



Obteniendo un momento flector máximo de 88651,23 kgmm.

- Diagramas de la columna de la grúa:

En el caso 2, se realizará el mismo procedimiento., la representación de las fuerzas será la siguiente:



Fuerzas y reacciones representadas en los ejes perpendicular y paralelo a la columna, caso 2.

Cada tramo se calculará por separado como si se realizara un corte y quedarán separados:

Donde:

$$A1 = 247,7 \text{ kg}$$

$$R1x = 997,6 \text{ kg}$$

$$A2 = 461,6 \text{ kg}$$

$$R2x = 997,6 \text{ kg}$$

$$Fx = 247,7 \text{ kg}$$

$$R2y = 227 \text{ kg}$$

$$Fy = 688,6 \text{ kg}$$

- TRAMO "A-F" ($0 \leq x \leq 858,04$) : ↓

Sumatorio de flectores en el eje x que sería el eje de los cortantes:

$$\sum F_x = 0$$

$$A_1 - V_x = 0$$

$$247,7 \text{ kg} - V_x = 0$$

Donde:

V_x : esfuerzo cortante que habrá en cada punto de ese tramo, es negativo debido a que se empezó a calcular por arriba. La flecha en el inicio indica que se está calculando de arriba abajo.

$$V_x = 247,7 \text{ kg}$$

Sumatorio de momentos flectores en el tramo AF:

$$\sum MF_{AF} = 0$$

$$-A_1 * x + MF_x = 0$$

$$-247,7 * x + MF_x = 0$$

Donde:

MF_x : momento flector que habrá en cada punto de ese tramo, es positivo porque se empezó a calcular por arriba.

$$MF_x = 247,7x$$

En cada tramo se realizará el mismo procedimiento con el objetivo de que quede definido cada diagrama de momentos. Los resultados serán los siguientes:

- TRAMO "F-2" ($858,04 \leq x \leq 1294$): ↓

$$V_x = 0 \text{ kg}$$

$$MF_x = 247,7x - 247,7(x - 858,04)$$

- TRAMO "2-1" ($213 \geq x \geq 0$): ↑

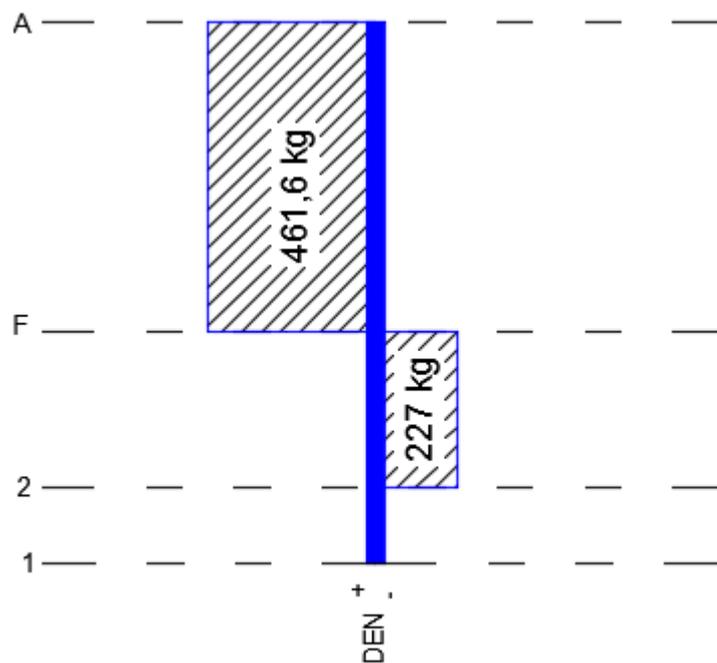
En este caso, se empezará a calcular por abajo, ya que resulta más sencillo. Por lo que el momento flector y el cortante invertirán sus signos a la hora de realizar el sumatorio:

$$V_x = -997,6 \text{ kg}$$

$$MF_x = -997,6 * x$$

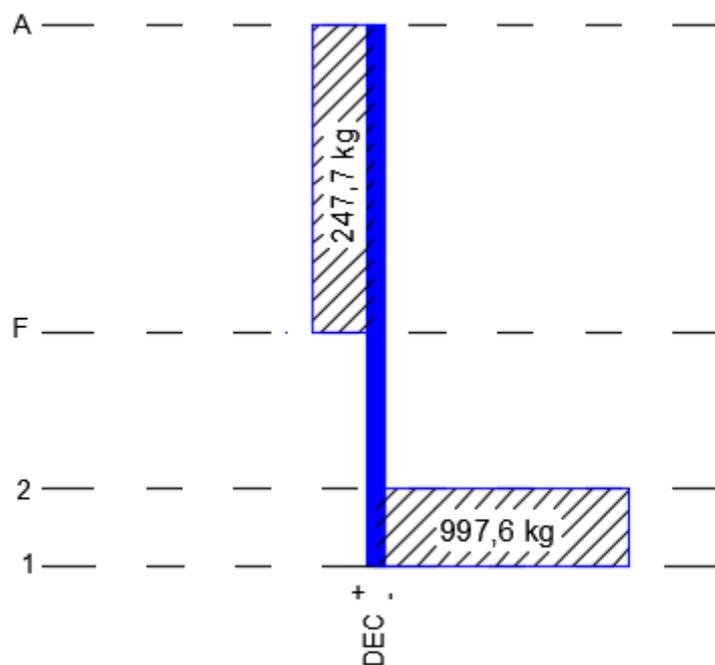
Por último, tras obtener los cortantes y momentos flectores de cada tramo se realizará la representación de los diagramas de la forma siguiente:

➤ Diagrama de esfuerzo normal:



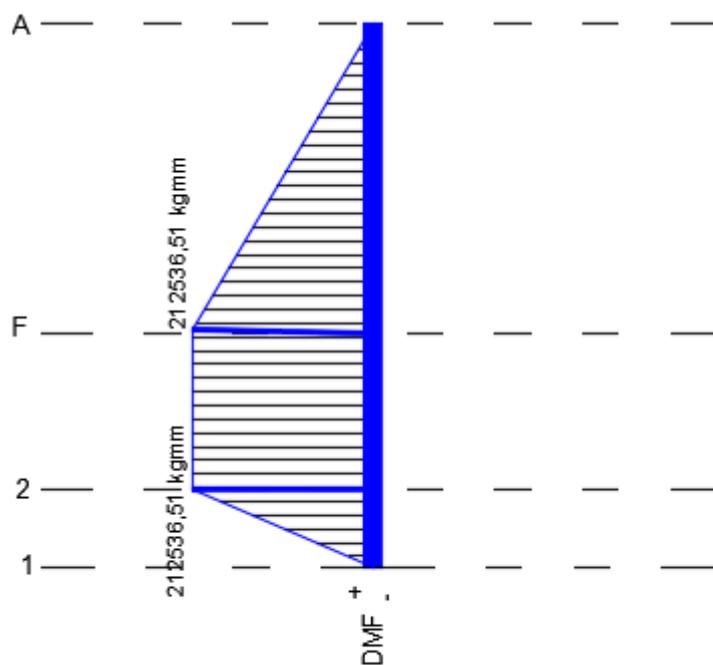
Quedan representadas las fuerzas paralelas al eje longitudinal de la pieza y se denomina esfuerzos normales, pueden ser de tracción o de compresión. Por lo tanto, se tiene un esfuerzo normal máximo en esta pieza de 461,6 kg.

➤ Diagrama de esfuerzo cortante:



Obteniendo un esfuerzo cortante máximo de 997,6 kg.

➤ Diagrama de momento flector:



Obteniendo un momento flector máximo de 212536,51 kgmm.

2.2.4 Dimensionado de la estructura

Para calcular las tensiones normales, como solo existe contribución del momento en el sentido del eje "x", se puede utilizar directamente la siguiente ecuación:

$$\sigma_z = \frac{N}{A} + \frac{M_f}{W_y}$$

Donde:

σ : tensión normal (N/mm²).

N : fuerza normal aplicada en la sección (N).

A : área de la sección (mm²).

M_f : momento aplicado en la sección (N/mm²).

W_y : módulo resistente de la sección. Dependiendo de la clase de la sección, se tomará el módulo resistente plástico o elástico.

➤ CASO 1

Para ambos casos el procedimiento a seguir consiste en suponer un perfil del prontuario de perfiles y aplicar a la fórmula anterior el área y el módulo resistente de dicho perfil. Si la tensión resultante es inferior a la tensión admisible del material del perfil, este cumplirá y se dimensionará la sección.

- Dimensionado de la pluma:

Solicitaciones:

$$N = 314,62 \text{ kg} = 3083,3 \text{ N}$$

$$N_{ED} = 3083,3 \text{ N} * Y_Q = 3083,3 \text{ N} * 1,5 = 4624,95 \text{ N}$$

Donde:

N_{ED} = fuerza normal mayorada aplicada en la sección

Y_Q = coeficiente parcial de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites Últimos.

$$M_f = 128786,5 \text{ kgmm} = 1262107,7 \text{ Nmm}$$

$$M_{f,ED} = 1262107,7 \text{ Nmm} * 1,5 = 1893161,55 \text{ Nmm}$$

Por lo que la tensión normal de la pluma en el caso 1, suponiendo un perfil rectangular hueco de 70x50x4 mm, quedaría:

$$\sigma_Z = \frac{N}{A} + \frac{M_f}{W_Z}$$

Donde:

$$A = 854,8 \text{ mm}^2$$

$W_{pl,z} = 15,41 * 10^3 \text{ mm}^3$ (se elige el módulo resistente plástico ya que este perfil es de clase 1)

$$\sigma_Z = \frac{4624,95 \text{ N}}{854,8 \text{ mm}^2} + \frac{1893161,55 \text{ Nmm}}{15,41 * 10^3 \text{ mm}^3} = 128,26 \text{ N/mm}^2$$

Por lo tanto, se puede determinar que:

$$\sigma_Z \leq \sigma_{adm}$$

$$128,26 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05}$$

Se cumple el perfil seleccionado.

- Dimensionado de la columna:

Solicitaciones:

$$N = 247 \text{ kg} = 2420,6 \text{ N}$$

$$N_{,ED} = 2420,6 \text{ N} * Y_Q = 2420,6 \text{ N} * 1,5 = 3630,9 \text{ N}$$

Donde:

$N_{,ED}$ = fuerza normal mayorada aplicada en la sección

Y_Q = coeficiente parcial de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites Últimos.

$$M_f = 282981,59 \text{ kgmm} = 2773219,6 \text{ Nmm}$$

$$M_{f,ED} = 2773219,6 \text{ Nmm} * 1,5 = 4159829,4 \text{ Nmm}$$

Por lo que la tensión normal de la pluma en el caso 1, suponiendo un perfil circular hueco de 90x3 mm, quedaría:

$$\sigma_z = \frac{N}{A} + \frac{M_f}{W_z}$$

Donde:

$$A = 819,6 \text{ mm}^2$$

$W_{pl,z} = 22,72 * 10^3 \text{ mm}^3$ (se elige el módulo resistente plástico ya que este perfil es de clase 1)

$$\sigma_z = \frac{3630,9 \text{ N}}{819,6 \text{ mm}^2} + \frac{4159829,4 \text{ Nmm}}{22,72 * 10^3 \text{ mm}^3} = 187,52 \text{ N/mm}^2$$

Por lo tanto, se puede determinar que:

$$\sigma_z \leq \sigma_{adm}$$

$$187,52 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05}$$

Se cumple el perfil seleccionado.

➤ **CASO 2**

- Dimensionado de la pluma:

Solicitaciones:

$$N = 486,46 \text{ kg} = 4767,3 \text{ N}$$

$$N_{ED} = 4767,3 \text{ N} * Y_Q = 4767,3 \text{ N} * 1,5 = 7150,95 \text{ N}$$

Donde:

N_{ED} = fuerza normal mayorada aplicada en la sección

Y_Q = coeficiente parcial de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites Últimos.

$$M_f = 88651,23 \text{ kgmm} = 868782 \text{ Nmm}$$

$$M_{f,ED} = 868782 \text{ Nmm} * 1,5 = 1303173 \text{ Nmm}$$

Por lo que la tensión normal de la pluma en el caso 2, suponiendo un perfil rectangular hueco de 70x50x4 mm, quedaría:

$$\sigma_Z = \frac{N}{A} + \frac{M_f}{W_Z}$$

Donde:

$$A = 854,8 \text{ mm}^2$$

$W_{pl,z} = 15,41 * 10^3 \text{ mm}^3$ (se elige el módulo resistente plástico ya que este perfil es de clase 1)

$$\sigma_Z = \frac{7150,95 \text{ N}}{854,8 \text{ mm}^2} + \frac{1303173 \text{ Nmm}}{15,41 * 10^3 \text{ mm}^3} = 92,93 \text{ N/mm}^2$$

Por lo tanto, se puede determinar que:

$$\sigma_Z \leq \sigma_{adm}$$

$$92,93 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05}$$

Se cumple el perfil seleccionado.

- Dimensionado de la columna:

Solicitaciones:

$$N = 461,6 \text{ kg} = 4523,7 \text{ N}$$

$$N_{,ED} = 4523,7 \text{ N} * Y_Q = 4523,7 \text{ N} * 1,5 = 6785,55 \text{ N}$$

Donde:

$N_{,ED}$ = fuerza normal mayorada aplicada en la sección

Y_Q = coeficiente parcial de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los Estados Límites Últimos.

$$M_f = 212536,51 \text{ kgmm} = 2082857,8 \text{ Nmm}$$

$$M_{f,ED} = 2082857,8 \text{ Nmm} * 1,5 = 3124286,7 \text{ Nmm}$$

Por lo que la tensión normal de la pluma en el caso 2, suponiendo un perfil circular hueco de 90x3 mm, quedaría:

$$\sigma_z = \frac{N}{A} + \frac{M_f}{W_z}$$

Donde:

$$A = 819,6 \text{ mm}^2$$

$W_{pl,z} = 22,72 * 10^3 \text{ mm}^3$ (se elige el módulo resistente plástico ya que este perfil es de clase 1)

$$\sigma_z = \frac{6785,55 \text{ N}}{819,6 \text{ mm}^2} + \frac{3124286,7 \text{ Nmm}}{22,72 * 10^3 \text{ mm}^3} = 145,8 \text{ N/mm}^2$$

Por lo tanto, se puede determinar que:

$$\sigma_z \leq \sigma_{adm}$$

$$145,8 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05}$$

Se cumple el perfil seleccionado.

De esta manera quedaría seleccionado el perfil de la columna y la pluma:

- Pluma: Perfil rectangular hueco 70x50x4 mm.
- Columna: Perfil circular hueco 90x3 mm.

2.2.5 Comprobaciones del dimensionado realizado

Además de calcular el dimensionamiento se deberá realizar una serie de comprobaciones:

- Pluma: se comprobará a esfuerzo cortante.
- Columna: se comprobará a esfuerzo cortante y a pandeo.

Todas estas comprobaciones se realizarán atendiendo a Instrucción de Acero Estructural (EAE).

- Comprobaciones en la pluma:

- Comprobación a esfuerzo cortante:

Según los diagramas de esfuerzos cortantes de la pluma de los casos 1 y 2. Se obtiene que, el mayor cortante será de 486,46 kg perteneciente al caso 2, tras mayorar esta carga y pasarla a Newton se tendrá un esfuerzo cortante de 7151 N.

La sección debe cumplir que:

$$V_{ED} \leq V_{pl,Rd}$$

Siendo:

V_{ED} : esfuerzo cortante en la sección mayorada

$V_{pl,Rd}$: esfuerzo cortante que puede resistir la sección hasta su límite plástico

Sabiendo que:

$$V_{pl,Rd} = A_v * \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

Donde:

A_v : área de cortante de la sección:

$$A_v = \frac{A * h}{(b + h)}$$

f_{yd} : límite elástico del material minorado

Se tendrá que:

$$V_{pl,Rd} = 498,63mm^2 * \frac{\frac{275N/mm^2}{1,05}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{pl,Rd} = 75398 N$$

Por lo tanto se cumple que:

$$7151 N \leq 75398 N$$

- Comprobaciones en la columna:

- Comprobación a esfuerzo cortante:

Según los diagramas de esfuerzos cortantes de la columna de los casos 1 y 2. Se obtiene que, el mayor cortante será de 1328,55 kg perteneciente al caso 2, tras mayorar esta carga y pasarla a Newton se tendrá un esfuerzo cortante de 19530 N.

La sección debe cumplir que:

$$V_{ED} \leq V_{pl,Rd}$$

Siendo:

V_{ED} : *esfuerzo cortante en la sección mayorado*

$V_{pl,Rd}$: *esfuerzo cortante que puede resistir la sección hasta su límite plástico*

Sabiendo que:

$$V_{pl,Rd} = A_v * \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

Donde:

A_v : *área de cortante de la sección:*

$$A_v = \frac{2 A}{\pi}$$

f_{yd} : *límite elástico del material minorado*

Se tendrá que:

$$V_{pl,Rd} = 522 \text{ mm}^2 * \frac{\frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05}}{\sqrt{3}}$$
$$V_{pl,Rd} = 78932,03 \text{ N}$$

Por lo tanto se cumple que:

$$19530 \text{ N} \leq 75398 \text{ N}$$

- Comprobación a compresión:

Para elementos sometidos a compresión, el valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión N_{ED} deberá verificar:

$$N_{ED} \leq N_{b,RD}$$

Donde:

N_{ED} : valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión

$N_{b,Rd}$: resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido.

Sabiendo que:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * fy}{\gamma_{M1}}$$

Para elementos con sección transversal constante sometidos a un esfuerzo axial de compresión de valor constante, el valor de χ para la esbeltez adicional se determinará conforme a:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

Siendo:

$$\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

α = coeficiente de imperfección = 0,21. Según tabla 35.12.a de EAE.

Donde:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A * fy}{N_{cr}}}$$

Siendo:

N_{cr} = Carga crítica de Euler. Esfuerzo axial crítico elástico para el modo de pandeo considerado, obtenido con las características de la sección transversal bruta.

Por lo tanto, N_{cr} se obtendrá de:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{L_k^2 * 0,7}$$

Donde:

E : módulo de elasticidad del material = 210000 N/mm²

I : Inercia de la sección = 32,22*10⁴ mm⁴

L_k : Longitud de la pluma = 1300 mm

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 * 210000 \frac{N}{mm^2} * 32,22 * 10^4}{1300^2 * 0,7}$$

$$N_{cr} = 564144,25 \text{ N}$$

Una vez obtenida la carga crítica de Euler se puede determinar la esbeltez adimensional mediante la ecuación anterior:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{819,96 \text{ mm}^2 * 275 \frac{N}{mm^2}}{564144,25 \text{ N}}}$$

$$\bar{\lambda} = 0,63$$

Seguidamente se sustituye la esbeltez adimensional:

$$\Phi = 0,5[1 + 0,21 * (0,63 - 0,2) + 0,63^2]$$

$$\Phi = 0,74$$

A continuación este valor se sustituirá en la ecuación de esbeltez adicional obteniendo:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

$$\chi = \frac{1}{0,74 + \sqrt{0,74^2 - 0,63^2}} \leq 1$$

$$\chi = 0,886 \leq 1$$

Por último, se obtendrá la resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}}$$

Donde:

γ_{M1} : coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad = 1,05

$$N_{b,Rd} = \frac{0,886 * 819,96 \text{ mm}^2 * 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,05}$$

$$N_{b,Rd} = 190269 \text{ N}$$

Por lo tanto, en el caso más desfavorable cuando el esfuerzo axial mayorado es de 6785,52 N, se verifica:

$$N_{ED} \leq N_{b,RD}$$

$$6785,52 \text{ N} \leq 190269 \text{ N}$$

2.2.6 Dimensionado de las placas con uniones con pasadores

- Oreja de ensamblaje (columna-pluma)

El material empleado es acero S275-JR:

$$\sigma_{tracción} = 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{fluencia} = 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Las dimensiones de la oreja de sujeción son:

$b = 6 \text{ mm}$, espesor.

$h = 84 \text{ mm}$, altura total.

$d = 60 \text{ mm}$, distancia de la fuerza a la base.

