



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

DISEÑO DE UN TRANSPORTE POR CABLE

TRABAJO DE FIN DE GRADO

AUTOR:

ERIK RAMOS NAVARRO

La Laguna, JUNIO DE 2021

TRABAJO FIN DE GRADO

Autor:

ERIK RAMOS NAVARRO

Director:

ANDRÉS MUÑOZ DE DIOS RODRÍGUEZ

DISEÑO DE UN TRANSPORTE POR CABLE

RESUMEN

El transporte por cable es un método muy útil y extendido de mover mercancías o personas, salvando las dificultades del terreno incluso en grandes distancias. Este trabajo tiene como objeto estudiar y diseñar un sistema hipotético de transporte de mercancías aplicado al panorama agrario de las Islas Canarias y la Macaronesia. Para su desarrollo se han utilizado métodos de cálculo presentes en la teoría de la elasticidad y resistencia de materiales, en combinación con normativa aplicada en el diseño de grúas. Además, parte del diseño se ha llevado a cabo mediante el módulo de análisis por el método de elementos finitos del software CAD Solidworks. El resultado ha sido una solución estructural sencilla, robusta y que utiliza soluciones comerciales y materiales de uso extendido en la industria del diseño de máquinas y la ingeniería civil española.

DESIGN OF AN AERIAL ROPEWAY

ABSTRACT

Transport by cable is a very useful method for the conveyance of goods or people despite terrain difficulties, even in large distances. This dissertation has the specific objective of investigating and designing a hypothetical transport system for materials and goods, applied to the agrarian panorama of the Canary Islands and the Macaronesian Archipelago. For its development, calculation methods in the theory of elasticity and strength of materials have been used, in addition to standardisation rules concerning crane designs. Likewise, part of the design has been executed using the Finite Element Method (FEM) analysis module from SolidWorks CAD software. The result of this investigation has been a simple but robust structure, using commercial solutions and materials extensively used in machine design and civil engineering in Spain.

DISEÑO DE UN TRANSPORTE POR CABLE

ÍNDICE GENERAL

ERIK RAMOS NAVARRO

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-------------|
| MEMORIA DESCRIPTIVA | VIII |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Alcance del trabajo..... | 1 |
| 1.2. Antecedentes..... | 1 |
| 1.3. Definición y clasificación de los transportes por cable..... | 1 |
| • <i>Según la vía de circulación</i> | 1 |
| • <i>Según el tipo de cable</i> | 2 |
| • <i>Según el tipo de vehículos</i> | 2 |
| • <i>Según la unión del vehículo al cable tractor</i> | 2 |
| • <i>Según el objeto de transporte</i> | 2 |
| 1.4. Objetivos..... | 3 |
| 1.5. Competencias desarrolladas..... | 3 |
| 1.6. Normativa aplicada..... | 3 |
| 1.7. Software utilizado..... | 4 |
| 1.8. Bibliografía y referencias..... | 4 |
| 2. REQUISITOS DE DISEÑO | 6 |
| 2.1. Especificaciones del sistema de transporte..... | 6 |
| 2.2. Criterios de diseño..... | 6 |
| 3. ESTUDIO DE SOLUCIONES Y ALTERNATIVAS | 7 |
| 3.1. Soluciones en el mercado..... | 7 |
| 3.2. Selección de alternativas..... | 8 |
| • <i>Tipo de movimiento y tipo de cable</i> | 8 |
| • <i>Cantidad de vehículos y cables sustentadores</i> | 9 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| • | <i>Torres y sistemas de tracción</i> | 9 |
| • | <i>Tipo de cesta</i> | 11 |
| • | <i>Tipo de carretón</i> | 12 |
| 4. | PRESENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA | 13 |
| 4.1. | Cable portante y cable tractor..... | 13 |
| • | <i>Cable portante</i> | 13 |
| • | <i>Cable tractor</i> | 16 |
| 4.2. | Torres..... | 19 |
| • | <i>Pilares</i> | 20 |
| • | <i>Anclaje del cable portante</i> | 21 |
| • | <i>Eje de la polea guía del cable tractor</i> | 22 |
| • | <i>Orejetas de anclaje de los tensores</i> | 23 |
| • | <i>Placa de anclaje de los pilares</i> | 27 |
| 4.3. | Sistema motriz de la cesta..... | 28 |
| • | <i>Tambor de arrollamiento</i> | 28 |
| • | <i>Chumaceras</i> | 32 |
| • | <i>Motorreductor</i> | 33 |
| 4.4. | Vehículo..... | 36 |
| • | <i>Cesta</i> | 36 |
| • | <i>Carretón</i> | 40 |
| 4.5. | Protección contra la intemperie..... | 43 |

ANEXO I: MEMORIA DE CÁLCULO

| | |
|--|----------------|
| 1. CABLE PORTANTE Y CABLE TRACTOR | i |
| • <i>Cable portante</i> | <i>i</i> |
| • <i>Cable tractor</i> | <i>v</i> |
| 2. DIMENSIONADO DE LAS TORRES | ix |
| • <i>Comprobación estática</i> | <i>xiii</i> |
| • <i>Verificación a pandeo</i> | <i>xiv</i> |
| 3. EJE DE ANCLAJE DEL CABLE PORTANTE | xv |
| • <i>Comprobación estática</i> | <i>xvi</i> |
| • <i>Comprobación a desgarró del alma de los pilares</i> | <i>xvi</i> |
| 4. EJE DE ANCLAJE DE LA POLEA GUÍA | xviii |
| • <i>Comprobación estática</i> | <i>xx</i> |
| • <i>Comprobación a desgarró del alma de los pilares</i> | <i>xx</i> |
| 5. OREJETA DE ANCLAJE DE LOS TENSORES | xxi |
| • <i>Comprobación estática</i> | <i>xxii</i> |
| • <i>Verificación como unión articulada</i> | <i>xxii</i> |
| • <i>Verificación de la soldadura</i> | <i>xxvii</i> |
| 6. PLACA DE ANCLAJE DE LOS PILARES | xxviii |
| • <i>Verificación de la soldadura</i> | <i>xxxí</i> |
| 7. SISTEMA MOTRIZ DE LA CESTA | xxxii |
| • <i>Tambor de arrollamiento</i> | <i>xxxii</i> |
| • <i>Verificación de las soldaduras</i> | <i>xxxvii</i> |
| • <i>Anclaje de las chumaceras</i> | <i>xxxviii</i> |
| • <i>Grapas de anclaje del cable</i> | <i>xxxviii</i> |

| | | |
|-----------|---|--------------|
| • | <i>Motorreductor</i> | xi |
| • | <i>Comprobación de la chaveta</i> | xlii |
| 8. | CESTA Y CARRETÓN | xliii |
| • | <i>Cesta</i> | xliii |
| • | <i>Carretón</i> | xlvii |

ANEXO II: EFECTOS DEL VIENTO

ANEXO III: PLANOS

| | | |
|-----------|---|-------------|
| 1. | PERSPECTIVA ISOMÉTRICA – TORRE | 1.01 |
| 2. | CONJUNTO – TORRE | 1.02 |
| 2.1. | PLACA DE ANCLAJE DEL MOTORREDUCTOR..... | 1.01.01 |
| 2.2. | ANCLAJE DELANTERO DEL MOTORREDUCTOR..... | 1.01.02 |
| 2.3. | EJE DE LA POLEA GUÍA..... | 1.01.03 |
| 2.4. | EJE DEL CABLE PORTANTE..... | 1.01.04 |
| 2.5. | OREJETA DE ANCLAJE..... | 1.01.05 |
| 2.6. | PILAR..... | 1.01.06 |
| 2.7. | TAMBOR DE ARROLLAMIENTO..... | 1.01.07 |
| 2.8. | PLACA DE ANCLAJE DEL PILAR..... | 1.01.08 |
| 2.9. | ANCLAJE DE LA CHUMACERA..... | 1.01.09 |
| 3. | VISTA EXPLOSIONADA – TORRE | 1.03 |
| 4. | CESTA | 2.01 |

ANEXO IV: ELEMENTOS COMERCIALES**1. CABLES**

| | | |
|------|----------------------|---------|
| 1.1. | CABLES DE ACERO | TABLA 1 |
| 1.2. | GUARDACABOS DIN 6899 | TABLA 2 |
| 1.3. | TENSOR DIN 1480 | TABLA 3 |
| 1.4. | ANILLA EN1677 | TABLA 4 |
| 1.5. | GRAPA DIN 741 | TABLA 5 |

2. TORRES

| | | |
|------|---------------------------------------|---------|
| 2.1. | ANILLO DE RETENCIÓN DIN 705 | TABLA 6 |
| 2.2. | POLEA GÚIA DEL CABLE TRACTOR | TABLA 7 |
| 2.3. | GRILLETE DE ALTA RESISTENCIA EN 13889 | TABLA 8 |

3. SISTEMA MOTRIZ DE LA CESTA

| | | |
|------|---------------------------------|----------|
| 3.1. | CHUMACERA SY 25 TR | TABLA 9 |
| 3.2. | MOTORREDUCTOR MR V 325 80C B14R | TABLA 10 |
| 3.3. | CHAVETA DIN 6885 A | TABLA 11 |

4. CESTA

| | | |
|------|--------------------------|----------|
| 4.1. | GRILLETE RECTO DIN 82101 | TABLA 12 |
| 4.2. | POLEA TANDEM SPEED CABLE | TABLA 13 |
| 4.3. | ANCLAJE MÚLTIPLE PAW M | TABLA 14 |

5. PROTECCIÓN CONTRA LA INTEMPERIE

| | | |
|------|------------------------------|----------|
| 5.1. | BLATEPOX PRIMER ANTIOXIDANTE | TABLA 15 |
| 5.2. | BLATEPOX ACABADO F-13 | TABLA 16 |

DISEÑO DE UN TRANSPORTE POR CABLE

MEMORIA DESCRIPTIVA

ERIK RAMOS NAVARRO

ÍNDICE

| | |
|---|----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Alcance del trabajo..... | 1 |
| 1.2. Antecedentes..... | 1 |
| 1.3. Definición y clasificación de los transportes por cable..... | 1 |
| • <i>Según la vía de circulación</i> | 1 |
| • <i>Según el tipo de cable</i> | 2 |
| • <i>Según el tipo de vehículos</i> | 2 |
| • <i>Según la unión del vehículo al cable tractor</i> | 2 |
| • <i>Según el objeto de transporte</i> | 2 |
| 1.4. Objetivos..... | 3 |
| 1.5. Competencias desarrolladas..... | 3 |
| 1.6. Normativa aplicada..... | 3 |
| 1.7. Software utilizado..... | 4 |
| 1.8. Bibliografía y referencias..... | 4 |
| 2. REQUISITOS DE DISEÑO | 6 |
| 2.1. Especificaciones del sistema de transporte..... | 6 |
| 2.2. Criterios de diseño..... | 6 |
| 3. ESTUDIO DE SOLUCIONES Y ALTERNATIVAS | 7 |
| 3.1. Soluciones en el mercado..... | 7 |
| 3.2. Selección de alternativas..... | 8 |
| • <i>Tipo de movimiento y tipo de cable</i> | 8 |
| • <i>Cantidad de vehículos y cables sustentadores</i> | 9 |
| • <i>Torres y sistemas de tracción</i> | 9 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| • | <i>Tipo de cesta</i> | 11 |
| • | <i>Tipo de carretón</i> | 12 |
| 4. | PRESENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA | 13 |
| 4.1. | Cable portante y cable tractor..... | 13 |
| • | <i>Cable portante</i> | 13 |
| • | <i>Cable tractor</i> | 16 |
| 4.2. | Torres..... | 19 |
| • | <i>Pilares</i> | 20 |
| • | <i>Anclaje del cable portante</i> | 21 |
| • | <i>Eje de la polea guía del cable tractor</i> | 22 |
| • | <i>Orejetas de anclaje de los tensores</i> | 23 |
| • | <i>Placa de anclaje de los pilares</i> | 27 |
| 4.3. | Sistema motriz de la cesta..... | 28 |
| • | <i>Tambor de arrollamiento</i> | 28 |
| • | <i>Chumaceras</i> | 32 |
| • | <i>Motorreductor</i> | 33 |
| 4.4. | Vehículo..... | 36 |
| • | <i>Cesta</i> | 36 |
| • | <i>Carretón</i> | 40 |
| 4.5. | Protección contra la intemperie..... | 43 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Alcance del trabajo

Este trabajo está enmarcado dentro de la asignatura Trabajo de Fin de Grado dentro de la titulación de Grado en Ingeniería Mecánica de la Universidad de La Laguna.