- Comprobación a flexión:

Se dispone de dos orejas de sujeción en el ensamblaje de la columna con la pluma, para comprobar el correcto diseño de la misma, se estudiará solamente una oreja. Pero antes hay que determinar el caso más desfavorable en el que la oreja soportará mayor flexión. En esta ocasión es el caso 1 con una fuerza de 329,8 kg.

$$F_{oreja_x} = \frac{329,22 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{2} = 1614,82 \text{ N}$$

Una vez hallada la fuerza que está actuando en cada una de las orejas se mayorará para ofrecer un margen de seguridad. El coeficiente de mayoración será de $N=1,5$:

$$F_{oreja \text{ final}} = F_{oreja} \cdot N$$

$$F_{oreja \text{ final}} = 2422,24 \text{ N}$$

Para comprobar a flexión primero se calcula la inercia del elemento mediante la ecuación de la inercia de un perfil rectangular, ya que es la figura geométrica que más se asemejaría:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$I = \frac{6mm \cdot (84mm)^3}{12}$$

$$I = 296352 \text{ mm}^4$$

En segundo lugar el momento producido por la fuerza. Dicho momento será la fuerza calculada anteriormente por la distancia hasta la fijación de la oreja

$$M_f = F \cdot d \rightarrow 2422,24 \text{ N} \cdot 60\text{mm} = 145334,4 \text{ Nmm}$$

Finalmente la tensión de flexión será:

$$\sigma_{flex} = \frac{M_f}{I/\frac{h}{2}} = \frac{145334,4 \text{ Nmm}}{\frac{296352 \text{ mm}^4}{42 \text{ mm}}} = 20,6 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{fluencia}$$

Por lo tanto, el perfil escogido cumple las condiciones impuestas a flexión.

- Comprobación a tracción

A continuación se realizará la comprobación del perfil a tracción. Para ello se escoge el caso más desfavorable (en este caso correspondería al caso 2).

Al igual que en el caso anterior, se estudiará una oreja con la mitad del peso que traccionaría en el conjunto:

$$F_{oreja_y} = \frac{461,6\text{Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{2} = 2264,15 \text{ N}$$

Se procede a mayorar la carga, siendo de nuevo el coeficiente de mayoración de N=1,5:

$$F_{oreja \text{ final}} = F_{oreja_y} \cdot N$$

$$F_{oreja \text{ final}} = 3396,22 \text{ N}$$

Se procede a calcular la oreja a tracción, para ello se emplea la siguiente expresión:

$$\sigma_{tracción} = \frac{F}{A}$$

Donde:

$A = a(\text{largo de la base}) \times b(\text{espesor de la placa}).$

$$\sigma_{tracción} = \frac{3396,22 \text{ N}}{48\text{mm} \cdot 6 \text{ mm}} = 11,79 \text{ N/mm}^2$$

El perfil escogido cumple las condiciones impuestas a tracción.

- Oreja de ensamblaje (pluma-actuador)
 - Comprobación a tracción

A continuación se realizará la comprobación del perfil a tracción. Para ello se escoge el caso más desfavorable (en este caso correspondería al caso 2).

En este caso solo se dispone de una placa de sujeción, a diferencia de la comprobación a tracción anterior, en el que se distribuía la fuerza entre dos. El procedimiento a seguir será similar al del caso anterior, contando esta vez con una fuerza de:

$$F_{oreja_2} = 731,92 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 7180,04 \text{ N}$$

Se procede a mayorar la carga, siendo de nuevo el coeficiente de mayoración de $N=1,5$:

$$F_{oreja\ final} = F_{oreja_2} \cdot N$$

$$F_{oreja\ final} = 10770,05\ N$$

$$\sigma_{tracción} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{tracción} = \frac{10770,05\ N}{70\text{mm} \cdot 14\ \text{mm}} = 11\ N/\text{mm}^2$$

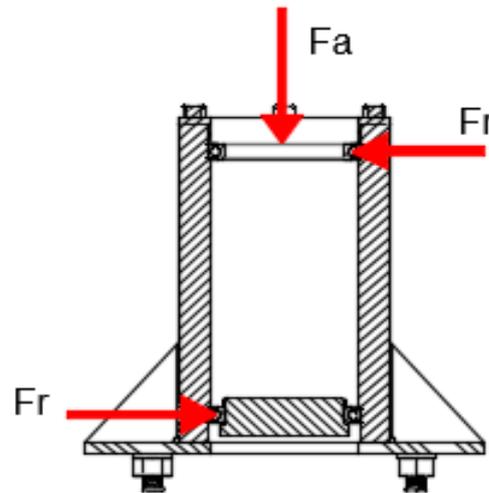
El perfil escogido cumple las condiciones impuestas a tracción.

2.2.7 Cálculos de la base

2.2.7.1 Cálculo de rodamientos

Primero, se calcularán los rodamientos que permitirán el movimiento giratorio manual de la grúa. Para ello se utilizó el método de la marca SKF, especialista en rodamientos. Los rodamientos seleccionados pertenecen a la categoría de rodamientos rígidos con una hilera de bolas con sello de protección y su designación es 61818-2RZ.

En la estructura se tendrán dos rodamientos separados por 213 mm; cada rodamiento soportara una fuerza igual y contraria producida por el momento que se genera en el empotramiento de la base. Es por esto, que se generaran fuerzas radiales y axiales solicitando los rodamientos como se puede apreciar en el siguiente esquema:



Esquema de la estructura de la base con las fuerzas que están actuando (medidas en mm).

Según la marca SKF, este tipo rodamientos soportarán una carga axial de:

➤ Carga axial pura:

$$F_a \leq 0,5 * C_o$$

Siendo:

F_a : fuerza axial a la que está sometido el rodamiento. Esta será la carga que levanta la grúa 1960 N más el peso de la grúa y todos sus componentes 661 N. Obteniendo una fuerza axial total de 2621 N.

C_o : capacidad de carga estática básica del rodamiento.

$$2,621 \text{ kN} \leq 0,5 * 22 \text{ kN}$$

$$2,621 \text{ kN} \leq 11 \text{ kN}$$

Por lo tanto, el rodamiento soportará la carga axial a la que está sometido.

- Cálculo del factor de seguridad del rodamiento:

Según el catálogo, el factor de seguridad estático se calcula:

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0}$$

Siendo:

P_0 : la carga estática del rodamiento:

$$P_0 = 0,6 * F_r + 0,5 * F_a$$

Donde:

F_r : carga radial a la que está sometida el rodamiento.

Calculada en el apartado 2.2.

$$P_0 = 0,6 * 13020 \text{ N} + 0,5 * 2621 \text{ N}$$

$$P_0 = 9122,5 \text{ N}$$

El catálogo nos indica que si $P_0 \leq F_r$ entonces, $F_r = P_0$. Por lo tanto, el factor de seguridad estático del rodamiento quedará:

$$S_0 = \frac{22 \text{ kN}}{13,02 \text{ kN}} = 1,69$$

Para el tipo de uso que se le va a dar al rodamiento SKF sugiere un factor de seguridad de 0,5. En consecuencia, se elegirá este rodamiento.

2.2.7.2 Calculo de los tornillos de la base:

En la base, debido a que la estructura de esta se encuentra soldada se va a producir un momento flector que afectará a los tornillos. Como se ve en la siguiente imagen el caso más desfavorable será cuando la pluma se encuentra alineada justo encima de uno de los tornillos.

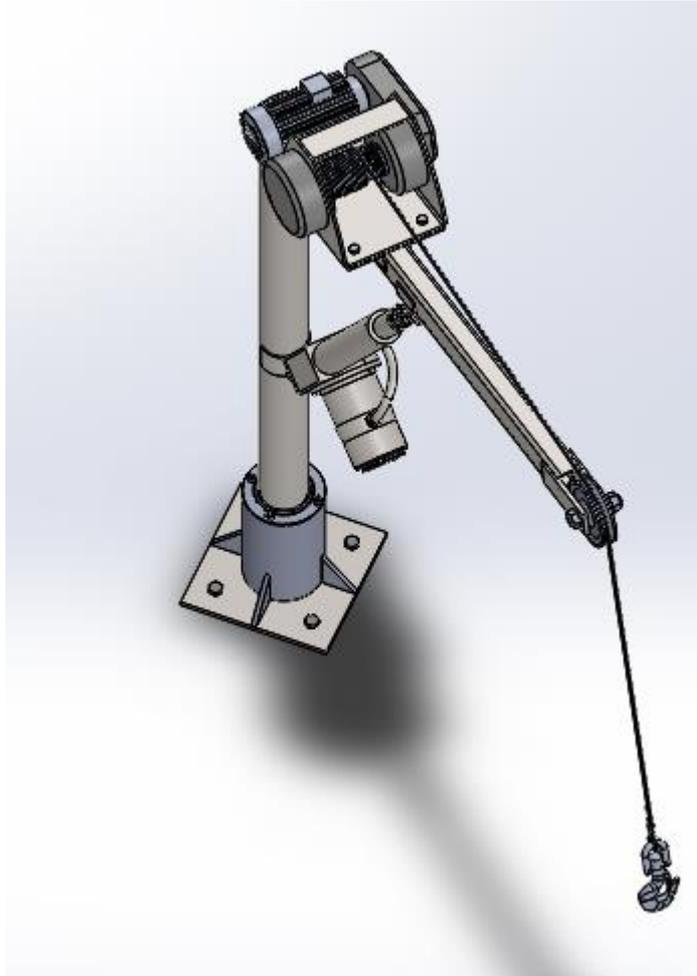
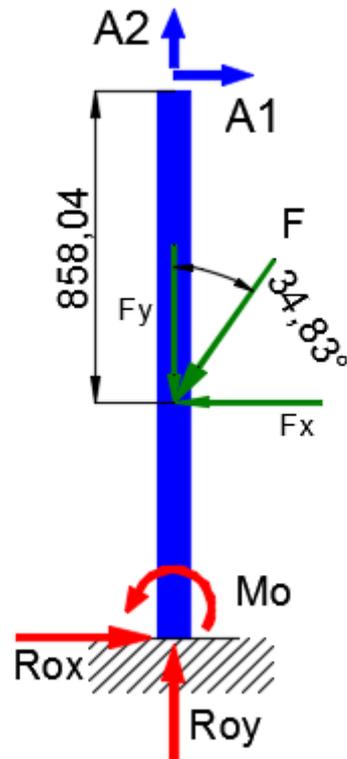


Imagen de la grúa en el caso donde el momento flector afectará en mayor medida a los tornillos.

Por lo tanto en este caso toda la fuerza del momento flector recaerá sobre un solo tornillo que se encontrará a tracción. Dicha fuerza será el momento flector entre la distancia que hay desde el centro de la columna hasta el tornillo:

$$F_{\text{tracción}} = \frac{\text{Momento flector}}{\text{Distancia al tornillo}}$$

El momento flector máximo ocurre cuando la pluma de la grúa se encuentra en el caso 1. En el siguiente esquema quedará representado la columna teniendo en cuenta la totalidad de la estructura de la base, por lo que se asumirá que la columna estará empotrada:



Como anteriormente ya se han calculado el resto de las fuerzas que están actuando en la columna. Únicamente habrá que calcular las reacciones y el momento en el empotramiento mediante un sumatorio de fuerzas y momentos:

$$\sum F_x = 0$$

$$A1 - F * \text{sen}(34,83) + Rox = 0$$

$$329,8 \text{ kg} - 577,44 \text{ kg} * \text{sen}(34,83) + Rox = 0$$

$$Rox = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$A2 - F * \text{cos}(34,83) + Roy = 0$$

$$246,93 \text{ kg} - 577,44 \text{ kg} * \text{cos}(34,83) + Roy = 0$$

$$Roy = 227 \text{ kg}$$

$$\sum Mo = 0$$

$$F * \text{sen}(34,83) * 648,96 \text{ mm} - A1 * 1507 \text{ mm} + M_0 = 0$$

$$577,44 \text{ kg} * \text{sen}(34,83) * 648,96 \text{ mm} - 329,8 \text{ kg} * 1507 \text{ mm} + M_0 = 0$$

$$M_0 = 282980,9 \text{ kgmm}$$

De este modo ya se puede hallar la fuerza a tracción que está actuando en el tornillo:

$$F_{\text{tracción}} = \frac{282980,9 \text{ kgmm}}{138 \text{ mm}}$$

$$F_{\text{tracción}} = 2051 \text{ kg} = 20099,8 \text{ N}$$

Una vez obtenida esta fuerza ya se puede comprobar el tornillo a tracción mediante el siguiente procedimiento:

El esfuerzo a tracción $F_{t,Ed}$, fuerza a tracción mayorada, no puede ser mayor que:

$F_{t,Rd}$: resistencia a tracción del tornillo

$B_{p,Rd}$: resistencia a punzonamiento bajo la tuerca o bajo la cabeza del tornillo

Sabiendo que:

$$F_{t,ED} = 20099,8 \text{ N} * 1,5 = 30149,7 \text{ N}$$

Se comprobará lo siguiente:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{MB}}$$

Donde:

A_s = área resistente del tornillo

f_{ub} = tensión última a tracción del tornillo = 8.8 (600 N/mm²)

γ_{MB} = coeficiente de seguridad = 1,25

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * 600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 303 \text{ mm}^2}{1,25}$$

$$F_{t,Rd} = 67824 \text{ N}$$

Por lo tanto se cumple lo estipulado.

Por otro lado, también se comprobará la segunda condición aunque, no será preciso comprobar el valor $B_{p,Rd}$ cuando el espesor de la chapa cumpla que:

$$t_{\min} \geq \frac{d * f_{ub}}{6 * f_u}$$

Donde:

d: diámetro del tornillo

f_{ub} = resistencia a tracción última del material de la chapa = 500 N/mm²

f_u = límite elástico del material de la chapa = 275 N/mm²

t_{min} = mínimo espesor de la chapa a unir = 10 mm

$$t_{\min} \geq \frac{16 \text{ mm} * 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{6 * 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$10 \text{ mm} \geq 4,85 \text{ mm}$$

Por lo tanto se verifica que la chapa va a resistir el punzonamiento de la tuerca del tornillo.

2.2.8 Cálculos parte eléctrica

Se necesita alimentar dos motores a corriente alterna con las siguientes características:

- Motor 1: 710 W a 220 V
- Motor 2: 370 W a 220 V

Teniendo un alternador para la Toyota Dyna de 70 A a 12 V, se tendrá una potencia de 840 W. Por lo tanto, teniendo en cuenta que los dos motores de los actuadores nunca funcionarán a la vez, la potencia suministrada por el alternador será suficiente para la instalación que se va a tener.

Una batería normal de una Toyota Dyna cuenta con unas características de 68-70 Ah a 12 V. Como se tiene un inverter que va a generar 1000 W a 220 V esta batería será suficiente.

Resumiendo:

- Alternador: Intensidad de carga 70 A, Voltaje 12 V, Potencia 840 W.
- Batería de 70 Ah y 12 V
- Inverter: entregará una potencia de 1000 W a 220 V.

Por lo tanto se confirma que esta instalación será correcta.

ULL

Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

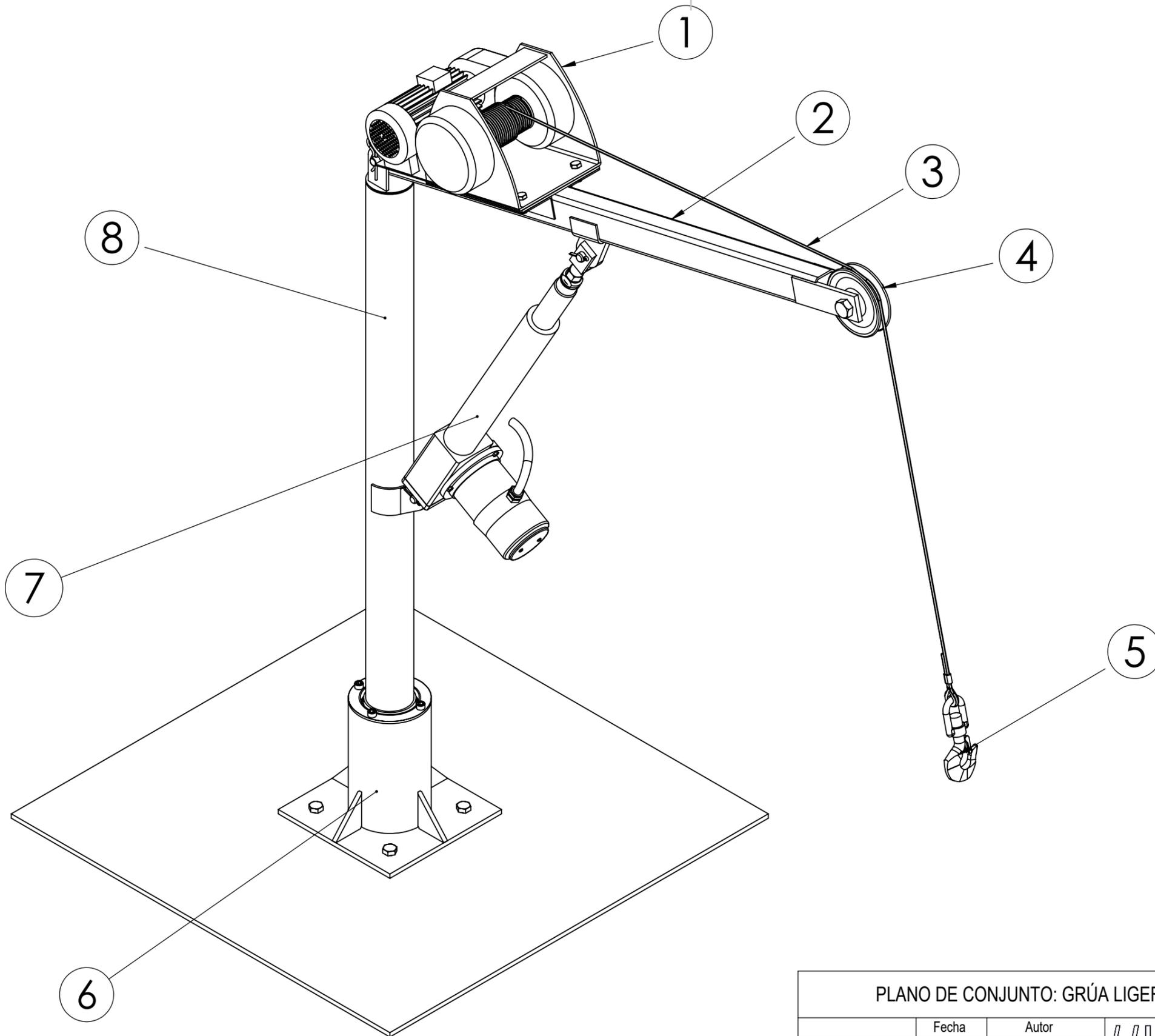
**GRÚA LIGERA PARA FURGONETA ABIERTA
CON ACTUADORES ELÉCTRICOS**

PLANOS

Autor: Sergio Hernández Dorta

Tutor: Andrés Muñoz de Dios Rodríguez

Septiembre 2017



PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO	
Id. s. normas		HDEZ DORTA	
		UNE-EN-DIN	