1.2 Antecedentes

El origen volcánico y la estabilidad climática de las Islas Canarias presentan muchas posibilidades para la agricultura regional; y del mismo modo suponen, en determinadas circunstancias, un reto para el transporte de mercancías. Por esto, desde hace casi un siglo es conocido el uso de transportes por cable o funiculares para conectar terrenos de cultivo entre barrancos, donde cruzar con herramientas o la cosecha podría suponer mucho tiempo o dinero; o bien para llevar maquinaria y recambios salvando un acantilado hasta un sistema de bombeo de agua de galería.

En estas circunstancias, se planteará y desarrollará un ejemplo simbólico de este medio de transporte para unas condiciones ficticias, usando la herramienta de cálculo Excel para poder adaptar este mismo diseño a cualquier otra situación.

1.3 Definición y clasificación de los transportes por cable

El transporte por cable se define como aquel “en el que se emplean cables metálicos, situados a lo largo del recorrido [...] para constituir la vía de circulación de los vehículos o bien para transmitir a los mismos un esfuerzo motor o frenante” [1]. Este tipo de transporte engloba los siguientes tipos:

- Ferrocarril funicular: vehículo movido sobre raíles y cuya tracción es mediante cable;
- Teleférico: vehículo que se sustenta y es movido por uno o más cables;
- Telesquí: instalación que mediante cable tira de los usuarios, mediante un equipo especial.

Se puede clasificar el transporte por cable principalmente según las características de la vía de circulación, el tipo de cables, el tipo de movimiento, el tipo de vehículo, el tipo de unión del vehículo al cable de tracción y el objeto de transporte [1].

- **Según la vía de circulación**

- Vía aérea: cuando está formada por un cable suspendido;
- Vía terrestre: cuando está formada por raíles o por pista preparada sobre el terreno.

- **Según el tipo de cable**

- Bicable: cuando el teleférico tiene separadas las funciones de sustentación y de tracción, esto es, cuando se tienen uno o más cables portantes y es propulsado por uno o más cables tractores;
- Monocable: Cuando el cable realiza tanto las funciones de tracción como de sustentación;
- Ferrocarril Funicular: En este tipo de instalaciones sólo existe el cable tractor.

- **Según el tipo de movimiento**

- Reversible o de vaivén: Cuando los vehículos se mueven en los dos sentidos cíclicamente;
- Unidireccionales: Cuando el sentido no cambia en condiciones normales. Dentro de este caso se puede encontrar:
 - Movimiento continuo: Los cables tienen una velocidad constante y los vehículos pueden estar permanentemente unidos al cable o no;
 - Movimiento intermitente: La velocidad del cable varía intermitentemente (si los vehículos se detienen en las estaciones) o periódicamente (si los vehículos reducen la velocidad sin detenerse en las estaciones). En este caso, los vehículos están conectados siempre al cable tractor.

- **Según el tipo de vehículos**

Los vehículos pueden ser abiertos o cerrados. Los abiertos son las sillas o góndolas abiertas, y los cerrados se conocen como cabinas o góndolas cerradas.

- **Según la unión del vehículo al cable tractor**

- Permanente: Se da cuando los vehículos están fijados al cable en todo momento. También se les llama instalaciones de pinza fija;
- Temporal: Cuando los vehículos solo se acoplan a los cables tractores a la salida de la estación. También se denominan instalaciones de pinza desembragable.

- **Según el objeto de transporte**

Las instalaciones pueden transportar personas o mercancía, tanto de forma separada como conjuntamente.

1.4 Objetivos

En este trabajo se dimensionarán y seleccionarán los diferentes elementos que componen el sistema estructural de un transporte por cable de mercancía: los cables de soporte y tracción, sus anclajes a las torres, las torres y sus elementos de apoyo, la cesta de carga, los sistemas de acople de la cesta y los sistemas de tracción de la cesta. Sin embargo, no se desarrollarán la cimentación de las torres, ni el sistema eléctrico y de control de los motores del sistema de tracción de la cesta.

1.5 Competencias desarrolladas

Las principales competencias desarrolladas durante la realización de este trabajo han sido las siguientes:

- Aplicar las habilidades y conocimientos adquiridos en las disciplinas de Elasticidad y Resistencia de Materiales, Teoría de Estructuras y Construcciones Industriales y el Cálculo y Diseño de Máquinas.
- Ganar experiencia en la búsqueda y aplicación de Normativa, Manuales y documentación técnica en español e inglés.
- Desarrollar una herramienta de cálculo de apoyo en el diseño de estructuras similares con utilidad en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial en la especialidad de Mecánica.

1.6 Normativa aplicada

Asociada al diseño de sistemas del tipo funicular existe una amplia normativa de aplicación en España y Europa. Sin embargo, se aleja en gran medida de aquellos transportes exclusivamente de mercancía, para centrarse en el transporte de personas, aplicando procedimientos y cálculos para dimensionar en una escala mucho mayor al problema al que se le dará solución en este trabajo.

En este contexto se ha aplicado normativa relacionada con el diseño de grúas, así como documentación del Código Técnico de la Edificación, debido a que dichos documentos contienen instrucciones para verificar la estabilidad y resistencia de este sistema estructural; habiendo sido consultados los siguientes documentos:

- Norma UNE 13001-3-1: Grúas. Diseño General. Parte 3-1: Estados límite y pruebas de actitud de las estructuras de acero (Vigente);
- Norma UNE 13001-2: Grúas. Diseño general. Parte 2: Acciones de la carga (Vigente);
- Documento básico SE-A: Seguridad Estructural-Acero (Vigente);
- Norma UNE 58132-5: Aparatos de elevación. Reglas de cálculo. Parte 5: Elección de equipo eléctrico (Vigente).

1.7 Software utilizado

Durante el diseño de la solución estructural recogida en este documento, se ha utilizado el Software CAD/FEM Solidworks, con el que se ha llevado a cabo los elementos que conforman la estructura y sus planos, así como se ha estudiado mediante el método de elementos finitos la resistencia de uno de sus componentes, la Cesta.