ESCALA:
1:8

TITULO DEL PLANO
GRÚA

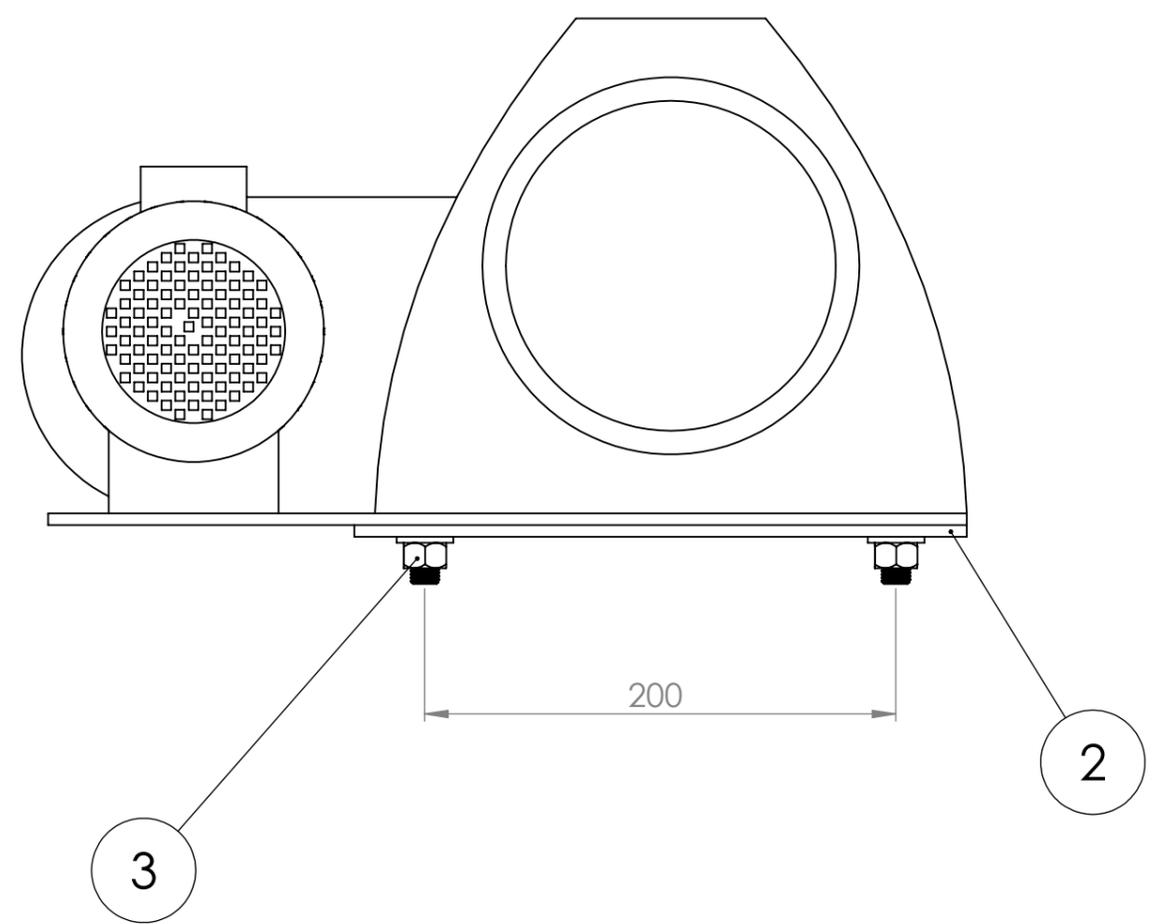
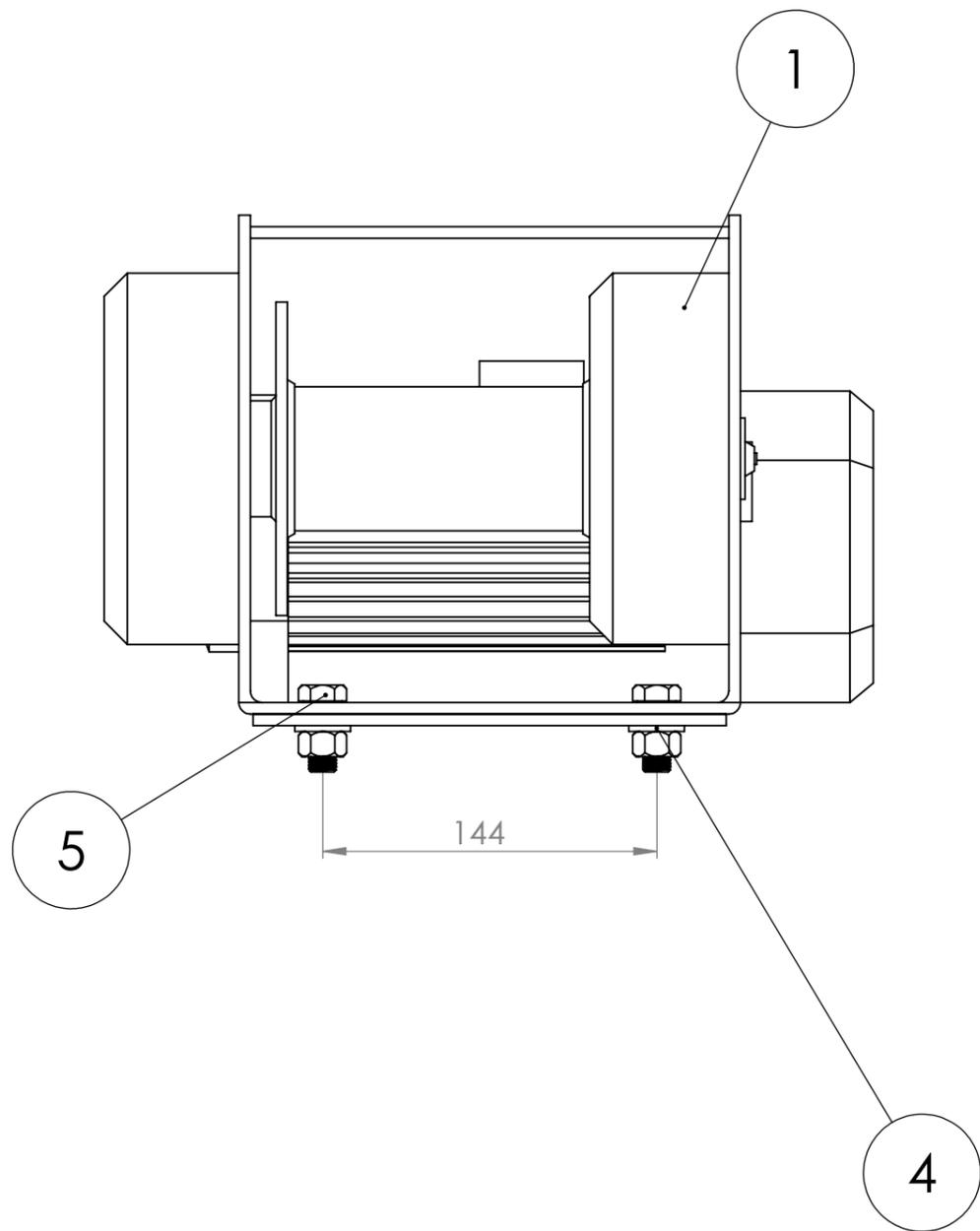
Nº P. :
1.00
Nom.Arch:

8	1	Subconjunto columna		S275-JR
7	1	Actuador lineal eléctrico	CAHM-3520-LS400-A2 (SKF)	
6	1	Estructura de la base		Varios
5	1	Gancho (pieza comercial)	Serie N° 342-2 (L'Etoile)	
4	1	Subconjunto polea		Varios
3	1	Cable (pieza comercial)	Motorbox (300 kg)	
2	1	Subconjunto pluma		S275-JR
1	1	Cabrestante (pieza comercial)	Motorbox (300 kg)	
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

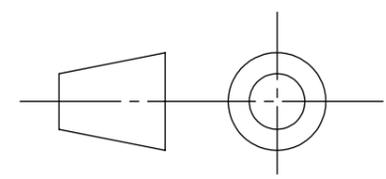
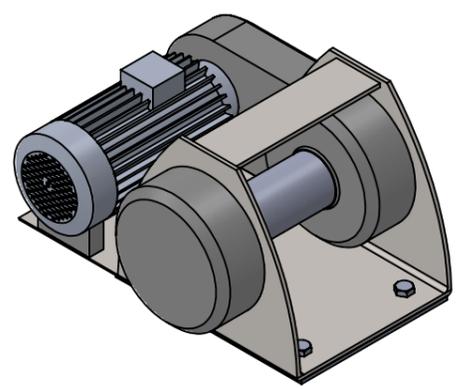
PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

ESCALA: 1:8	TITULO DEL PLANO LISTADO PIEZAS GRÚA	Nº P. : 1.00
		Nom.Arch:



ESCALA 1:7

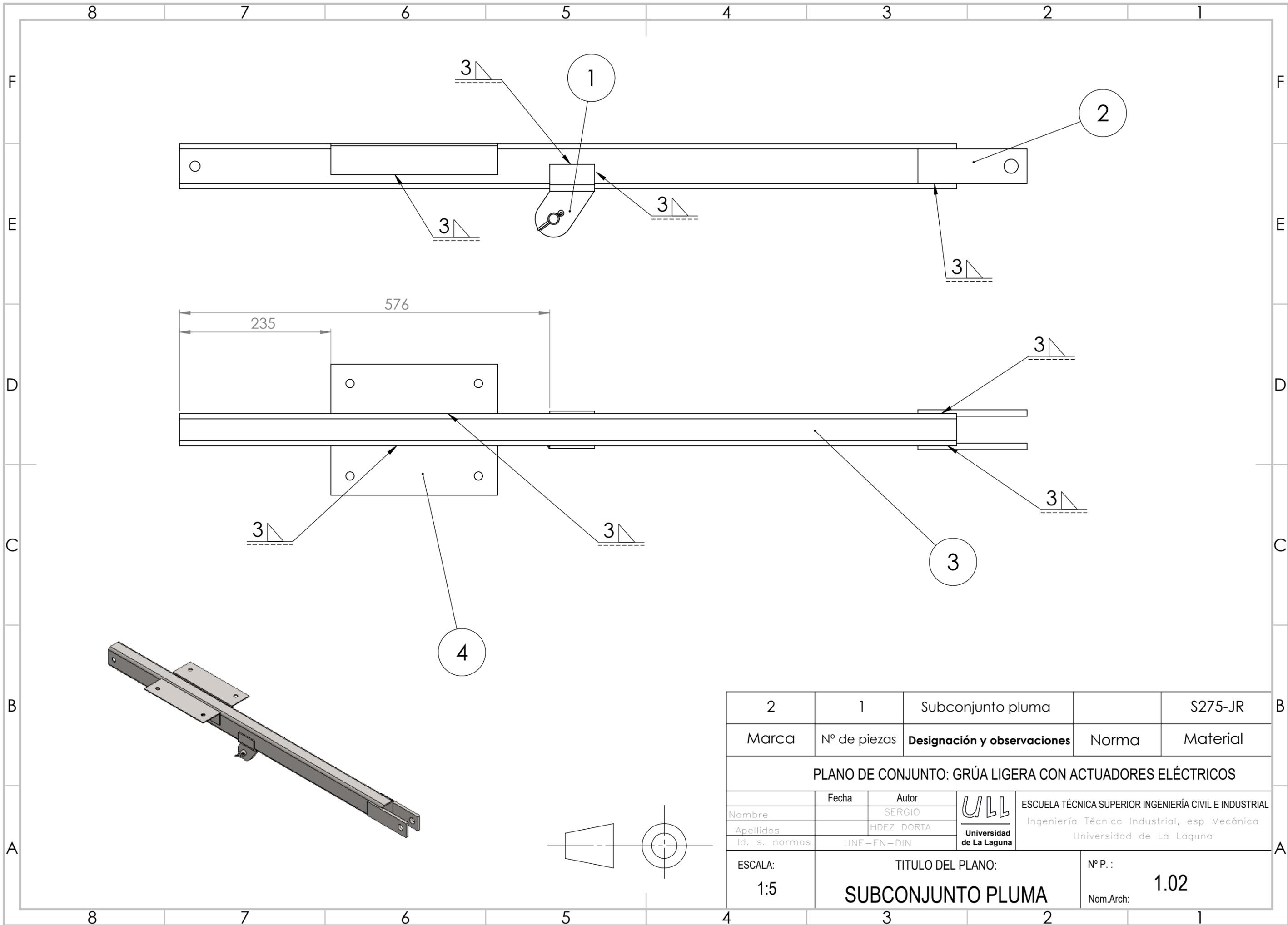


5	4	Tornillo cabeza hexagonal	DIN 933 m12x30 mm	Calidad 8.8
4	4	Arandela plana sin bisel	DIN 125-A m12	Calidad 8.8
3	4	Tuerca hexagonal	DIN 934 m12	Calidad 8.8
2	1	Placa de apoyo del cabrestante (pieza comercial)	Motorbox (300 kg)	
1	1	Cabrestante (pieza comercial)	Motorbox (300 kg)	
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

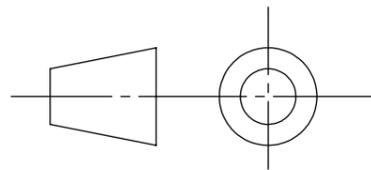
PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 ESCUELA TECNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	

ESCALA: 1:3	TITULO DEL PLANO CABRESTANTE	Nº P.: 1.01
		Nom.Arch:



2	1	Subconjunto pluma		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material
PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS				
Nombre	Fecha	Autor	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna	
Apellidos		SERGIO		
Id. s. normas		HDEZ DORTA		
		UNE-EN-DIN		
ESCALA: 1:5	TITULO DEL PLANO: SUBCONJUNTO PLUMA		Nº P. : 1.02	
			Nom.Arch:	



4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

A

A

4	2	Placa de apoyo cabrestante		S275-JR
3	1	Pluma de la grúa	Perfil rec hueco (70X50X4 mm)	S275-JR
2	2	Placa de ensamblaje para polea		S275-JR
1	1	Refuerzo y soporte para actuador		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

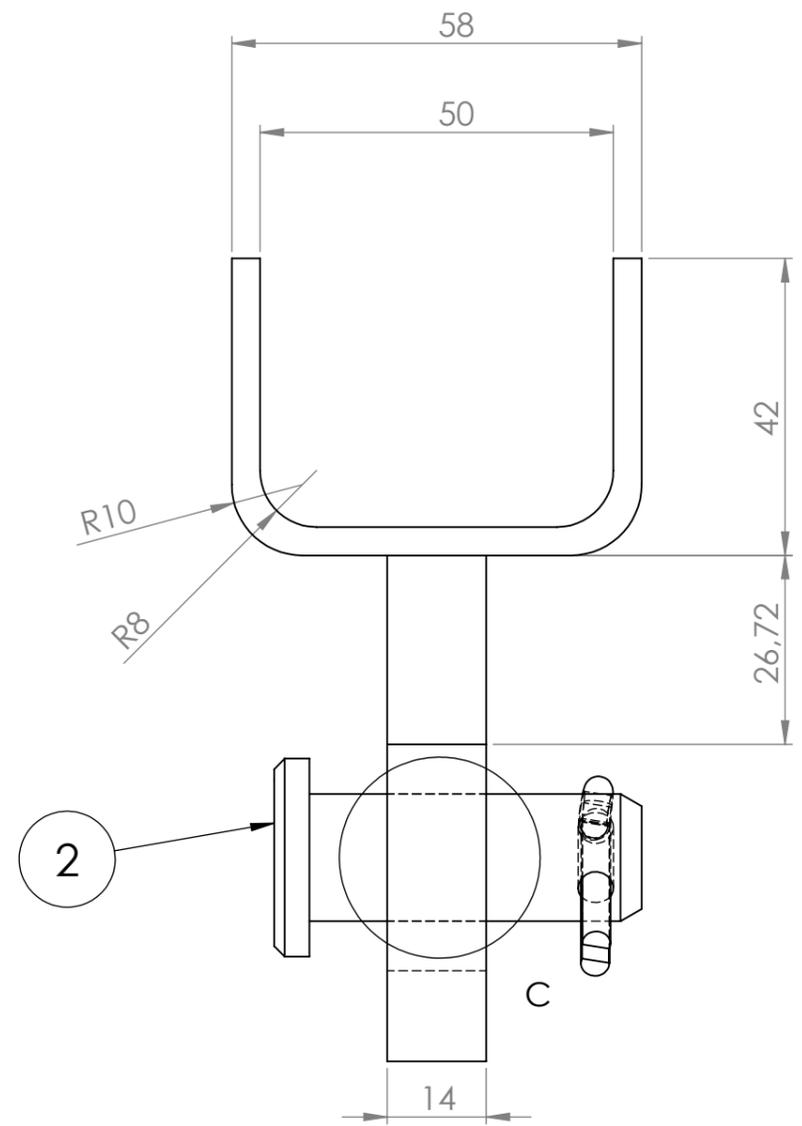
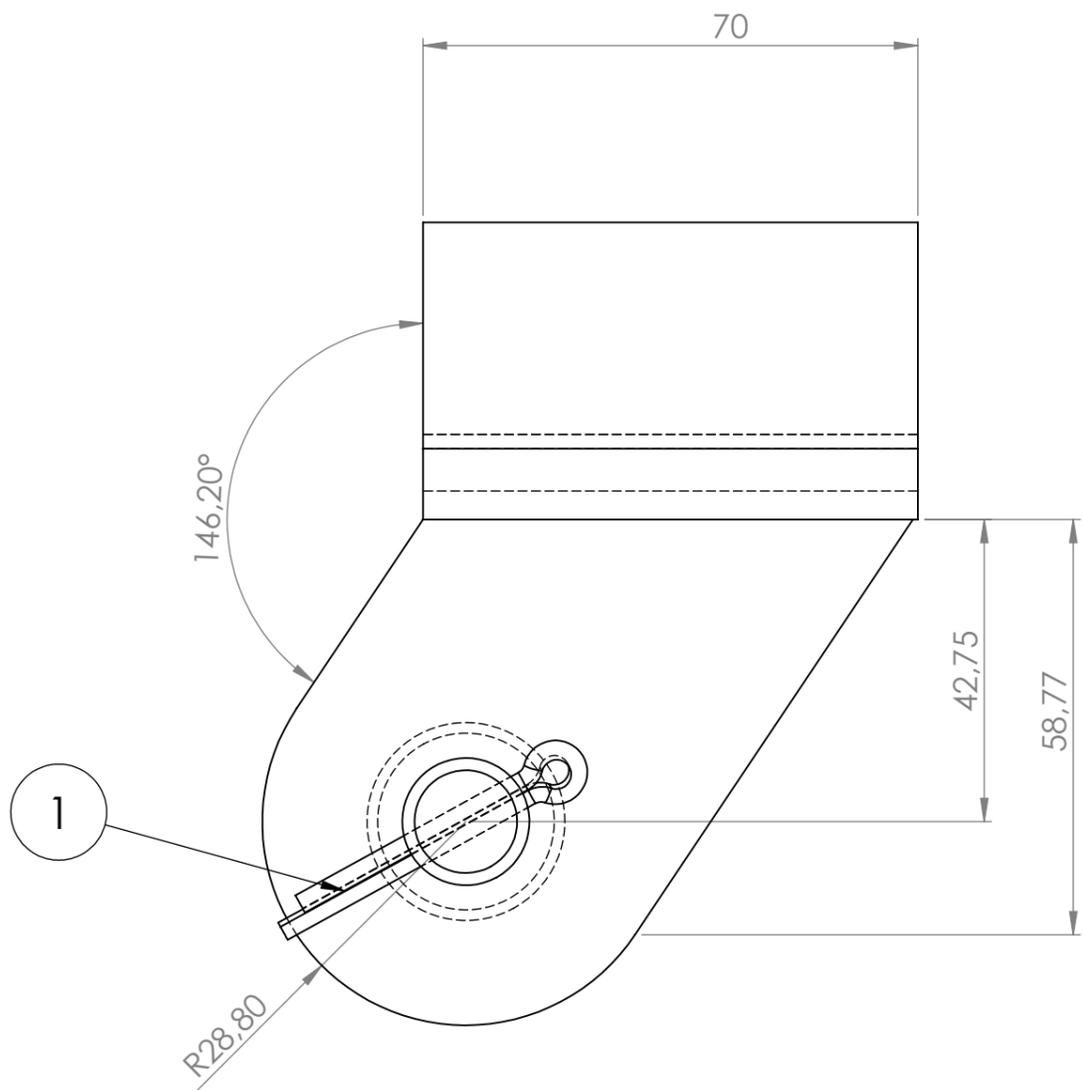
Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

ESCALA: 1:5	TITULO DEL PLANO LISTADO DE PIEZAS DEL SUBCONJUNTO PLUMA	Nº P. : 1.02
		Nom.Arch:

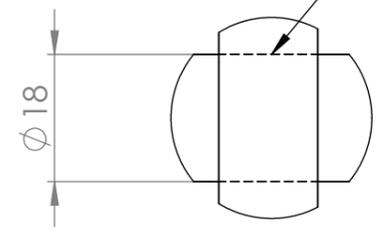
4 3 2 1

8 7 6 5 4 3 2 1

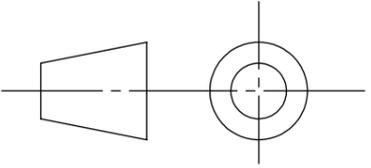
F E D C B A



○ H7



DETALLE C
ESCALA 1:1



2	1	Perno de pasador de cabeza plana	DIN EN 22341	
1	1	Pasador de seguridad tipo horquilla	DIN 94	
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

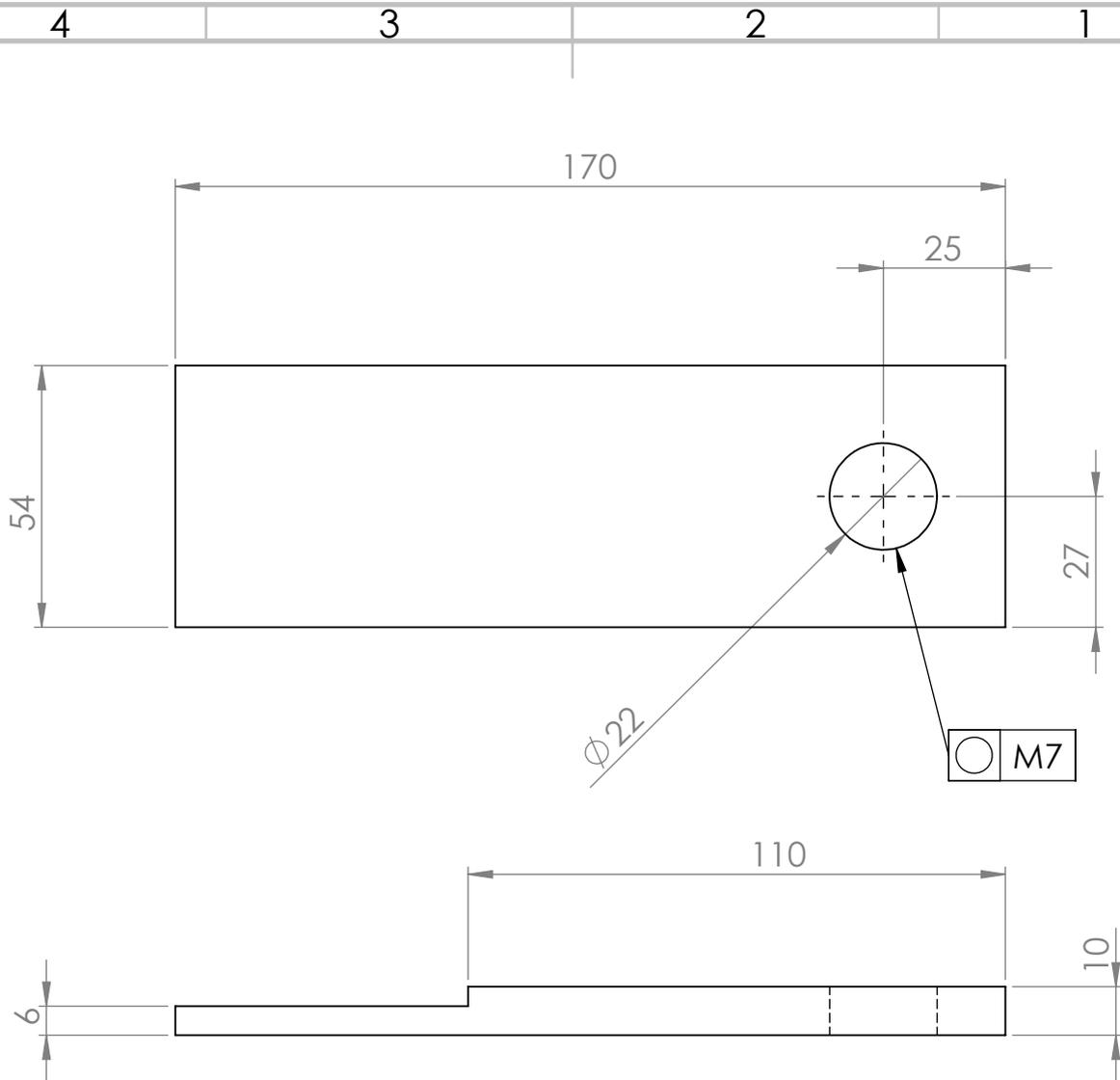
PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	

ESCALA: 1:1	TITULO DEL PLANO REFUERZO Y SOPORTE PARA ACTUADOR	Nº P.: 1.02.01
		Nom.Arch:

8 7 6 5 4 3 2 1

A B C D E F

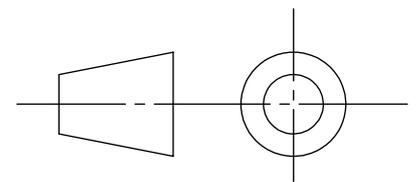
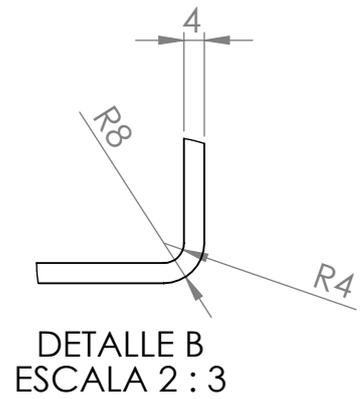
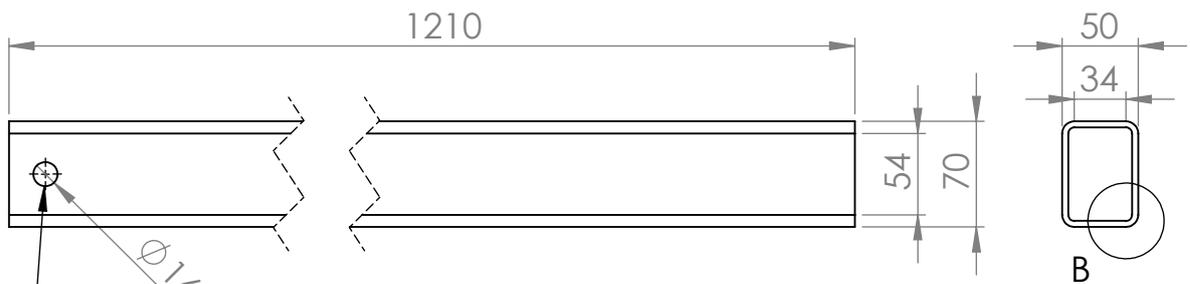


2	2	Placa de ensamblaje para polea		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

ESCALA: 1:1.5	TITULO DEL PLANO PLACA DE ENSAMBLAJE PARA POLEA	Nº P. : 1.02.02 Nom.Arch:
------------------	--	--

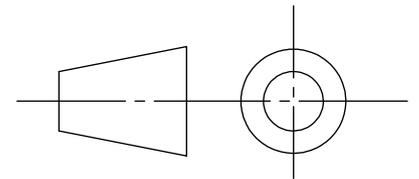
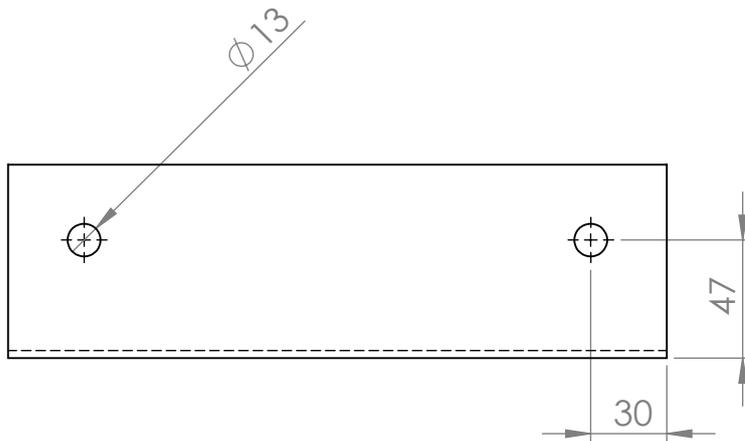
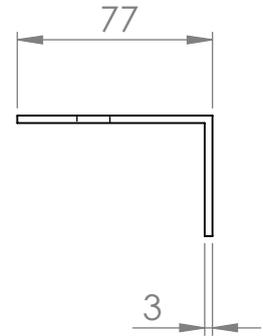
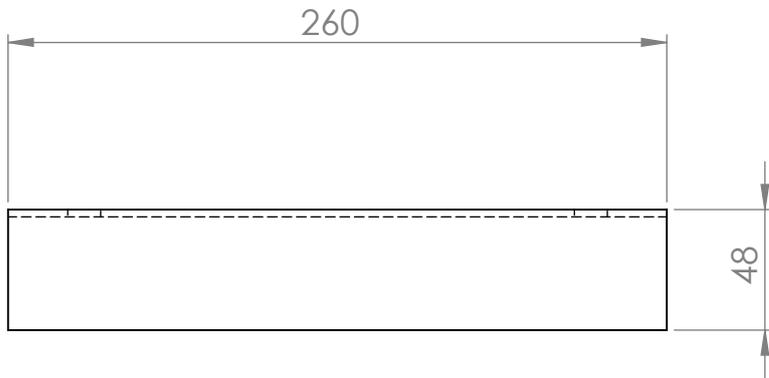


3	1	Pluma de la grúa	Perfil rec hueco (70x50x4 mm)	S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO		
Id. s. normas		HDEZ DORTA		
		UNE-EN-DIN		

ESCALA: 1:5	TITULO DEL PLANO PLUMA DE LA GRÚA	Nº P. : 1.02.03
		Nom.Arch:

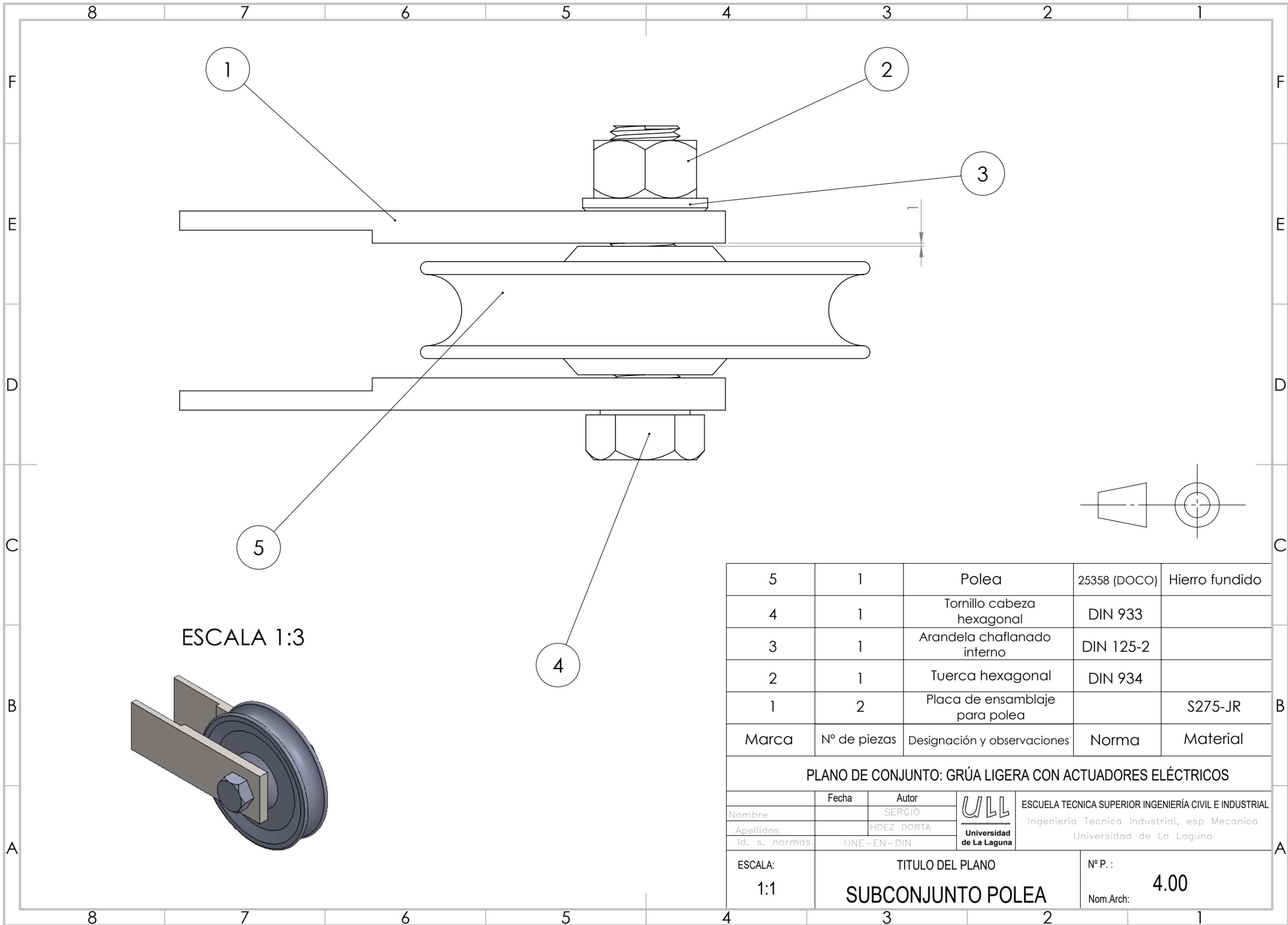


4	2	Placa de apoyo para el cabrestante		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

ESCALA: 1:3	TITULO DEL PLANO PLACA DE APOYO PARA EL CABRESTANTE	Nº P. : 1.02.04 Nom.Arch:
-----------------------	--	--



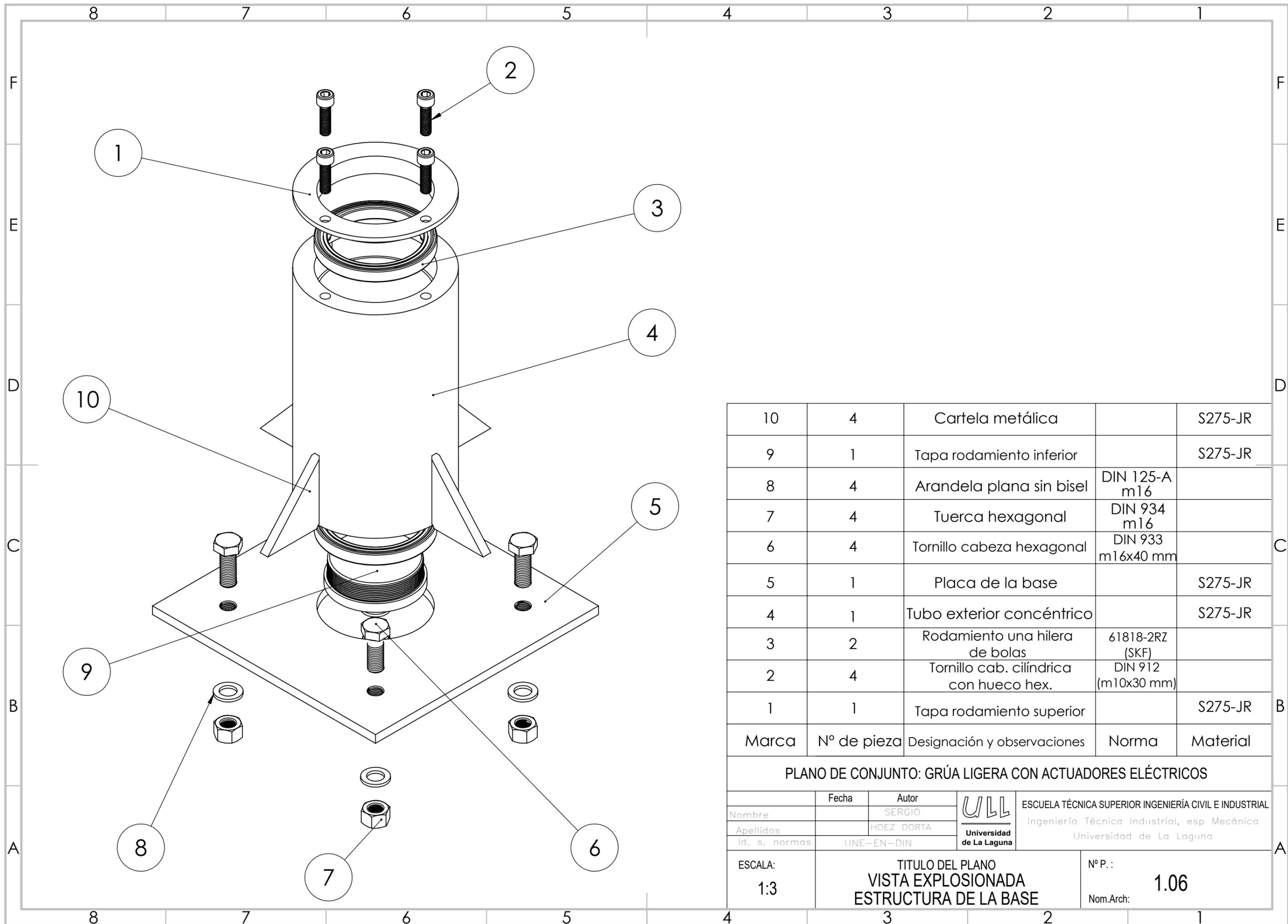
ESCALA 1:3

5	1	Polea	25358 (DOCO)	Hierro fundido
4	1	Tornillo cabeza hexagonal	DIN 933	
3	1	Arandela chaflanado interno	DIN 125-2	
2	1	Tuerca hexagonal	DIN 934	
1	2	Placa de ensamblaje para polea		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 ESCUELA TECNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	

ESCALA: 1:1	TITULO DEL PLANO SUBCONJUNTO POLEA	Nº P.: 4.00 Nom.Arch:
----------------	--	------------------------------------



10	4	Cartela metálica		S275-JR
9	1	Tapa rodamiento inferior		S275-JR
8	4	Arandela plana sin bisel	DIN 125-A m16	
7	4	Tuerca hexagonal	DIN 934 m16	
6	4	Tornillo cabeza hexagonal	DIN 933 m16x40 mm	
5	1	Placa de la base		S275-JR
4	1	Tubo exterior concéntrico		S275-JR
3	2	Rodamiento una hilera de bolas	61818-2RZ (SKF)	
2	4	Tornillo cab. cilíndrica con hueco hex.	DIN 912 (m10x30 mm)	
1	1	Tapa rodamiento superior		S275-JR
Marca	Nº de pieza	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 ULL ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO	
Id. s. normas		HDEZ DORTA	
		UNE-EN-DIN	

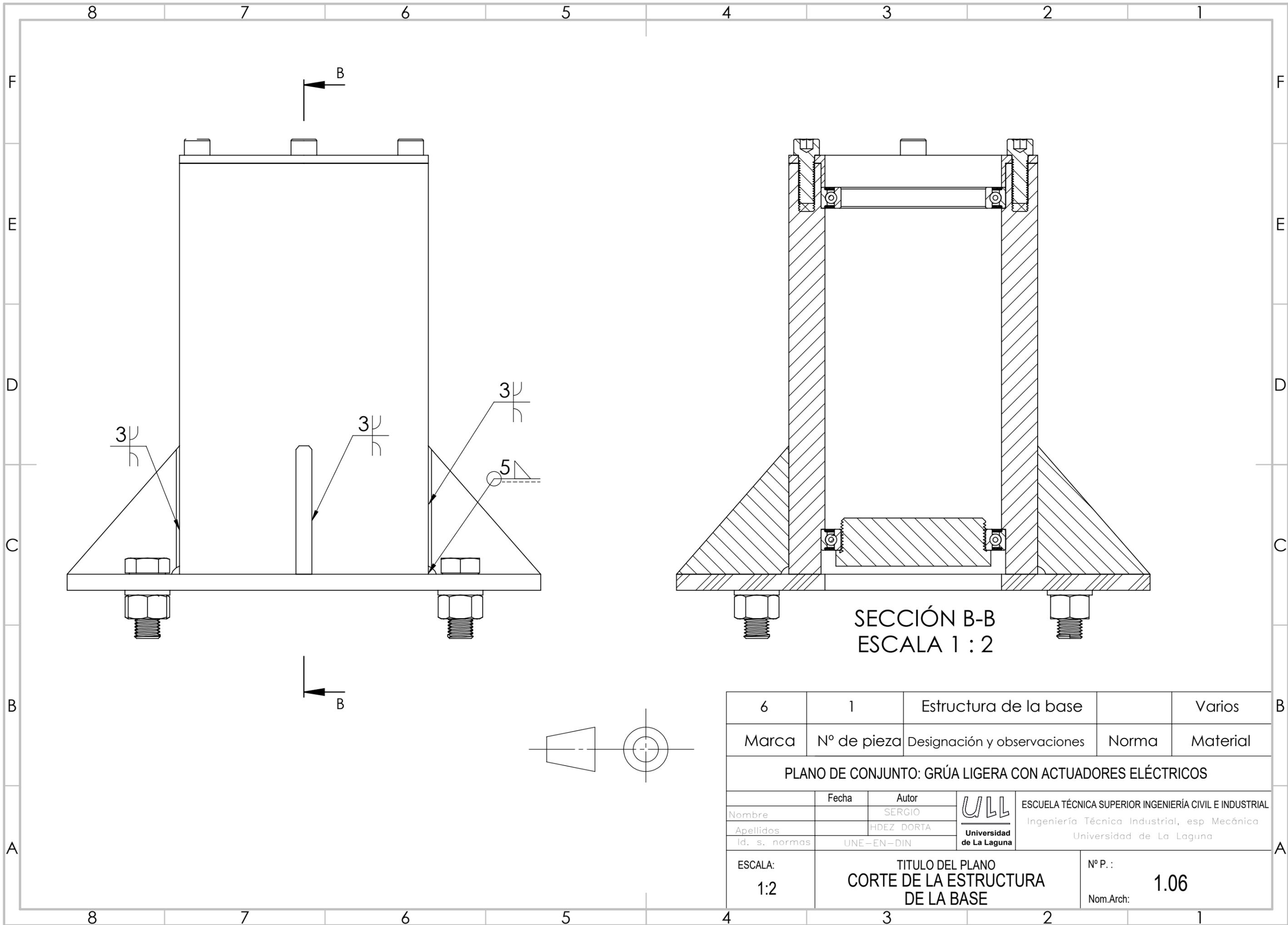
ESCALA:
1:3

TITULO DEL PLANO
VISTA EXPLOSIONADA
ESTRUCTURA DE LA BASE

Nº P.:

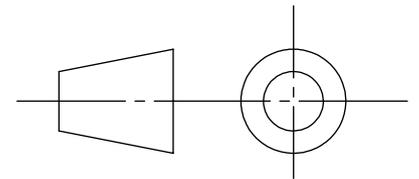
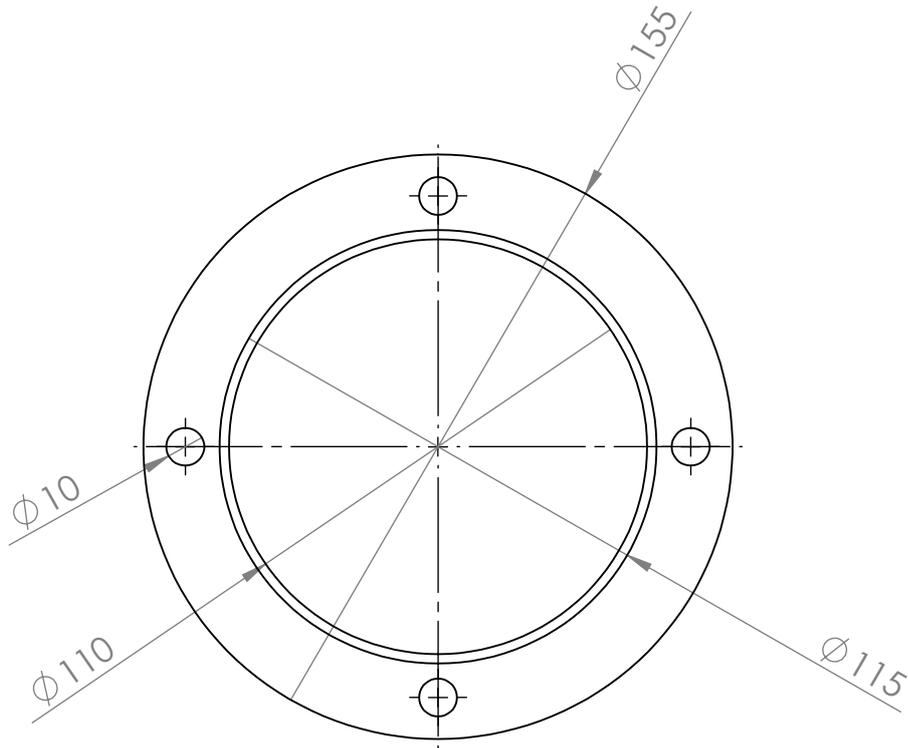
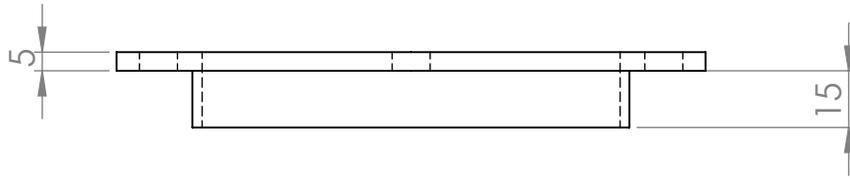
1.06

Nom.Arch:



SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 2

6	1	Estructura de la base		Varios
Marca	Nº de pieza	Designación y observaciones	Norma	Material
PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS				
Nombre	Fecha	Autor	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna	
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA		
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		
ESCALA: 1:2	TITULO DEL PLANO CORTE DE LA ESTRUCTURA DE LA BASE		Nº P. : 1.06	Nom.Arch:

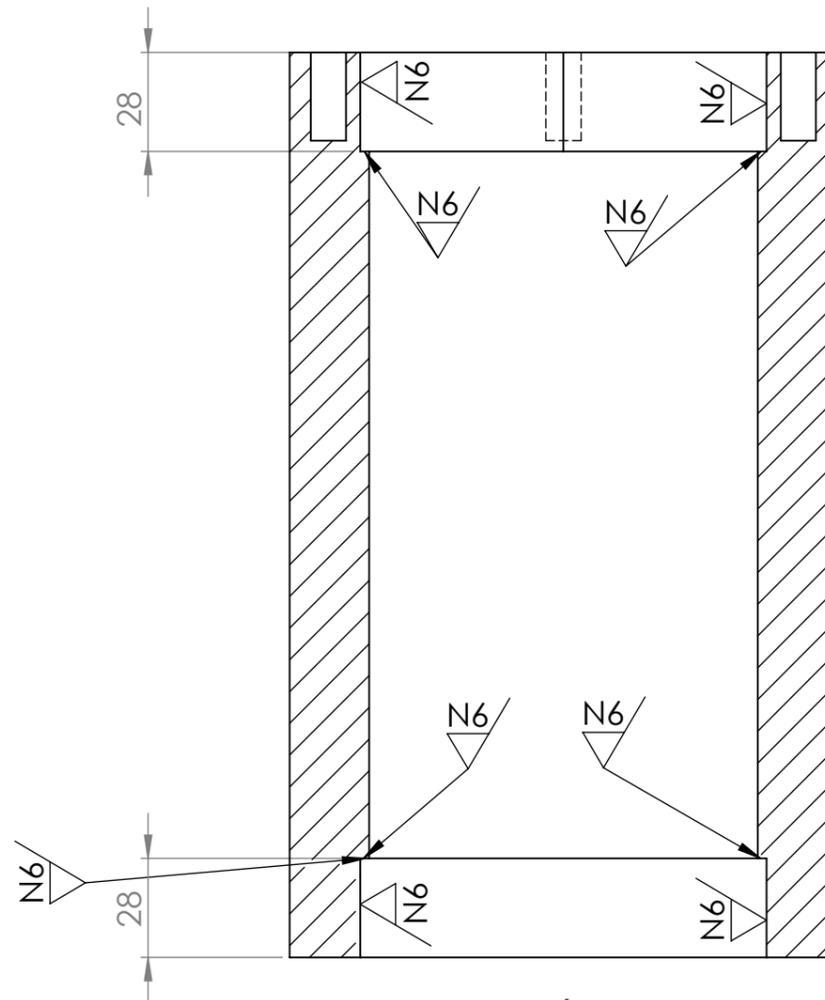
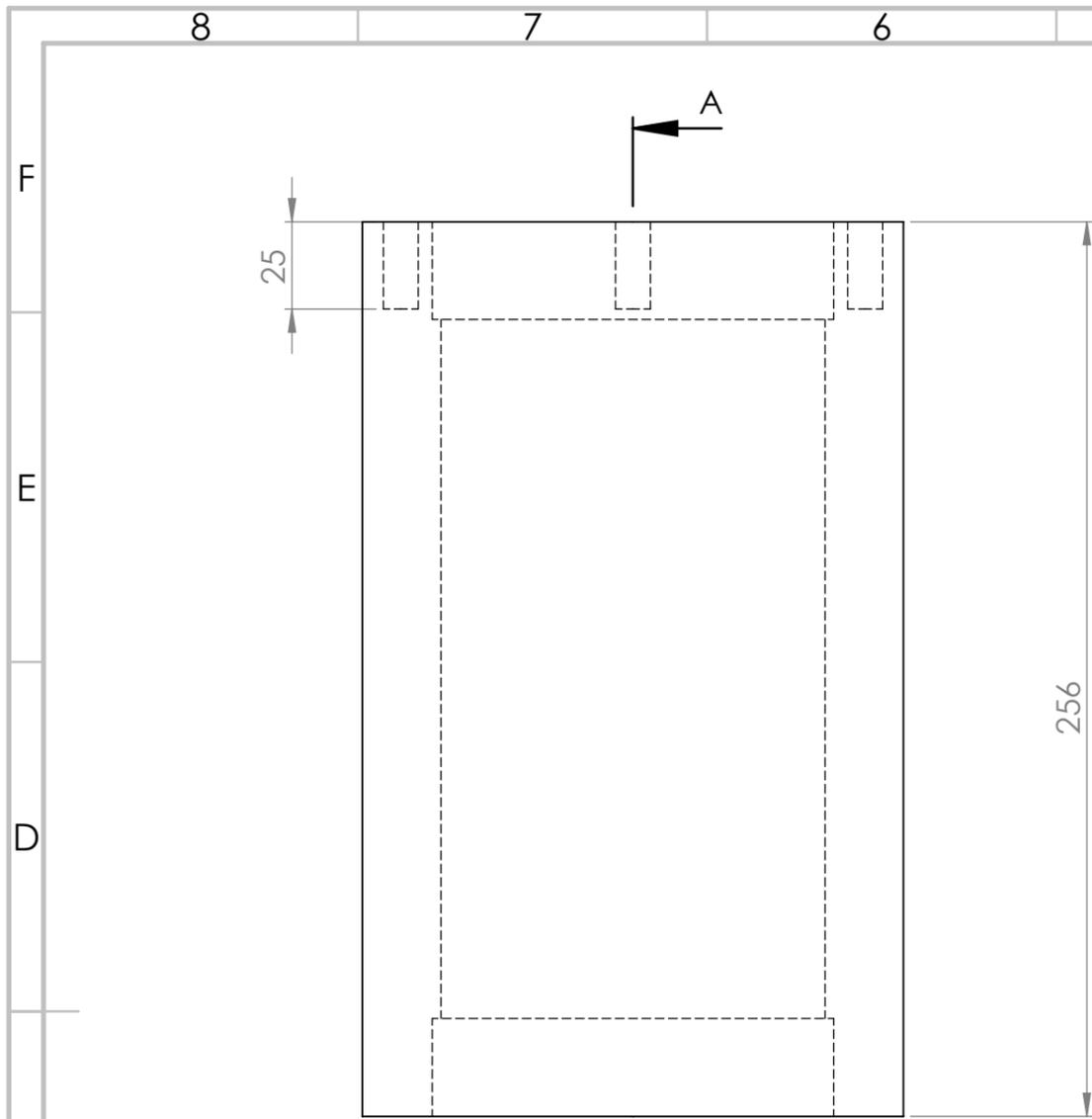


1	1	Tapa rodamiento superior		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

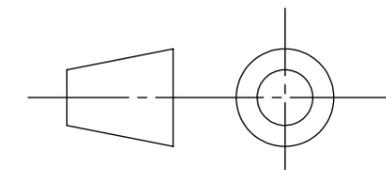
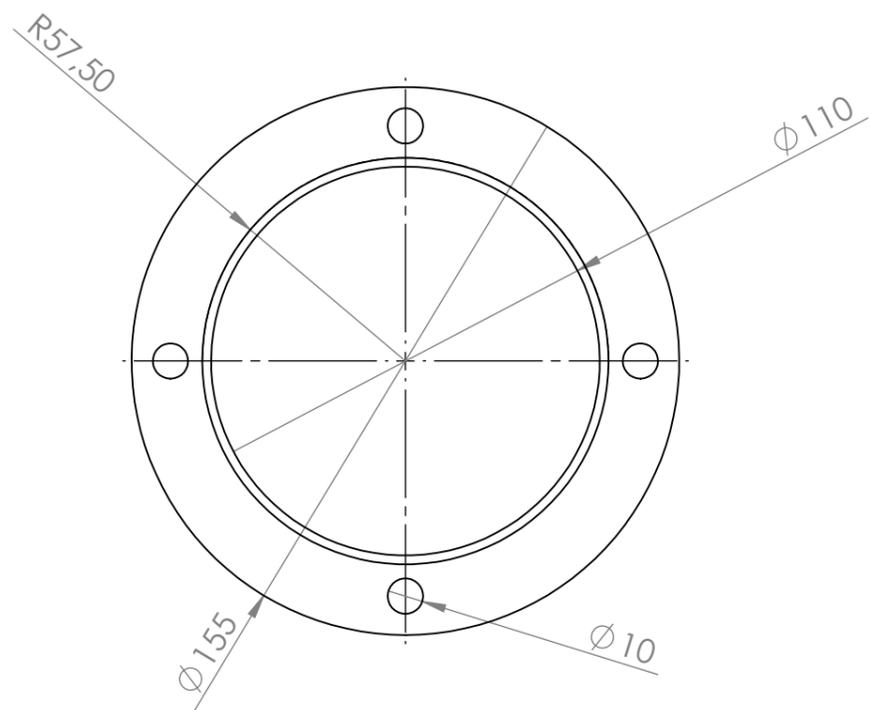
PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

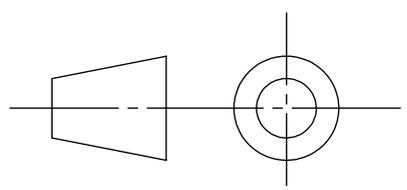
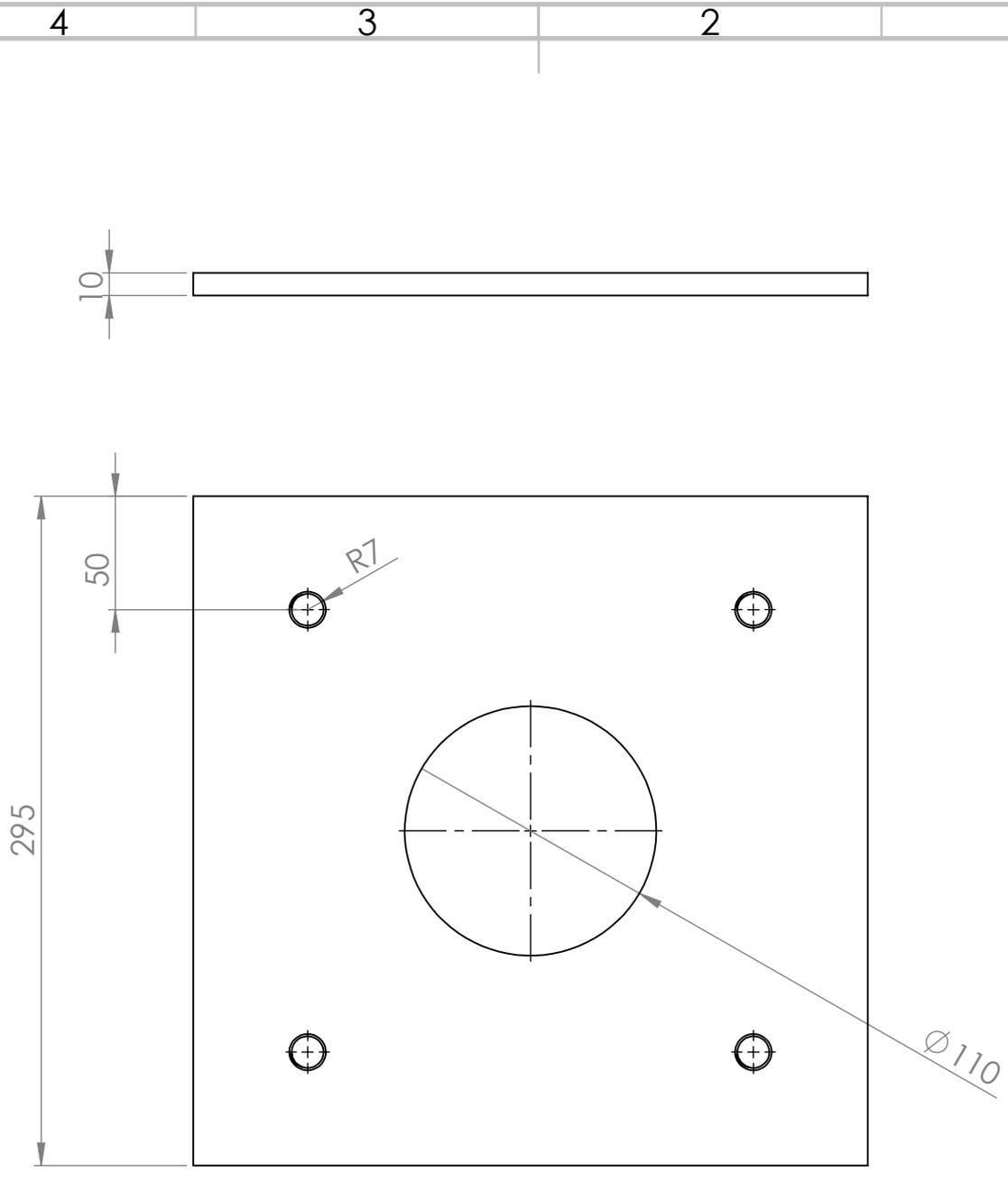
ESCALA: 1:2	TITULO DEL PLANO TAPA RODAMIENTO SUPERIOR	Nº P.: 1.06.01 Nom.Arch:
-----------------------	--	---------------------------------------



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2



4	1	Tubo exterior concéntrico		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material
PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS				
Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO		
Id. s. normas		HDEZ DORTA		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO		Nº P. :	
1:2	TUBO EXTERIOR CONCÉNTRICO		1.06.04	
			Nom.Arch:	



5	1	Placa de la base		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

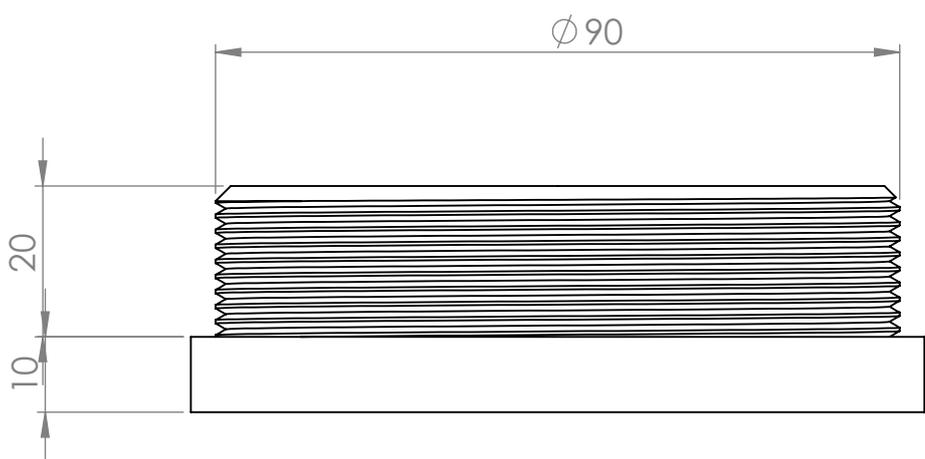
Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO		
Id. s. normas		HDEZ DORTA		
		UNE-EN-DIN		

ESCALA: 1:3	TITULO DEL PLANO PLACA DE LA BASE	Nº P. : 1.06.05 Nom.Arch:
-----------------------	--	--

4 3 2 1

F

F

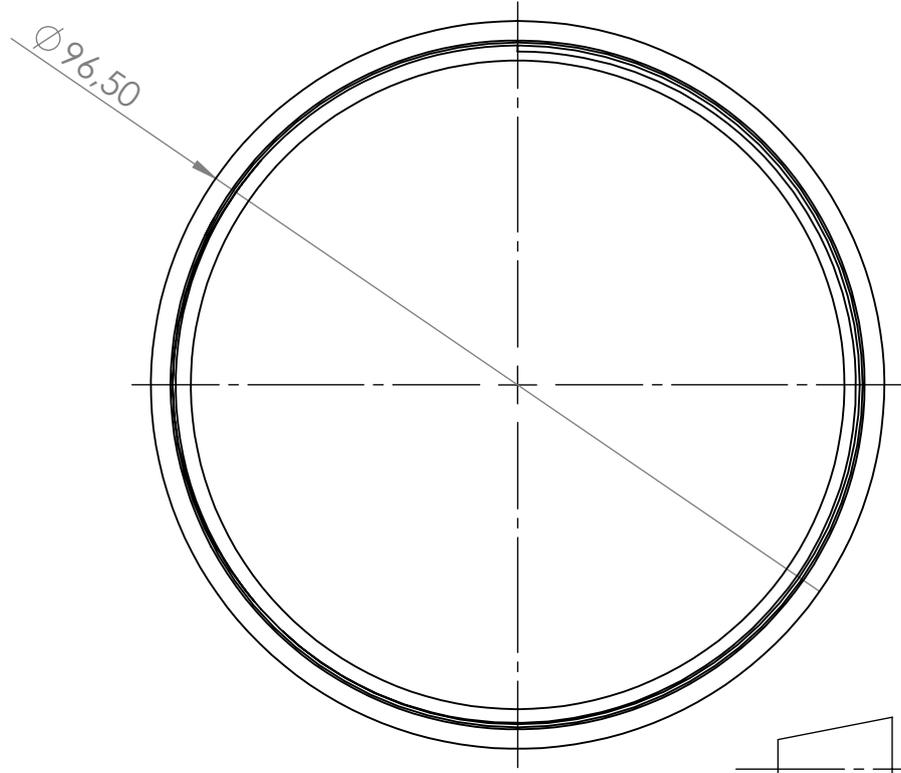


E

E

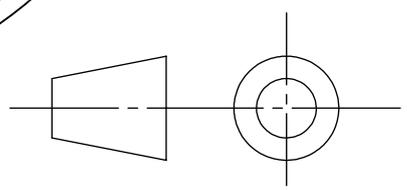
D

D



C

C



B

B

9	1	Tapa rodamiento inferior		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