1.8 Bibliografía y Referencias

[1]: A. Orro Arcay, M. Novales Ordax, M. Rodríguez Bugarín, “Descripción General del Transporte por Cable,”. in A. Orro Arcay, M. Novales Ordax, M. Rodríguez Bugarín, *Transporte por cable*. A Coruña: Tórculo Artes Gráficas, 2003, pp. 7-19.

[2]: UNE 13001-2: *Seguridad de las Grúas. Requisitos generales de diseño. Parte 2: Acciones de la carga*, 2015.

[3]: “El grupo Doppelmayr/Garaventa”, *Doppelmayr*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.doppelmayr.com/es/empresa/empresa/> [Accedido: mayo 2021]

[4]: “ATW-MP Tierfehd – Chalchtrittli”, *Doppelmayr*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.doppelmayr.com/es/productos/referencias/atw-mp-tierfehd-chalchtrittli/> [Accedido: mayo 2021]

[5]: A. F. Mejía Vargas, “3.3. Desarrollo de los componentes y subcomponentes del sistema de transporte por cable,”. in A. F. Mejía Vargas, “Diseño y Construcción de un Sistema de Transporte de Carga por Medio de Cables para Topografía de Gran Pendiente”, trabajo de fin de grado, Universidad EAFIT, Escuela de Ingeniería, 2011, pp. 54-112.

[6]: J. M. Goicolea Ruigómez, “3.2. Cable sometido a carga constante por unidad de abscisa (parábola),”. in J. M. Goicolea Ruigómez, *Cálculo de Cables*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2012, pp. 16-19.

[7]: “Características técnicas Modelo RFI30M30”, *Jm Ortigueira: Rejillas de Fibra*. [En línea]. Disponible en: <https://www.jmortigueira.com/rejilla-tramex-prfv-30/> [Accedido: mayo 2021].

[8]: “Fijaciones para Tramex PRFV”, *Jm Ortigueira: Rejillas de Fibra*. [En línea]. Disponible en: <https://www.jmortigueira.com/fijaciones-tramex-prfv/> [Accedido: mayo 2021].

[9] P. Sabaté Carreras, “Cables de Acero,” Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: Centro de Investigación y Asistencia Técnica, Barcelona, NTP 155, 1985.

[10]: *Recommendations for the Construction and Operation of Material Handling Uni-directional and Reversible Ropeway Installations, Cable Cranes and Material Handling Funiculars*, O.I.T.A.F., Roma, 2018.

[11]: V.I. Feodósiev, “Capítulo VIII: Teoría de los estados tensionales límites,”. en V.I. Feodósiev, *Resistencia de Materiales*. Moscú, URSS de Moscú, 1997. pp. 275-292.

[12]: UNE 13001-3-1: *Grúas. Diseño General. Parte 3-1: Estados límite y prueba de aptitud de las estructuras de acero*, 2018.

[13]: *Documento Básico SE-A. Seguridad Estructural- Acero*, 2008.

2. REQUISITOS DE DISEÑO

2.1 Especificaciones del sistema de transporte

El teleférico deberá salvar una distancia horizontal de 100 metros y un desnivel de 10 metros. Estará diseñado para transportar exclusivamente mercancías, y deberá contar con una carga útil de 200Kg y una velocidad de avance de 1m/s. Aparte de esto, su uso estará limitado mientras el viento sea ligero, es decir, que no supere los 9,4m/s de velocidad media (33'8Km/h) [2].

2.2 Criterios de diseño

Los principales criterios a la hora de seleccionar los componentes de la solución estructural son los siguientes:

- Construcción simple: La solución deberá ser fácil de producir y utilizará materiales de producción común. Esto se traduce en menor coste, menor mantenimiento y en última instancia, mayor seguridad a largo plazo.
- Robustez: Dado el contexto de explotación del sistema, se requiere que este sea capaz de resistir las inclemencias del tiempo, así como el uso descuidado por parte de sus usuarios.

3. ESTUDIO DE SOLUCIONES Y ALTERNATIVAS

3.1 Soluciones en el mercado

En la actualidad existen numerosos ejemplos de transporte por cable de mercancías. A pequeña escala las soluciones suelen ser únicas, adaptadas al contexto tecnológico y económico de la zona donde se emplazan y fabricadas por los mismos usuarios en la mayoría de los casos. Sin embargo, a gran escala existe un mercado mundial de este tipo de transportes, donde destaca el grupo Doppelmayr/Garaventa, que es el líder mundial en fabricación de sistemas de transporte por cable de pasajeros y usuarios [3]. A continuación, se mostrará un ejemplo de instalaciones a gran escala y otro a pequeña escala:

- **Teleférico ATW-MP, Tierfehd-Chalchtrittli:**

Ubicado en Linthal, Suiza, este teleférico tiene como objetivo transportar maquinaria y materiales para la construcción de una planta hidroeléctrica ubicada a 2400 msnm. Esta instalación tiene un desnivel de 1051m y está pensada para transportar una carga útil de 25 Toneladas, y excepcionalmente puede transportar 40 toneladas, aparte de las cuales puede llevar hasta 40 personas en la cabina. La instalación estaría clasificada como un teleférico bicable reversible, con dos pistas de dos cables portantes y un cable tractor y vehículos de pinza fija [4]. En la figura 3.1 se muestra la disposición del vehículo sobre la pista:



Fig. 3.1: Teleférico Tierfehd-Chachtrittli (Fuente:DOPPELMAYR)

- **Transporte por cable de café, Antioquía**

A menor escala que el tipo anterior, y ubicado en Antioquía, Colombia, este teleférico está montado en una granja cafetera y está diseñado para transportar 400Kg de grano a través de 430m con un salto de 153m. Está fabricado por sus usuarios y su diseño es el fundamento de un trabajo de fin de grado en Ingeniería Mecánica. Esta instalación estaría clasificada como transporte bicable reversible, con una pista de un cable portante y con un cable tractor, cuyo vehículo es de pinza desembargable [5]. En la figura 3.2 se muestra la Instalación durante su puesta en marcha:



Fig. 3.2: Transporte de café, Antioquía (Fuente: Andrés Felipe Mejía Vargas,2010)

3.2 Selección de alternativas

Durante el diseño de la solución elegida, se han tenido que escoger entre diversas alternativas hasta llegar a la solución final. A continuación, se recogerán las diferentes etapas de selección entre alternativas que se han sucedido a lo largo del proceso de diseño.