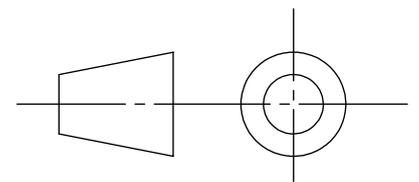
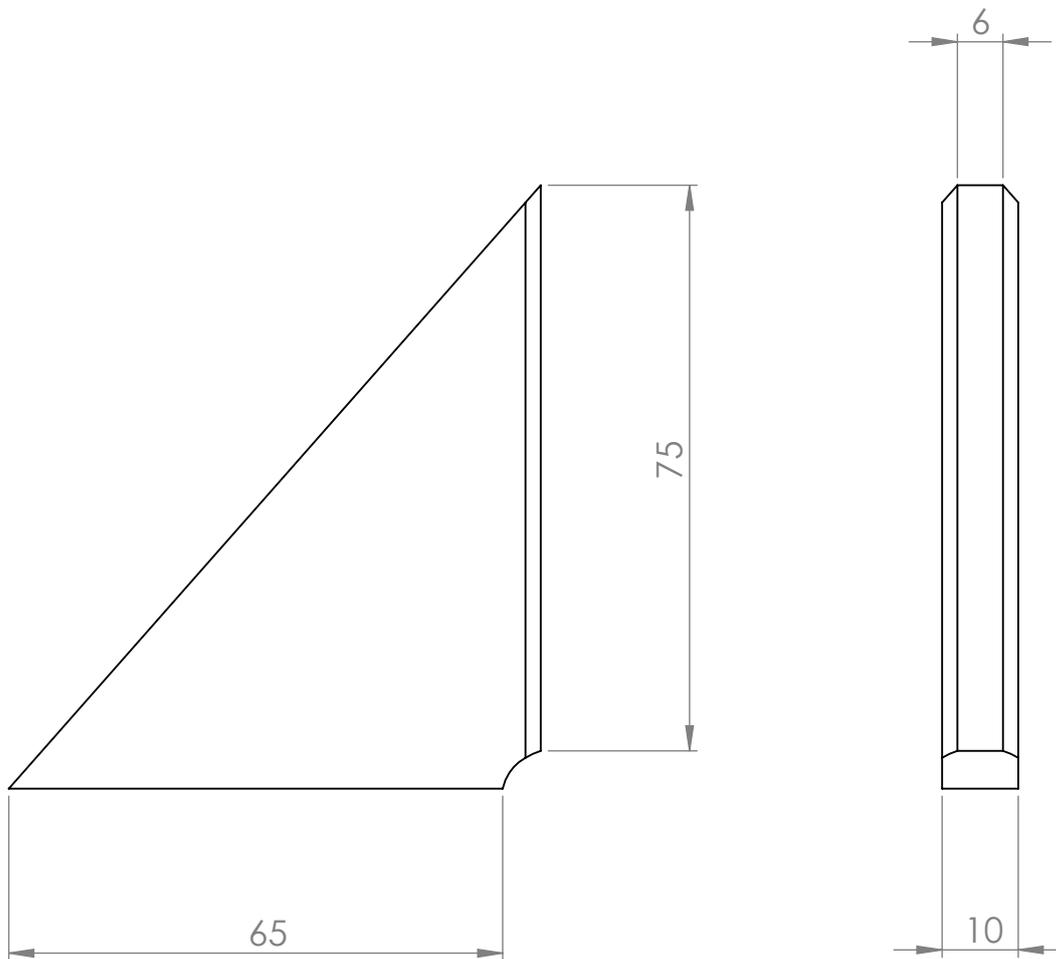
A

A

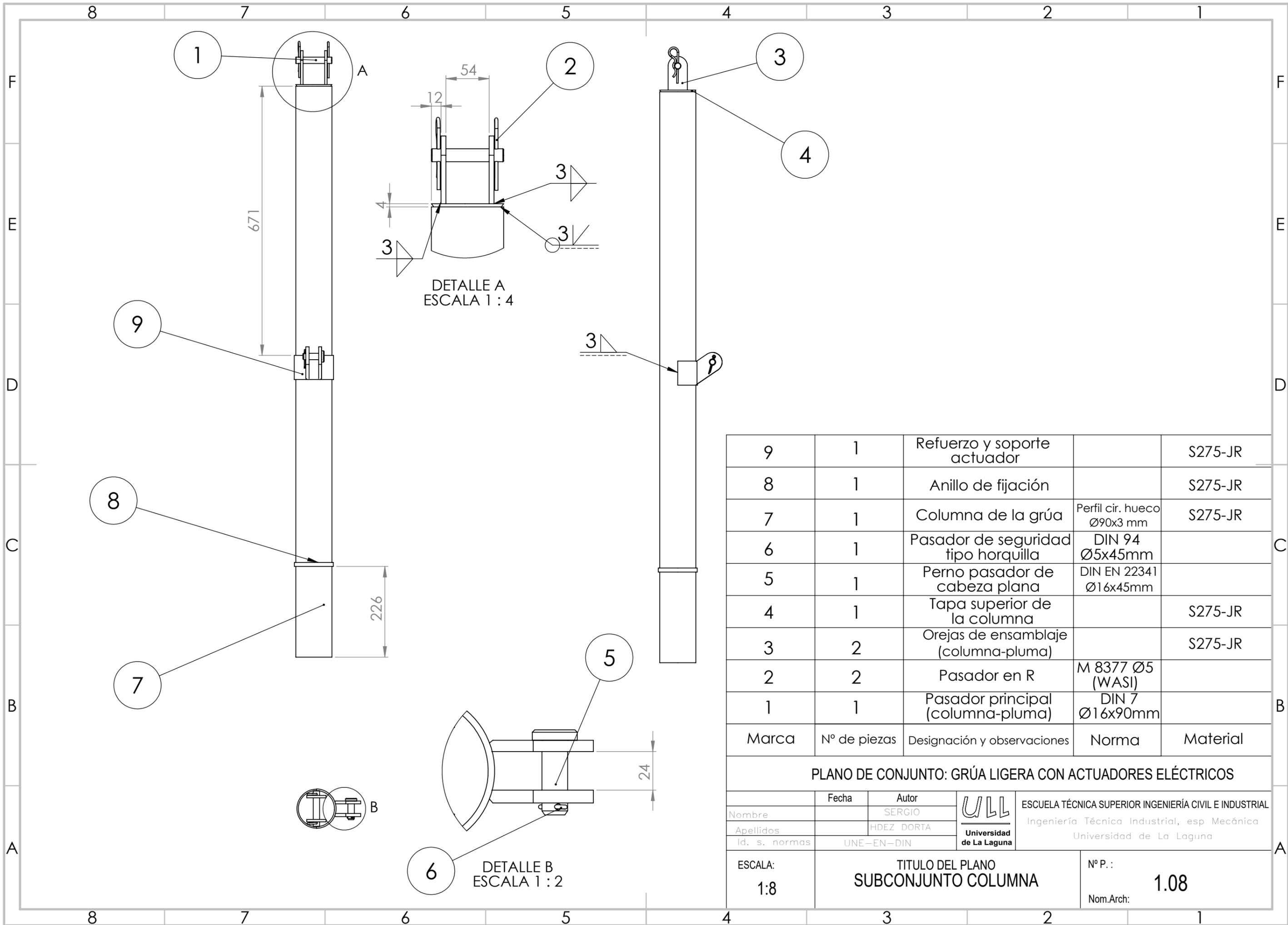
Nombre	Fecha	Autor	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	

ESCALA: 1:1	TITULO DEL PLANO TAPA RODAMIENTO INFERIOR	Nº P. : 1.06.09 Nom.Arch:
----------------	---	---------------------------------

4 3 2 1



10	4	Cartela metálica		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material
PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS				
Nombre	Fecha	Autor	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna	
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 1:1	TITULO DEL PLANO CARTELA METÁLICA		Nº P. : 1.06.10	
			Nom.Arch:	

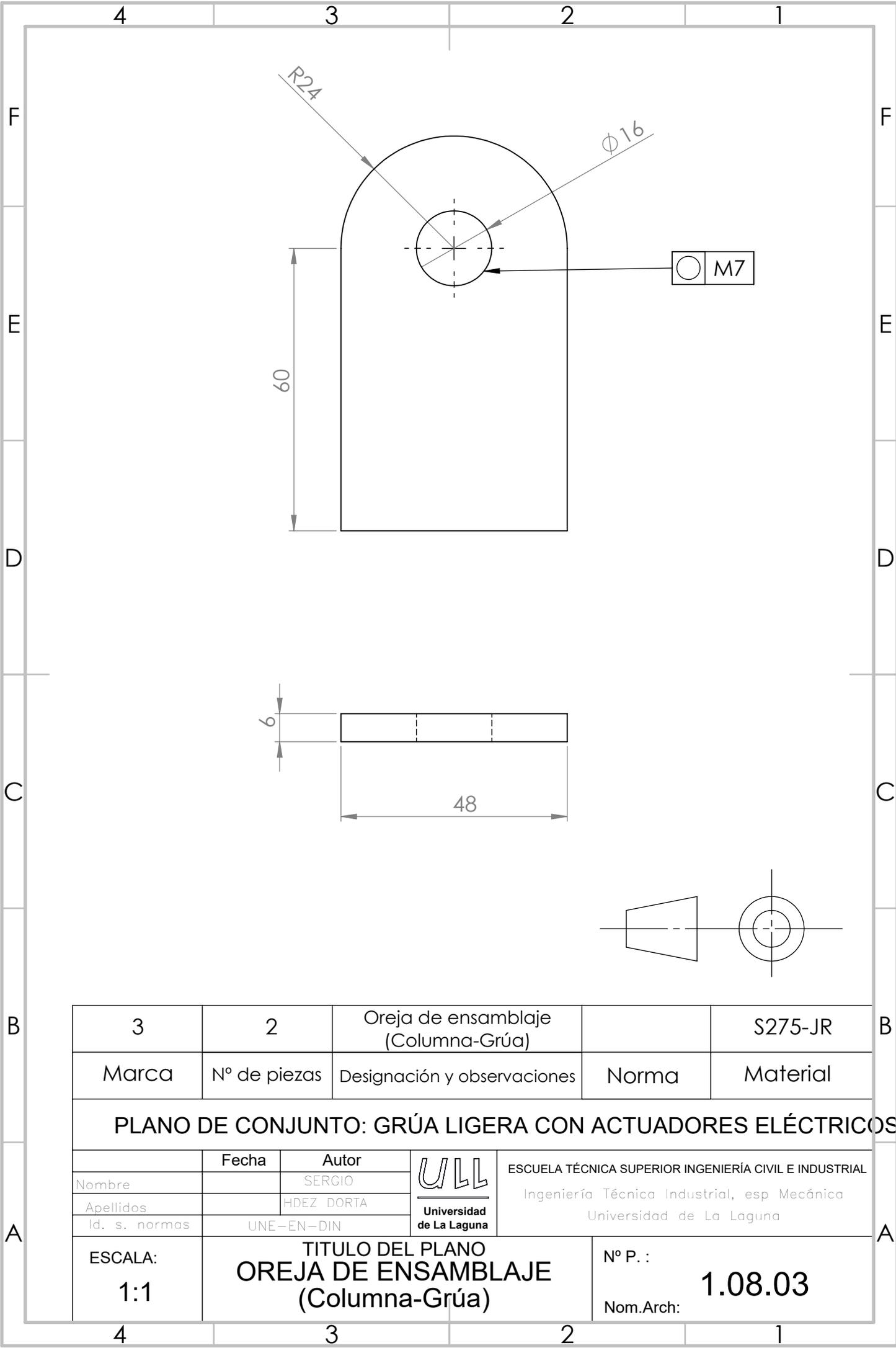


9	1	Refuerzo y soporte actuador		S275-JR
8	1	Anillo de fijación		S275-JR
7	1	Columna de la grúa	Perfil cir. hueco Ø90x3 mm	S275-JR
6	1	Pasador de seguridad tipo horquilla	DIN 94 Ø5x45mm	
5	1	Perno pasador de cabeza plana	DIN EN 22341 Ø16x45mm	
4	1	Tapa superior de la columna		S275-JR
3	2	Orejas de ensamblaje (columna-pluma)		S275-JR
2	2	Pasador en R	M 8377 Ø5 (WASI)	
1	1	Pasador principal (columna-pluma)	DIN 7 Ø16x90mm	
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	
		Universidad de La Laguna	

ESCALA: 1:8	TITULO DEL PLANO SUBCONJUNTO COLUMNA	Nº P.: 1.08
		Nom.Arch:

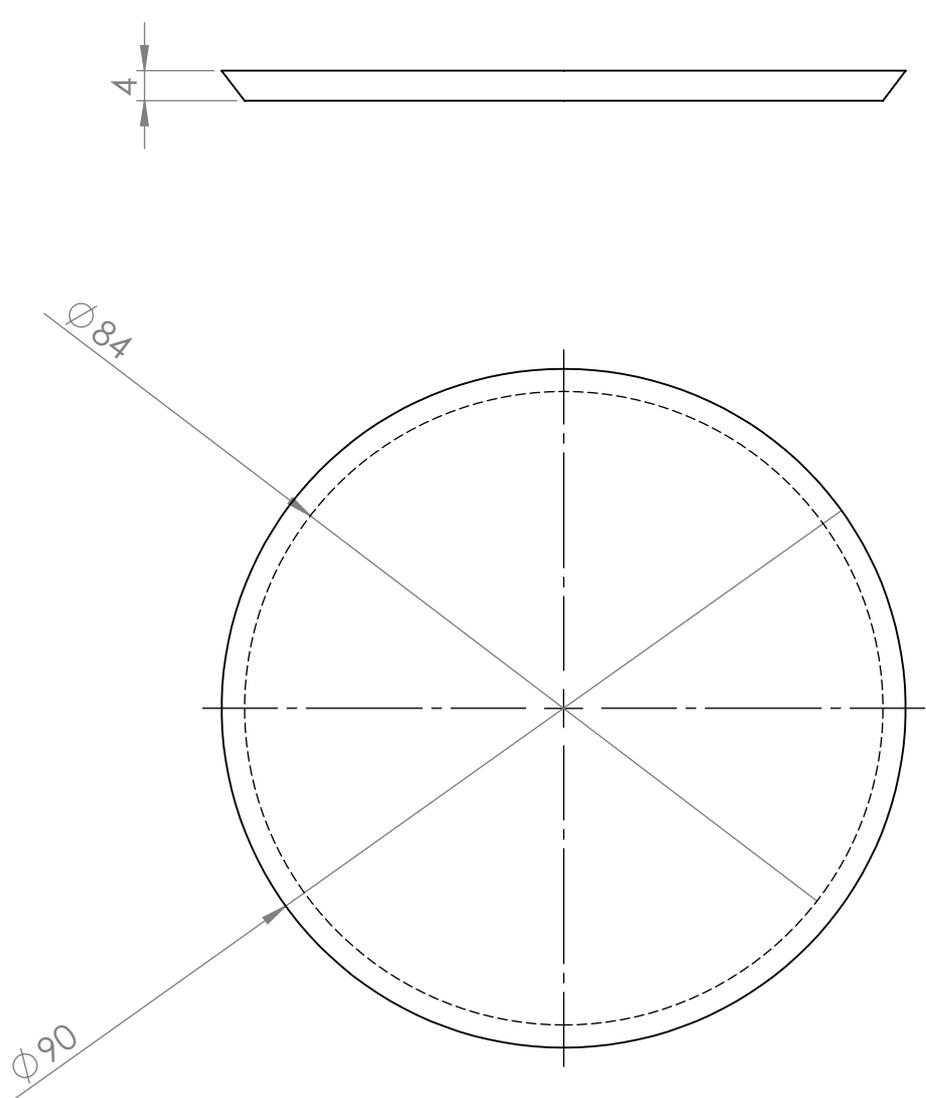


3	2	Oreja de ensamblaje (Columna-Grúa)		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

	Fecha	Autor	 ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		SERGIO	
Apellidos		HDEZ DORTA	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		

ESCALA: 1:1	TITULO DEL PLANO OREJA DE ENSAMBLAJE (Columna-Grúa)	Nº P. : 1.08.03
		Nom.Arch:

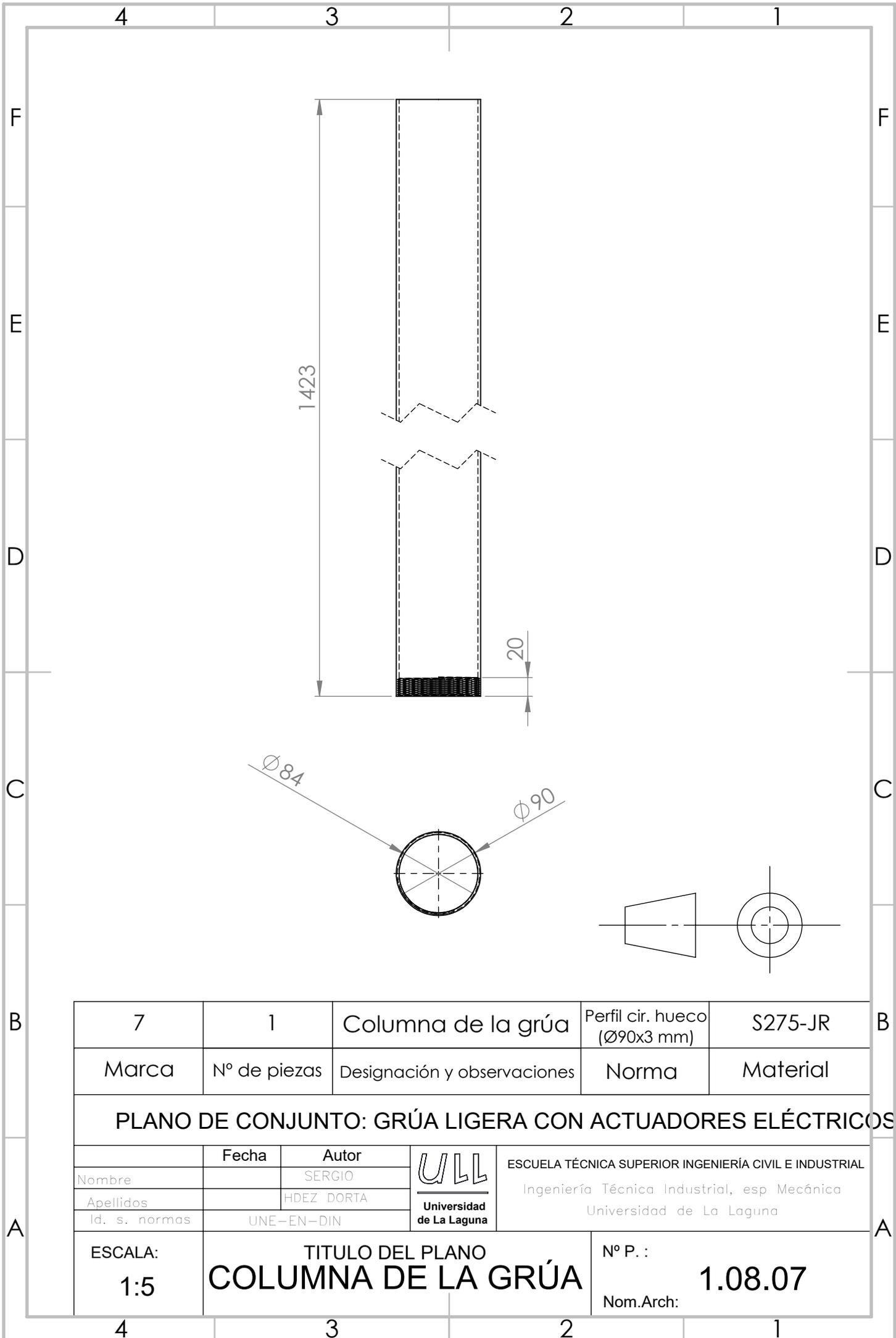


4	1	Tapa superior de la columna		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

ESCALA: 1:1	TITULO DEL PLANO TAPA SUPERIOR DE LA COLUMNA	Nº P. : 1.08.04 Nom.Arch:
-----------------------	---	--

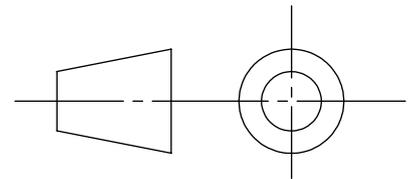
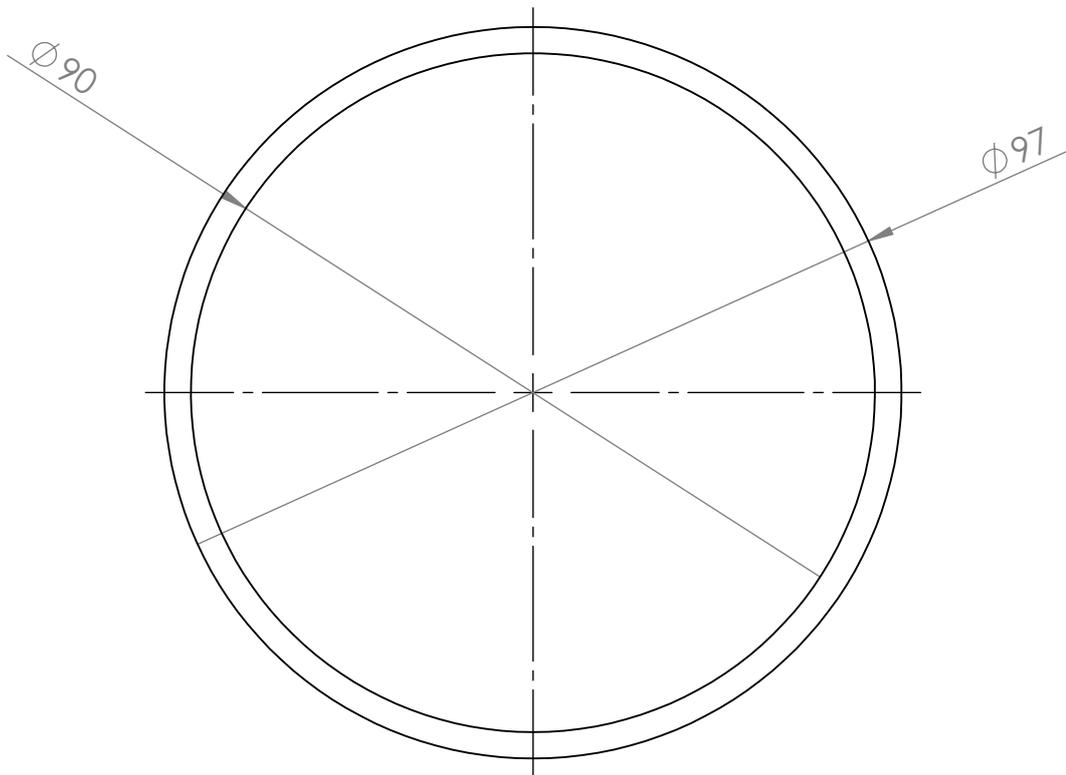
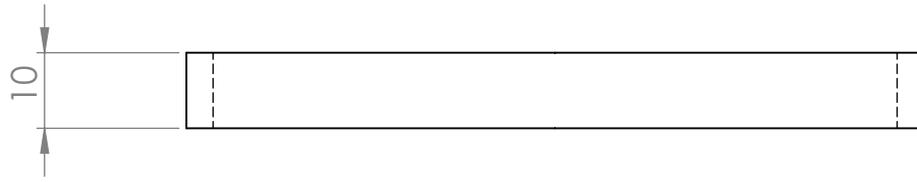


7	1	Columna de la grúa	Perfil cir. hueco (Ø90x3 mm)	S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO		
Id. s. normas		HDEZ DORTA		
		UNE-EN-DIN		

ESCALA: 1:5	TITULO DEL PLANO COLUMNA DE LA GRÚA	Nº P. : 1.08.07
		Nom.Arch:

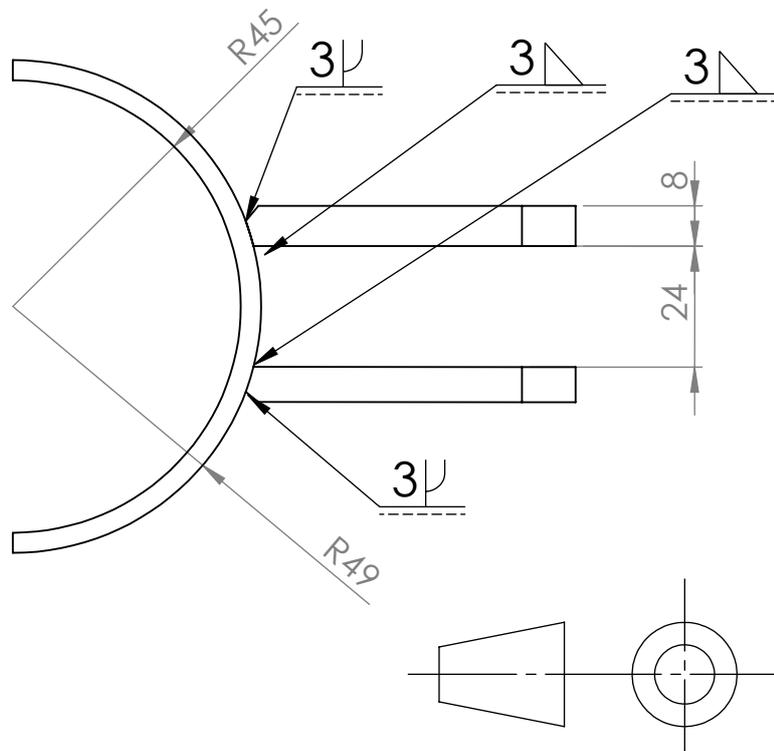
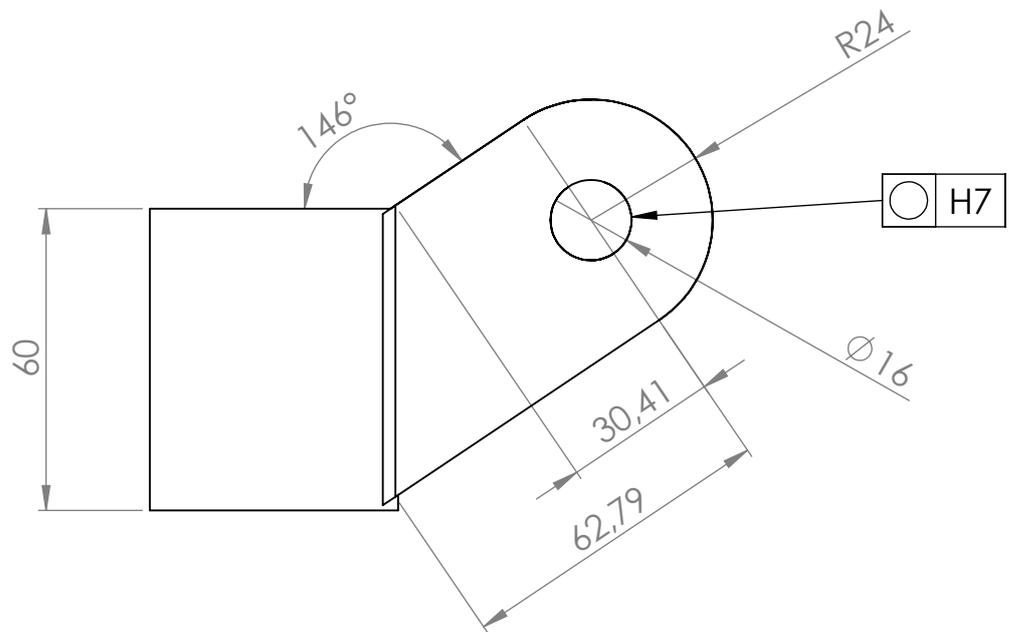


8	1	Anillo de fijación		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: SUBCONJUNTO PLUMA

Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TECNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Tecnica Industrial, esp Mecanica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

ESCALA: 1:1	TITULO DEL PLANO ANILLO DE FIJACIÓN	Nº P. : 1.08.08
		Nom.Arch:



8	1	Refuerzo y soporte actuador		S275-JR
Marca	Nº de piezas	Designación y observaciones	Norma	Material

PLANO DE CONJUNTO: GRÚA LIGERA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Ingeniería Técnica Industrial, esp Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		SERGIO HDEZ DORTA		
Id. s. normas		UNE-EN-DIN		

ESCALA: 1:1.5	TITULO DEL PLANO REFUERZO Y SOPORTE ACTUADOR	Nº P. : 1.08.08 Nom.Arch:
-------------------------	---	--

ULL

Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

**GRÚA LIGERA PARA FURGONETA ABIERTA
CON ACTUADORES ELÉCTRICOS**

PLIEGO DE CONDICIONES

Autor: Sergio Hernández Dorta

Tutor: Andrés Muñoz de Dios Rodríguez

Septiembre 2017

ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1 INTRODUCCIÓN.....	112
4.2 CONDICIONES GENERALES.....	113
4.2.1 Condiciones de uso general.....	113
4.3 CONDICIONES TÉCNICAS.....	114
4.3.1 Materiales.....	114
4.3.2 Acabado superficial y soldadura.....	114
4.3.3 Mantenimiento.....	114
4.4 ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL PROYECTO.....	115
4.4.1 Tratamiento anticorrosivo.....	115
4.4.2 Elementos constitutivos del proyecto.....	118
4.5 LIMITACIONES EN LOS SUMINISTROS.....	121

4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1 INTRODUCCIÓN

El presente pliego de condiciones se refiere al diseño y fabricación de una grúa ligera para una furgoneta con carrocería tipo abierta, que será dotada de movimiento mediante actuadores eléctricos.

Tiene como misión definir las condiciones técnicas, económicas, administrativas y legales para un correcto desarrollo del proyecto, evitando posibles interpretaciones diferentes a las deseadas.

4.2 CONDICIONES GENERALES

Todos los montajes y procesos comprendidos en este Proyecto se ejecutarán de acuerdo a lo especificado en los Planos y en este Pliego de Condiciones y siguiendo las indicaciones del proyectista, quien resolverá las cuestiones que puedan plantearse en la interpretación de aquellos y en las condiciones y detalles de la ejecución.

Como norma general este proyecto se guiará por las indicaciones establecidas en la norma UNE 157001: "Criterios para la elaboración de proyectos". Además, cada documento básico podrá regirse por una normativa independiente que defina y normalice su ejecución.

Por otro lado, se considerarán las especificaciones técnicas y recomendaciones de montaje aportadas por el fabricante, para todas las piezas comerciales que formaran parte de este proyecto. Así mismo, se procederá de idéntico modo con los elementos normalizados.

4.2.1 Condiciones de uso general

La grúa diseñada y calculada en este proyecto cumplirá la función de elevar y descender cargas no superiores a 200 kg, con una altura máxima de 1,80 m y una anchura máxima de 0,80 m. Estas especificaciones serán de obligado cumplimiento para poder manipular con éxito y de manera segura la grúa.

Para dotar de movimiento a esta grúa se emplearán dos actuadores eléctricos cuyos motores tendrán una potencia de 710 W y 370 W respectivamente. Potencia que se conseguirá con la batería que trae de fábrica la grúa.

Se prohíbe expresamente el funcionamiento simultáneo de los motores de los actuadores. Para ello cada actuador vendrá provisto de unidades de mando marcha/paro. A fin de que las batería no se descargue y poder desempeñar de manera exitosa las operaciones con este aparato, es imprescindible el funcionamiento continuo del motor.

4.3 CONDICIONES TÉCNICAS

4.3.1 Materiales

En este proyecto se concentran diversos materiales. Tanto las piezas comerciales (cabrestante, gancho, actuador eléctrico lineal,..) como las normalizadas (tornillería, pasadores,...) deberán cumplir con sus especificaciones técnicas y de calidad.

Para los elementos estructurales, es decir, el resto de los elementos, se utilizó acero estructural S275-JR, debido a sus buenas propiedades mecánicas; resistencia media, buena tenacidad, fácil conformado, etc. Por descontado este material también deberá cumplir con sus especificaciones técnicas y de calidad.

4.3.2 Acabado superficial y soldadura

Tanto los acabados superficiales como las soldaduras a realizar serán los indicados en los planos mediante su mecanizado y método de soldadura correspondiente.

De esta manera, las zonas de soldadura deberán quedar sin rebabas o aristas vivas para evitar posibles daños en la manipulación de los elementos soldados.

Así mismo, el acabado superficial en las piezas mecanizadas, como soportes o elementos de la estructura de la base, deberá ser el adecuado para el seguro y correcto funcionamiento de la grúa.

4.3.3 Mantenimiento

Será necesaria la realización de un mantenimiento preventivo periódico para conservar el correcto funcionamiento y buen estado de los elementos del mecanismo. El encargado de realizar dicha labor será el usuario, bien mediante sus propios medios o bien mediante la contratación de un tercero que se encargue de esta tarea.

En este mecanismo en concreto los elementos que precisarán de un mayor mantenimiento serán los motores eléctricos y los rodamientos de la base, aunque estos últimos en menor medida, ya que no se tratarán de rodamientos que giren a altas revoluciones.

En cuanto a los motores eléctricos de los actuadores, el mantenimiento a llevar a cabo es igual de importante que la calidad del mismo. Mediante un mantenimiento preventivo, es decir, realizando una inspección interna del equipo para detectar signos de corrosión, desgaste, sobrecalentamiento, roturas, fugas, partes faltantes, etc. y sustituyendo las partes que estén en mal estado o previniendo un cambio futuro, así como, una adecuada lubricación y engrase, se podrá evitar un mantenimiento correctivo; la habitual reparación urgente tras una avería que obligará a detener el equipo o máquina dañado.

4.4 ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL PROYECTO

En este apartado quedará reflejado un listado completo de todos los materiales que serán utilizados en la fabricación del proyecto, así como las calidades mínimas de cada uno de los elementos constitutivos del mismo. También se tendrán en cuenta, si fuera necesario, aspectos como: pruebas y ensayos a los que deben someterse, dentro de los cuales habría que indicar norma según la cual se realizan, las condiciones de realización y los resultados mínimos a obtener.

4.4.1 Tratamiento anticorrosivo

A fin de que la estructura de la grúa y los elementos vinculados mantengan sus propiedades físicas intactas se aplicará un tratamiento anticorrosivo. Para ello primero hay que tener en cuenta el ambiente donde va a trabajar la grúa, la durabilidad del tratamiento escogido y la preparación del acero antes de la aplicación de pinturas y productos relacionados. Dicho tratamiento se aplicará a todos los elementos susceptibles de corrosión y de relativa importancia que estén fabricados en acero S275-JR.

Para determinar el tratamiento correcto se va a consultar el catálogo de la marca HEMPEL: Directrices para la protección anticorrosiva del acero y superficies metálicas con recubrimientos según la Norma ISO 12944 (UNE-EN ISO 12944)

La norma ISO 8501-1 identifica cuatro condiciones iniciales para acero. En este proyecto se va a suponer que los materiales estarán en condiciones aceptables. Por lo que se va a suponer una superficie de acero que ha iniciado su corrosión y de la que ha empezado a desprenderse la cascarilla de laminación (El grado B es normalmente el estado de una superficie de acero laminado en caliente después de haber permanecido expuesta a la intemperie, sin protección, en una atmósfera medianamente corrosiva, durante 2 ó 3 meses).

Es por ello que hay que realizar una preparación previa del material antes de su preparación. En la tabla siguiente extraída del catálogo mencionado anteriormente, se pueden observar los diferentes grados de preparación primaria:

A. Grados de una superficie de acuerdo con la norma ISO 8501-1 (UNE-EN ISO 8501-1)

Grados estándar de preparación primaria de superficie de superficie con métodos de chorreado abrasivo	
Sa 3	Eliminar la totalidad del óxido visible, cascarilla de laminación, pintura vieja y cualquier materia extraña. Limpieza por chorreado hasta metal blanco . El chorro se pasa sobre la superficie durante el tiempo necesario para eliminar la totalidad de la cascarilla de laminación, herrumbre y materias extrañas. Finalmente, la superficie se limpia con un aspirador, aire comprimido limpio y seco o con un cepillo limpio, para eliminar los residuos de polvo de abrasivo. Debe entonces quedar con un color metálico uniforme.
Sa 2^{1/2}	Chorreado abrasivo hasta metal casi blanco , a fin de conseguir que por lo menos el 95% de cada porción de la superficie total quede libre de cualquier residuo visible. Chorreado muy cuidadoso. El chorro se mantiene sobre la superficie el tiempo necesario para asegurar que la cascarilla de laminación, herrumbre y materias extrañas son eliminados de tal forma que cualquier residuo aparezca sólo como ligeras sombras o manchas en la superficie. Finalmente, se elimina el polvo de abrasivo con un aspirador, con aire comprimido limpio y seco o con un cepillo limpio.
Sa 2	Chorreado hasta que al menos los 2/3 de cualquier porción de la superficie total estén libres de todo residuo visible. Chorreado cuidadoso. El chorro se pasa sobre la superficie durante el tiempo suficiente para eliminar la casi totalidad de cascarilla de laminación, herrumbre y materias extrañas. Finalmente, se elimina el polvo de abrasivo con un aspirador, con aire comprimido limpio y seco o con un cepillo limpio. La superficie debe quedar de color grisáceo.
Sa 1	Chorreado ligero. Se elimina la capa suelta de laminación, el óxido suelto y las partículas extrañas sueltas.

Suponiendo que las condiciones del material son las mencionadas anteriormente. Se puede determinar que un grado Sa2 será suficiente para dejar la superficie de las piezas listas para su tratamiento anticorrosivo. Si la superficie no quedará como se especifica en este grado se aplicará el grado siguiente Sa2^{1/2}.

Seguidamente hay que tener en cuenta el ambiente en el que va a trabajar la grúa. Teniendo en cuenta que la localización del proyecto es en una isla y atendiendo a la siguiente tabla:

Categorías de corrosión atmosférica de acuerdo con la norma ISO 12944:

Categoría de corrosión	Ejemplos de ambiente		Sistemas de pinturas Hempel
	Exterior	Interior	
C1 Muy baja	-	Edificios con calefacción con una atmósfera limpia, tales como oficinas, tiendas, escuelas, hoteles.	Página 24 - 25
C2 baja	Atmósfera contaminada en una pequeña parte, principalmente en las regiones rurales.	Edificios sin calefacción, donde se puede producir condensación, por ejemplo almacenes, salas deportivas.	Página 24 - 25
C3 media	Ambientes industriales y urbanos con un nivel medio de contaminación de dióxido de azufre. Áreas industriales y áreas costeras de baja salinidad.	Espacio de producción de alta humedad y de la contaminación del aire, por ejemplo plantas de alimentos, lavanderías, fábricas de cerveza, industrias lácteas.	Página 26 - 27
C4 alta	Las zonas industriales y zonas costeras de media salinidad.	Plantas químicas, piscinas, astilleros de reparación de barcos.	Página 28 - 29
C5-I Muy alta (industrial)	Áreas industriales de alta humedad y ambiente agresivo.	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación.	Página 30 - 31
C5-M Muy alta (marina)	Zonas de tierra (inshore) y marítimas (offshore) de alta salinidad.	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación.	Página 32 - 33

Se puede determinar una categoría de corrosión C4: corrosión alta. Teniendo en cuenta esto y que se solicitará una durabilidad MEDIA-M que en el catálogo corresponde a entre 5 y 15 años hasta que es necesario realizar el mantenimiento del sistema por primera vez, es posible determinar el tratamiento anticorrosivo adecuado. Atendiendo a la siguiente tabla se seleccionará el siguiente procedimiento:

Vida estimada	Número de Sistema	Tipo de Pintura	Sistema de Pintura Hempel	Espesor (micras)
5 - 15 Años	1	BD Epoxy	2x HEMPADUR 45880/1	180
		BD Poliuretano	1x HEMPATHANE HS 55610	60
		Espesor total		240 micras
	2	BA Epoxy	2x HEMUDUR 18500	180
		BA Poliuretano	1x HEMUTHANE ENAMEL 58510	60
		Espesor total		240 micras
	3	BD Epoxy Zinc	1x HEMPADUR ZINC 17360	60
		BD Epoxy	1x HEMPADUR 45880/1	80
		BD Poliuretano	1x HEMPATHANE HS 55610	60
		Espesor total		200 micras
	4	BA Epoxy Zinc	1x HEMUDUR ZINC 18560	60
		BD Epoxy	1x HEMUDUR 18500	80
BD Poliuretano		1x HEMUTHANE ENAMEL 58510	60	
Espesor total		200 micras		

Cualquiera de los cuatro tratamientos será adecuado por lo que se escogerá el tratamiento número 3.