- **Tipo de movimiento y tipo de cable**

La primera cuestión por resolver fue escoger entre una instalación de movimiento continuo o reversible. Y junto al tipo de movimiento, también había que considerar qué tipo de cable tendría la instalación. Una instalación de movimiento continuo tiene como principal objetivo funcionar durante períodos largos de tiempo donde se requiere que haya un flujo de pasajeros o carga en movimiento constante.

Por el contrario, una instalación de vaivén se utiliza en aquellos casos donde el flujo de trabajo es intermitente.

Dado el desempeño que tendría una instalación como esta, con poca distancia a salvar y poca carga útil, se deduce que no es necesario un flujo de transporte muy elevado, por lo que una instalación de movimiento continuo representaría un mayor coste sin ventajas aparentes. Por lo tanto, de estas alternativas se escoge un sistema con movimiento reversible o de vaivén.

Por otra parte, las instalaciones de movimiento continuo suelen ser del tipo monocable, donde el cable principal realiza las funciones de tracción y sustentación. Dado que se escoge un sistema de movimiento reversible, las funciones de sustentación y tracción las harán cables diferentes, por lo que se habla de una instalación bicable.

- **Cantidad de vehículos y cables sustentadores**

Lo siguiente es seleccionar con cuántos vehículos contará la instalación y cuántos cables de sustentación serán necesarios.

Al tratarse de una instalación con bajo flujo de carga, tener más de un vehículo supondrá no sólo mayor gasto en fabricarlos, sino también encarecerá y aumentará la complejidad de la instalación. Por lo tanto, sólo se utilizará un vehículo. De esta manera sólo será necesaria una pista. Y dada la escala de la instalación, se escogerá un único cable soporte.

- **Torres y sistemas de tracción**

Habiendo establecido la instalación como de un solo vehículo con movimiento reversible, se plantearon varias alternativas de diseño de torres. En la figura 3.3 se recogen las principales:

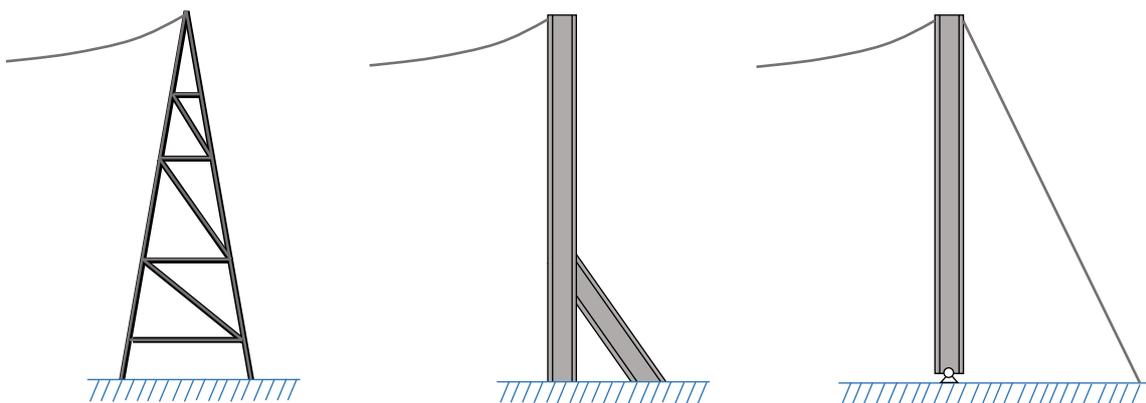


Fig. 3.3: Alternativas de torre

En la figura se pueden ver tres configuraciones:

Primeramente, se plantearon las torres como estructuras en celosía, pero bajo el pretexto de hacer una estructura lo más sencilla posible, se descartó esta posibilidad.

Posteriormente se propuso conformar las torres como pilares empotrados en la base con una viga oblicua a tracción como apoyo, pero finalmente se optó por un pilar apoyado en su base y con un tensor de cable oblicuo en su extremo.

Esta disposición permite que el momento causado por la acción del cable portante sea compensado por el tensor, lo que permite un pilar menor. Además, el pilar se verá sometido en mayor medida a compresión que a cortante, lo que representa que la cimentación sea más sencilla y, por lo tanto, más barata.

Partiendo de esta configuración de las torres, lo siguiente es establecer el sistema de tracción del vehículo. La figura 3.4 recoge las distintas alternativas planteadas:

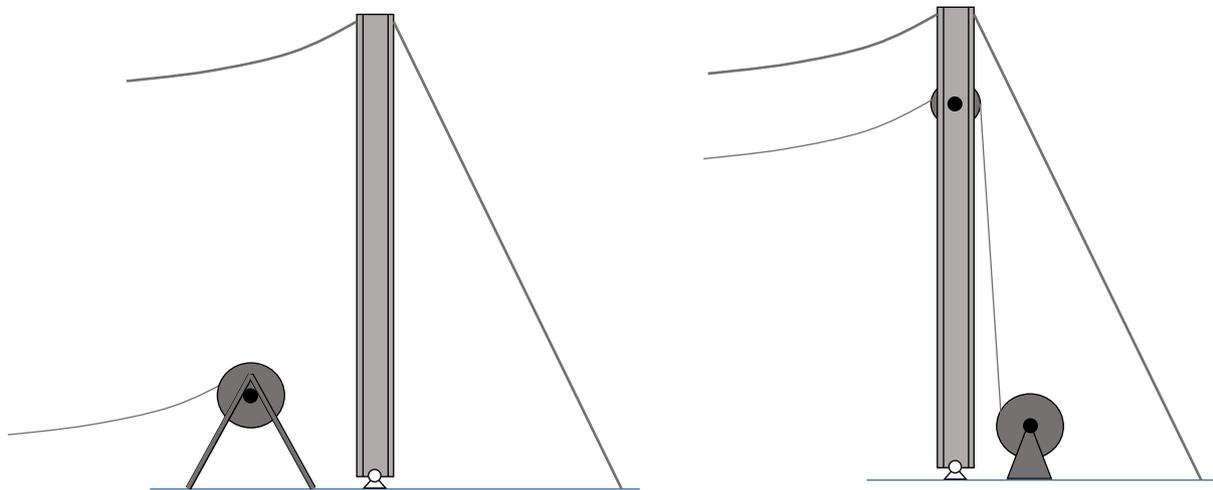


Fig. 3.4: Alternativas del sistema de tracción

La configuración de la izquierda plantea un tambor de arrollamiento ubicado delante de la torre y separado de la misma, que tirará del vehículo de manera directa. La configuración de la derecha muestra un tambor de arrollamiento ubicado tras la torre, que tiene una polea guía para el cable tractor.