4.4.2 Elementos constitutivos del proyecto

A continuación se mostrará una tabla con los elementos de la grúa numerados atendiendo a los planos, determinando unidades a fabricar y calidades mínimas de los materiales:

Nº de pieza	Denominación o norma	Unidades a fabricar	Material
1.01.01	Cabrestante Motorbox 300 kg (marca CFB)	1	Designado por el fabricante
1.01.03	Tuerca hexagonal DIN 934	4	Acero calidad 8.8
1.01.04	Arandela chaflanado interno DIN 125-2	4	Acero calidad 8.8
1.01.05	Tornillo cabeza hexagonal DIN 933	4	INOX A2
1.02	Subconjunto pluma	1	Acero S275-JR
1.02.01	Refuerzo y soporte para actuador	1	Acero S275-JR
1.02.01.01	Pasador de seguridad tipo horquilla DIN 94	1	
1.02.01.02	Perno de pasador de cabeza plana DIN EN 22341	1	
1.02.02	Placa de ensamblaje para polea	2	Acero S275-JR

1.02.03	Pluma de la grúa	1	Acero S275-JR
1.02.04	Placa de apoyo para el cabrestante	2	Acero S275-Jr
1.03	Cable del cabrestante	1	Designado por el fabricante
1.04	Subconjunto polea	1	Varios
1.04.02	Tuerca hexagonal DIN 934	1	Acero calidad 8.8
1.04.03	Arandela DIN 6916	1	Acero calidad 8.8
1.04.04	Tornillo cabeza hexagonal DIN 933	1	INOX A2
1.04.05	Polea 25358 (Marca DOCO)	1	Hierro fundido
1.05	Gancho Serie nº 342-2 (Marca L'Etoile)	1	Consultar fabricante
1.05.01	Guardacabos	1	Acero dulce electro galvanizado
1.05.02	Casquillo 13411-3 (Marca ZEN)	1	Aluminio
1.06	Estructura de la base	1	Varios
1.06.01	Tapa rodamiento superior	1	Acero S275-JR
1.06.02	Tornillo cab. Cilíndrica con hueco hexagonal DIN 912	4	Acero calidad 8.8

1.06.03	Rodamiento 1 hilera de bolas 61818-2RZ (Marca SKF)	2	Consultar catálogo SKF (distintos materiales)
1.06.04	Tubo exterior concéntrico	1	Acero S275-JR
1.06.05	Placa de la base	1	Acero S275-JR
1.06.06	Tornillo cabeza hexagonal DIN 933	4	Acero calidad 8.8
1.06.07	Tuerca hexagonal DIN 934	4	Acero calidad 8.8
1.06.08	Arandela plana sin bisel DIN 125-A	4	Acero calidad 8.8
1.06.09	Tapa rodamiento inferior	1	Acero S275-JR
1.06.10	Cartela metálica	4	Acero S275-JR
1.07	Actuador lineal eléctrico CAHM-3520-LS400-A2 (Marca SKF)	1	Consultar catálogo SKF (distintos materiales)
1.08	Subconjunto columna grúa	1	Acero S275-JR
1.08.01	Pasador principal DIN 7	1	
1.08.02	Pasador en R M 8377 (marca WASI)	2	
1.08.03	Orejas de ensamblaje	2	Acero S275-JR
1.08.04	Tapa superior de la columna	1	Acero S275-JR
1.08.05	Perno pasador de cabeza plana DIN EN 22341	2	

1.08.06	Pasador de seguridad tipo horquilla DIN 94	1	
1.08.07	Columna de la grúa	1	Acero S275-JR
1.08.08	Anillo de fijación	1	Acero S275-JR
1.08.09	Refuerzo y soporte del actuador	1	Acero S275-JR

4.5 LIMITACIONES EN LOS SUMINISTROS

Todas las piezas y su ensamblado y montaje correrán a cargo de la persona contratada para realizar el proyecto, pudiendo subcontratar partes del proyecto determinadas para una ejecución más especializada de la misma. El presupuesto aproximado será aceptado antes de iniciar cualquier gestión.

Una vez entregado el producto completo y en perfecto estado de funcionamiento y tras un periodo de garantía estipulado de un año, el cliente será responsable de cualquier desperfecto que pueda surgir.

En cuanto a las piezas de repuesto necesarias en caso de avería, si el producto se encuentra en periodo de garantía la persona contratada se encargará de todas las gestiones, en caso contrario, se facilitará al cliente la información de todas las piezas y se realizará el montaje, si el cliente lo desea, fijando un precio fijando un precio de 20 euros la hora por mano de obra.



Universidad
de La Laguna

Escuela Superior de
Ingeniería y Tecnología
Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

GRÚA LIGERA PARA FURGONETA ABIERTA CON ACTUADORES ELÉCTRICOS

ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Autor: Sergio Hernández Dorta

Tutor: Andrés Muñoz de Dios Rodríguez

Septiembre 2017

ÍNDICE DEL ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO

5. ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO

5.1 ESTADO DE MEDICIONES.....	126
Capítulo 1: Listado de materiales.....	126
Capítulo 2: Mecanizado de piezas.....	129
Capítulo 3: Montaje y soldadura.....	131
Capítulo 4: Parte eléctrica.....	133
5.2 PRESUPUESTO.....	134

5.1 ESTADO DE MEDICIONES

Este documento básico tiene por objetivo definir o determinar las unidades de cada partida o unidad de obra que constituyen la totalidad del proyecto, definiendo las características, modelos, tipos y dimensiones de cada elemento del proyecto o partida de obra.

Para ello, se dividirá en distintos apartados o capítulos, correspondientes a las partes más relevantes del proyecto.

✓ Capítulo 1: Listado de piezas.

Listado detallado de las piezas que formarán parte del proyecto, así como las medidas y unidades a fabricar. Al igual que en el pliego de condiciones la numeración se basará en la establecida en los planos.

Nº de pieza	Denominación o norma	Unidades a fabricar	Medidas (mm)
1.01.01	Cabrestante Motorbox 300 kg (marca CFB)	1	Ancho: 340 Largo: 390 Alto: 205
1.01.03	Tuerca hexagonal DIN 934	4	M12 Paso: 1,75
1.01.04	Arandela chaflanado interno DIN 125-2	4	Ø: 13
1.01.05	Tornillo cabeza hexagonal DIN 933	4	M12 Largo: 30 Paso: 1,75
1.02	Subconjunto pluma	1	Consultar planos
1.02.01	Refuerzo y soporte para actuador	1	Consultar planos

1.02.01.01	Pasador de seguridad tipo horquilla DIN 94	1	Ø: 5 Largo: 50
1.02.01.02	Perno de pasador de cabeza plana DIN EN 22341	1	Ø:18 Largo:50
1.02.02	Placa de ensamblaje para polea	2	Consultar planos
1.02.03	Pluma de la grúa	1	Ancho: 50 Alto: 70 Largo:1210
1.02.04	Placa de apoyo para el cabrestante	2	Consultar planos
1.03	Cable del cabrestante	1	Ø: 5 Long. máx. 16 m
1.04	Subconjunto polea	1	Consultar planos
1.04.02	Tuerca hexagonal DIN 934	1	M22 Paso: 2,50
1.04.03	Arandela DIN 6916	1	Ø: 23
1.04.04	Tornillo cabeza hexagonal DIN 933	1	M22 Largo: 90 Paso: 2,50
1.04.05	Polea 25358 (Marca DOCO)	1	Ø _{ext.} : 140 Ancho: 19
1.05	Gancho Serie nº 342-2 (Marca L'Etoile)	1	Consultar catálogo
1.05.01	Guardacabos	1	Ø: 5
1.05.02	Casquillo 13411-3 (Marca ZEN)	1	Ø del cable: 5

1.06	Estructura de la base	1	Consultar planos
1.06.01	Tapa rodamiento superior	1	Consultar planos
1.06.02	Tornillo cab. Cilíndrica con hueco hexagonal DIN 912	4	M10 Largo: 30
1.06.03	Rodamiento 1 hilera de bolas 61818-2RZ (Marca SKF)	2	Ø: 90
1.06.04	Tubo exterior concéntrico	1	Consultar planos
1.06.05	Placa de la base	1	Lado: 295 Espesor: 10
1.06.06	Tornillo cabeza hexagonal DIN 933	4	M16 Largo: 40 Paso: 2
1.06.07	Tuerca hexagonal DIN 934	4	M 16 Paso 2
1.06.08	Arandela plana sin bisel DIN 125-A	4	Ø: 16
1.06.09	Tapa rodamiento inferior	1	Consultar planos
1.06.10	Cartela metálica	4	Alto: 75 Ancho: 65
1.07	Actuador lineal eléctrico CAHM-3520-LS400-A2 (Marca SKF)	1	Carrera: 400 Consultar catálogo
1.08	Subconjunto columna grúa	1	Consultar planos
1.08.01	Pasador principal DIN 7	1	Ø: 16 Largo: 90

1.08.02	Pasador en R M 8377 (marca WASI)	2	Ø: 4
1.08.03	Orejas de ensamblaje	2	Consultar planos
1.08.04	Tapa superior de la columna	1	Ø _{ext} : 90 Ø _{int} : 86 Espesor: 4
1.08.05	Perno pasador de cabeza plana DIN EN 22341	2	Ø: 16 Largo: 45
1.08.06	Pasador de seguridad tipo horquilla DIN 94	1	Ø: 5 Largo: 45
1.08.07	Columna de la grúa	1	Ø _{ext} : 90 Espesor: 3 Largo: 1423
1.08.08	Anillo de fijación	1	Ø _{ext} : 97 Ø _{int} : 90 Altura: 10
1.08.09	Refuerzo y soporte del actuador	1	Consultar planos

✓ Capítulo 2: Mecanizado de piezas

Se entiende por mecanizado como un proceso que comprende un conjunto de operaciones para dar forma a las piezas mediante eliminación de material. El tiempo de mecanizado va en función de la destreza y experiencia del operario, por lo que en la tabla se muestran sólo tiempos aproximados. En la siguiente tabla se expondrán las piezas que necesitan mecanizado, así como, tolerancias y acabados superficiales de las piezas que fueran necesarias:

Denominación o Nº de marca	Operación	Tiempo aproximado
Placa de apoyo para cabrestante (1.02.04)	Agujeros de Ø: 13 mm para fijar el cabrestante a la pluma	Total: 10 min
Pluma grúa (1.02.03)	Agujeros de Ø: 16 mm para ensamblar el pasador principal Tolerancia de agujero: H7	Total: 5 min
Placa soporte polea (1.02.02)	Pletina de 54 X 170 X 10 mm Agujero de Ø: 22 mm para eje de la polea. Tolerancia de agujero: M7 Rebaje de 6 mm y 60 mm de largo (ver planos)	Pieza 1: 30 min Pieza 2: 30 min
Placa de la base (1.06.05)	Agujeros de Ø: 16 mm para fijar la placa base a la carrocería del camión	Total: 10 min
Tubo exterior concéntrico (1.06.04)	Mecanizado en el interior del tubo. Dos rebajes en los dos extremos del tubo de 28 mm de alto y 2,5 mm de espesor (ver planos)	Total: 1 hora
Tapa rodamiento inferior (1.06.09)	Mecanizado y roscado de 20 mm y paso 2 mm (ver planos)	Total 1 hora
Tapa rodamiento superior (1.06.01)	Mecanizado y agujeros de Ø: 10 mm para fijación del anillo exterior del rodamiento (ver planos)	Total: 1 hora
Columna grúa (1.08.07)	Roscado del interior de la columna de 20 mm y paso 2 (ver planos)	Total: 30 min
Refuerzo, medio tubo circular	Mecanizado	30 min

(1.08.08)	\varnothing_{ext} : 90 mm	
Placas de ensamble para actuador inferior (1.08.08)	Mecanizado, rebaje para soldadura y agujero de \varnothing : 16 mm Tolerancia de agujero M7	Pieza: 1 hora Pieza 2: 1 hora
Refuerzo en forma de C (1.02.01)	Mecanizado Espesor: 4 mm (ver planos)	30 min
Placa de ensamble para actuador superior (1.02.01)	Mecanizado, rebaje para soldadura y agujero de \varnothing : 18 mm Tolerancia del agujero H7	1 hora
Orejas de ensamblaje para pasador principal (1.08.03)	Mecanizado, rebaje para soldadura y agujero de \varnothing : 15 mm Tolerancia del agujero M7	1 hora
Tapa superior columna (1.08.04)	Mecanizado	30 min

Capítulo 3: Montaje y soldadura.

En este capítulo algunas piezas irán soldadas y otras atornilladas o ensambladas. Para la soldadura se necesitará un 1º oficial de soldadura y un ayudante. Al igual que en el otro capítulo el tiempo irá en función de la destreza y experiencia del soldador por lo que los tiempos mostrados en la tabla son tiempos aproximados.

Denominación o norma	Operación	Tiempo aproximado
Estructura base	Inserción de los rodamientos, soldadura del anillo de fijación a la columna, fijación de las dos tapas.	2 horas

Placa base	Soldadura de la estructura base a la placa base y fijación de esta a la carrocería de la furgoneta	3 horas
Conjunto pasador principal	Soldadura de la tapa a la columna y soldadura de las placas base a la tapa de la columna	3 horas
Ensamble de la columna con la pluma	Ensamble del pasador principal para unir la pluma con la columna	1 hora
Subconjunto refuerzo inferior	Soldadura del refuerzo a la columna y de las placas de ensamble al refuerzo	3 horas
Subconjunto refuerzo superior	Soldadura del refuerzo a la pluma y de la placa de ensamble al refuerzo	3 horas
Ensamble del actuador	Ensamble del actuador en sus placas correspondientes con pasadores de cabeza plana	1 hora
Subconjunto polea	Soldadura de las placas de soporte de la polea a la pluma y montaje de la misma	2 horas
Cabrestante	Soldadura de las chapas de apoyo para el cabrestante a la pluma y atornillado del cabrestante a la chapa de apoyo	3 horas
Cable y gancho	Montaje del cable en el cabrestante y montaje del conjunto del gancho	1 hora

Capítulo 4: Parte eléctrica

Denominación o norma	Características	Unidades
Batería de almacenamiento	Tensión: 12V Amperaje: 70 Ah	2
Inversor	Potencia: 1500 W	1
Cables conductores	Conductores de cobre rígido de 2.5 mm ²	2 cables de 2 metros cada uno
Cables conductores	Conductores flexibles de 25 mm ²	2 cables de 2 metros cada uno

5.2 PRESUPUESTO

Se realizará una estimación del coste total del proyecto teniendo en cuenta el orden y la disposición en capítulos del estado de mediciones. Este presupuesto se ejecutará en base únicamente al costo de materiales y de la mano de obra. Su misión es determinar el coste total teniendo en cuenta los gastos generales y el beneficio industrial.

Capítulo 1: Listado de piezas	Precio unitario	Cantidad	Importe
Cabrestante eléctrico Motro box 300 kg	150 €	1	150,00 €
Cable acero inoxidable	3,44 €/m	16 m	55,10 €
Tornillo Cabeza hexagonal DIN 933	0,80 €	4	3,20 €
Tuerca hexagonal DIN 934	0,12 €	4	0,48 €
Arandela chaflanado intennro DIN 125-2	0,02 €	4	0,08 €
Placa de apoyo para cabrestante			
Acero E 275 (A 42b) Estructura soldada	2,09 €/kg	2 kg	4,18 €
Pluma grúa			
Acero E 275 (A 42b) Estructura soldada	2,09 €/kg	8,1 kg	17,00 €
Polea 25358 (marca DOCO)			
Arandela DIN 6916	0,87 €	1	0,87 €
Tuerca hexagonal DIN 934	0,12 €	1	0,12 €
Tornillo Cabeza hexagonal DIN 933	0,80 €	1	0,80 €
Placa soporte polea			
Acero E 275 (A 42b) Estructura soldada	2,09 €/kg	1,3 kg	2,80 €
Gancho Serie nº 342-2 (Marca L'Etoile)	35,88 €	1	50,00 €
Guardacabos para Ø: 5 mm	20,00 €	1	20,00 €
Casquillo 13411-3 (marca ZEN)	3 €	1	3,00 €
Placa base			
Acero E 275 (A 42b) Estructura soldada	2,09 €/kg	6,8 kg	14,22 €
Tornillo Cabeza hexagonal DIN 933	0,80 €	4	3,20 €
Tuerca hexagonal DIN 934	0,12 €	4	0,48 €
Arandela DIN 6916	0,87 €	4	3,48 €
Tubo exterior			
Acero E 275 (A 42b) Estructura mecanizada	2,09 €/kg	37,7 kg	78,80 €
Rodamiento de bolas 61818-2RZ	8,00 €	2	16,00 €
Tapa rodamiento inferior			
Acero E 275 (A 42b) Estructura mecanizada	2,09 €/kg	1,8 kg	3,76 €
Tapa rodamiento superior			
Acero E 275 (A 42b) Estructura mecanizada	2,09 €/kg	3 kg	6,27 €
Columna grúa			
Acero E 275 (A 42b) Estructura soldada	2,09 €/kg	9,1 kg	19,02 €
Refuerzo, mitad de un tubo circular			
Acero E 275 (A 42b) Estructura mecanizada	2,09 €/kg	0,6 kg	1,30 €
Placas de ensamble para actuador			
Acero E 275 (A 42b) Estructura mecanizada	2,09 €/kg	0,7 kg	1,50 €
Pasador inferior ensamble actuador, DIN 1433	2 €	1	2,00 €
Pasador aleta Din 94	1 €	1	1,00 €
Actuador eléctrico CAHM-35 (marca SKF)	1.500 €	1	1.500,00 €
Refuerzo en forma de C			
Acero E 275 (A 42b) Estructura mecanizada	2,09 €/kg	0,6 kg	1,25 €
Placa de ensamble actuador			
Acero E 275 (A 42b) Estructura mecanizada	2,09 €/kg	1 kg	2,09 €
Pasador superior ensamble actuador, DIN 1433	2 €	1	2,00 €
Pasador de aleta DIN 94	1 €	1	1,00 €
Pasador Principal	3 €	1	3,00 €
Placas para ensamble pasador principal			
Acero E 275 (A 42b) Estructura mecanizada	2,09 €/kg	0,5 kg	1,05 €
Tapa superior			
Acero E 275 (A 42b) Estructura mecanizada	2,09 €/kg	0,2 kg	0,50 €

Capítulo 2: Mecanizado	Tiempo total	Precio hora media	Importe
Piezas mecanizadas	10 h 30 min	50 €	525,00 €

Capítulo 3: Montaje y soldadura	Tiempo total	Precio oficial 1º por hora	Precio ayudante por hora	Importe
Mano de obra de las piezas soldadas	22 horas	11,44 €	10,56 €	484 €

Capítulo 4: Parte eléctrica	Precio unitario	Cantidad	Importe	Importe total	
Piezas del circuito					
Batería de 70 Ah	100,00 €	2	200,00 €	312,08 €	
Inversor 1500 W	100,00 €	1	100,00 €		
Conductores de cobre rígido de 2,5 mm ²	0,30 €/metro	4 metros	1,20 €		
Conductores de cobre rígido de 2,5 mm ²	2,72 €/metro	4 metros	10,88 €		
Mano de obra					
	Tiempo total	Precio oficial 1º por hora	Precio oficial 2º por hora	Precio ayudante por hora	Importe
Montaje circuito	3 horas	11,44 €	11,15 €	10,56 €	99,33 €

Ahora sumando los cuatro capítulos se tendrá un costo total de:

Capítulo 1	Capítulo 2	Capítulo 3	Capítulo 4
1.969,55 €	525,00 €	484,00 €	411,41 €

Por último, aplicando un porcentaje de gastos generales del 14 % y un beneficio industrial del 7%, se tendrá un presupuesto por contrata de:

Presupuesto por contrata	
Presupuesto de ejecución material	3.389,96 €
Gastos Generales (%14)	474,59 €
Beneficio industrial (%7)	237,30 €
TOTAL:	4.101,85 €

El presupuesto por contrata finalmente será de 4101,85 €

Lo que supondrá un presupuesto total de:

Presupuesto total	
Presupuesto por contrata	4.101,85 €
IGIC (%7)	287,13 €
TOTAL:	4.388,98 €

El presupuesto total de la grúa será de 4388,98 €.