Se ha escogido la configuración con polea guía, ya que permite un montaje más compacto y que aprovecha las placas de anclaje de las torres.

- **Tipo de Cesta**

Una vez decidido el tipo de torres y el sistema de tracción, lo siguiente es determinar cómo será la cesta.

Las alternativas en la construcción de la cesta planteadas han sido varias, como refleja la figura 3.5:

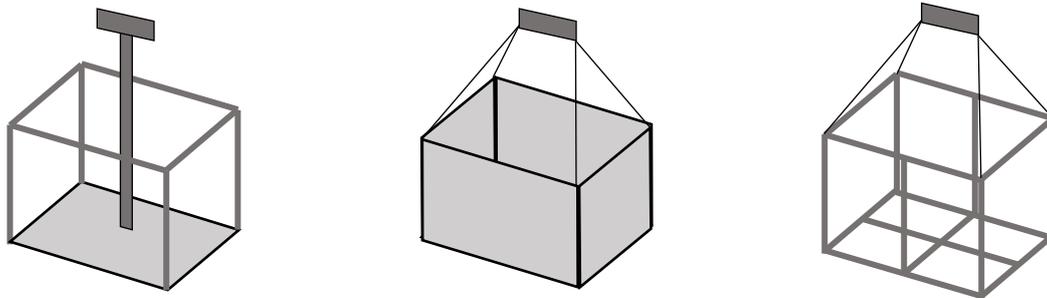


Fig. 3.5: Alternativas de cesta

La primera aproximación de la cesta (imagen de la izquierda) planteaba una base hecha con una placa de acero, a la que se soldarían unas barandillas y un poste central donde se acoplaría el carretón, mientras que los laterales se cerrarían con red metálica. Sin embargo, la principal desventaja de este diseño es la posición del poste que interrumpe el área de la base.

La siguiente aproximación (en el centro) corresponde a una construcción íntegra mediante láminas metálicas, que formarían una caja abierta sólo por arriba que se conectaría con el carretón mediante cuatro cables. Su principal inconveniente es el peso de esta y la gran superficie que presenta ante el viento, que puede desestabilizar la cesta mientras se transporta.

Por último, se planteó una construcción alámbrica (imagen de la derecha), que se uniría al carretón mediante cables. Los laterales, como en el caso de la primera aproximación se cerrarían con red metálica, mientras que la base será un entramado de cuadrícula hecho en resina reforzada con fibra de vidrio. Esta construcción es la más ligera, y presenta una menor resistencia al viento dada su escasa superficie expuesta, por lo que finalmente se escogió esta propuesta.

- **Tipo de carretón**

Por otro lado, el carretón, que mantiene la cesta circulando sobre el cable portante, se planteó primeramente como un elemento diseñado y calculado para este caso, tal como recoge la figura 3.6:

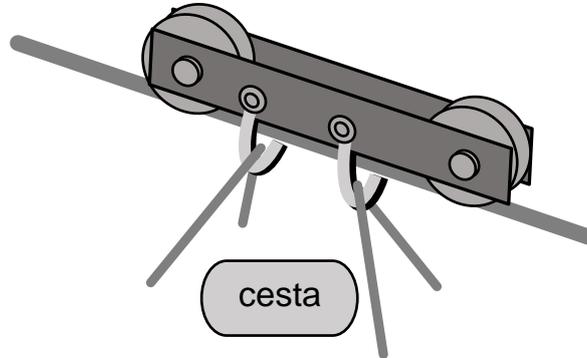


Fig. 3.6: Esquema del carretón

Como se puede ver en la imagen, el concepto del carretón sería el de dos poleas sujetas en un armazón, del que salen dos anillas para sujetar los cables de la cesta. Sin embargo, tras buscar alternativas comerciales, se eligió la combinación de varias soluciones en el mercado, tal como recoger la figura 3.7:

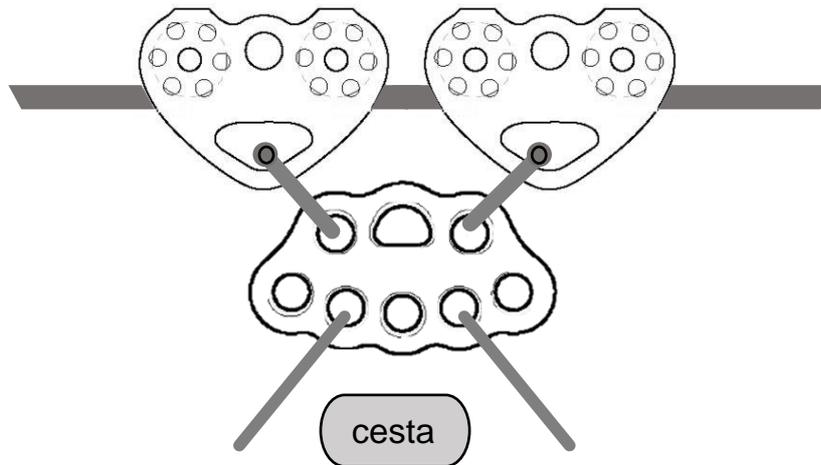


Fig. 3.7: Carretón de elementos comerciales (Fuente: PETZL/propia)

Esta solución combina dos poleas dobles con un anclaje múltiple, unidos mediante grilletes. Si bien esta solución podría parecer más compleja que su alternativa, lo cierto es que no se precisa de un montaje en taller, y todos sus componentes tienen como premisa principal la mayor resistencia con el menor peso. Además, su mantenimiento es nulo y están pensados para trabajar en la intemperie.

4. PRESENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA

4.1 Cable portante y cable tractor

- **Cable portante**

El cable portante o cable carril es el principal de la instalación y aquel por el que discurre el vehículo. Está fijado en sus extremos a las torres y su principal requisito es la resistencia a la tracción. Además, como el vehículo se apoya sobre él deberá ser también resistente a la abrasión. Dada su flexibilidad, al extenderlo sobre el vacío debido a su propio peso formará una curva llamada catenaria. Sin embargo, se puede aproximar dicha curva a una parábola (un cable sometido a una carga distribuida constante) [1] tal y como se realizará en el anexo de cálculo. El recorrido del cable se recoge en la figura 4.1:

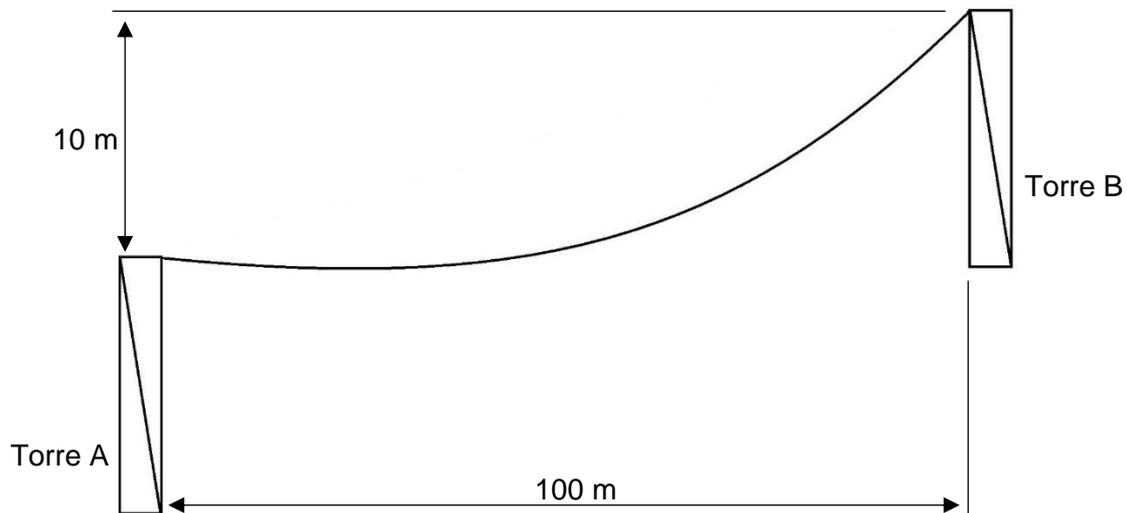


Fig. 4.1: Recorrido del cable portante

El tipo de cable escogido para este objeto es el 6x7+1 con alma metálica o DIN 3055, con sección recogida en la figura 4.2:

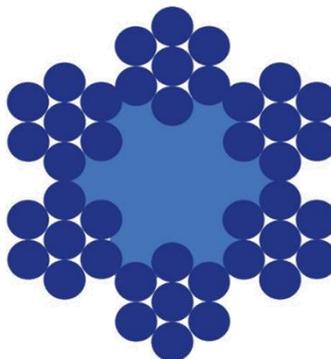


Fig. 4.2: Sección del cable 6x7+1(Fuente: Cargoflet Blasant)

El cable se compone de un alma metálica rodeada con seis cordones de siete hilos cada uno y trenzado a derechas. Sus aplicaciones son variadas y la configuración de cordones con pocos hilos representa que el diámetro de estos será mayor y con ello su resistencia a la abrasión, requisito para esta aplicación. A continuación se recogen los datos del cable:

Tabla 4.1: Propiedades del cable portante

| Propiedad | Magnitud |
|--------------------------------|-------------|
| Diámetro nominal (mm) | 12 |
| Peso propio (Kg/m) | 0'515 |
| Carga de rotura calculada (KN) | 94'10 |
| Acabado | Galvanizado |

El montaje del cable en las torres se realizará de la siguiente manera:

En el lado superior, el cable se unirá directamente a su eje de anclaje a través de una anilla cerrada con casquillo prensado que se le solicitará al fabricante. Esta anilla debe ser suficientemente amplia para que pase por dentro el eje de anclaje de 60mm de diámetro. La figura 4.3 muestra este anclaje:

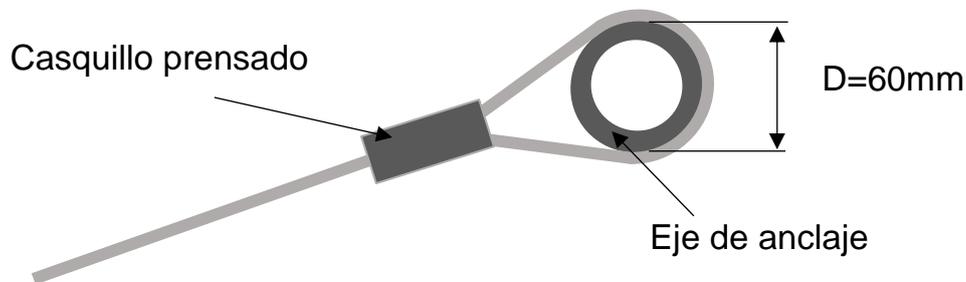


Fig. 4.3: Esquema del anclaje en el extremo superior

En el lado inferior la disposición será diferente. Para el correcto funcionamiento del teleférico, se ha de pretensar el cable de anclaje durante el montaje. Por lo tanto, habrá que adaptar el extremo para acoplar un sistema de tensado. En primer lugar, se le solicitará al fabricante que el extremo inferior del cable tenga una anilla con casquillo prensado, pero esta vez se le solicitará que se le añada un guardacabo tipo DIN 6899. En la figura 4.4 se muestra dicho guardacabo:



Fig. 4.4: Guardacabos DIN 6899 (Fuente: DAMESA)

A este extremo se acoplará un tensor inoxidable horquilla - horquilla tipo DIN 1480 tamaño 120, unido a una anilla maestra de carga tipo EN1677 tamaño 110. En la figura 4.5 se recogen estos elementos:



Fig. 4.5: Tensor DIN1480 (izquierda) y Anilla EN1677 (derecha) (Fuente: DAMESA)

La tabla 4.2 recoge las características del tensor y la anilla:

Tabla 4.2: Propiedades del tensor y la anilla

| Propiedad | Tensor | Anilla |
|------------------------------|-------------|---------|
| Diámetro bulón (mm) | 19 | 19 |
| Carga de trabajo máxima (kg) | 3.000 | 3.250 |
| Acabado | Galvanizado | Pintado |

Por otra parte, el montaje se realizará como recoge la figura 4.6

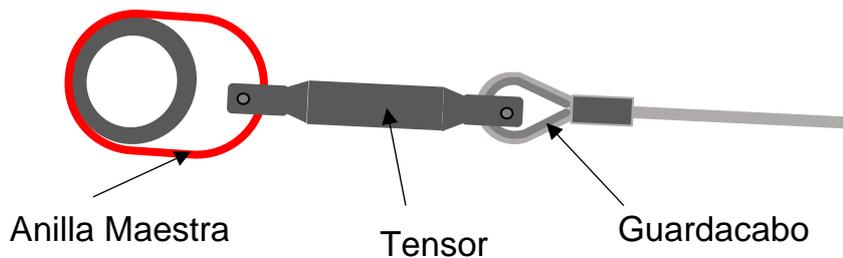


Fig. 4.6: Montaje del cable en el lado Inferior

El tensor se colocará entre la anilla maestra y la anilla de cierre del extremo del cable. Ya que estos elementos añaden una distancia de separación entre el eje de anclaje de la torre y el extremo del cable, la longitud final de este solicitada al fabricante será de 100'5 metros, que deberá medirse desde el borde interior de las anillas de cierre.

Por otra parte, la fuerza de pretensado calculada es de 1589'45N cuando el cable se encuentra sin vehículo. Para tensar el cable hasta este punto, entre numerosas alternativas, se propone la recogida en la figura 4.7:

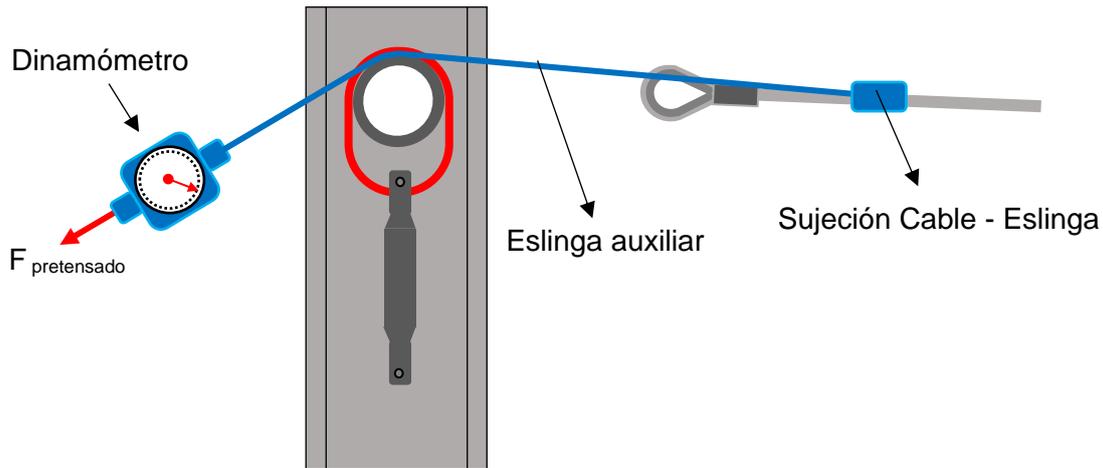


Fig. 4.7: Esquema del proceso de pretensado

La alternativa propuesta consiste en, pasando por encima del anclaje del cable, se sujeta una eslinga auxiliar al cable, dejando libre la anilla de su extremo. Esta eslinga a su vez se acoplará a un dinamómetro y de ahí al sistema con el que se quiera dar la tensión de pretensado. Una vez se alcanza el valor deseado, se conecta el tensor a la anilla del cable y se suelta la eslinga.

- **Cables tractores**

El cable tractor es el encargado de desplazar la cesta de un extremo a otro del cable portante y, si existe un gran desnivel, el cable tractor elevará la cesta en la subida y controlará el descenso frenándola en la bajada.

La figura 4.8 muestra el recorrido que hará el carretón del vehículo:

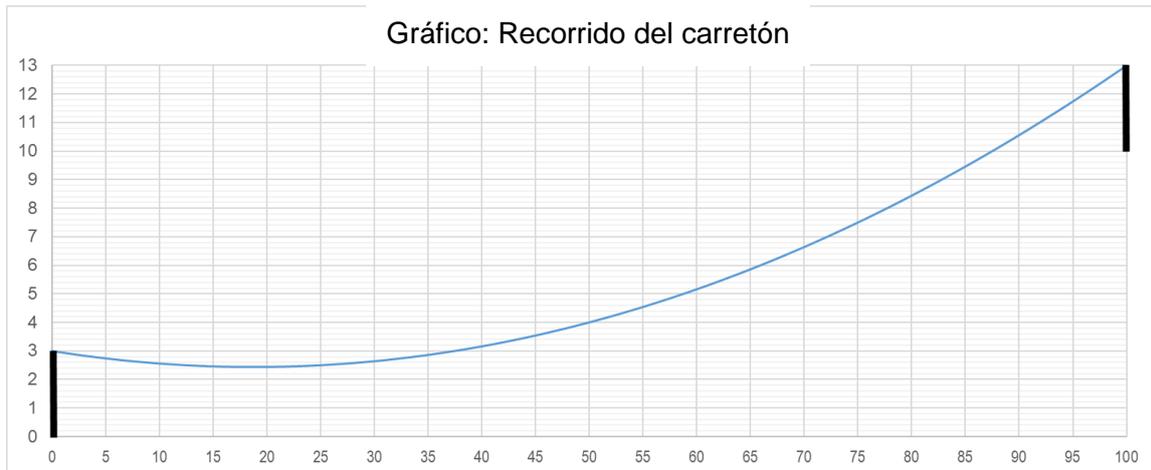


Fig. 4.8: Recorrido del carretón

En el gráfico se puede observar que el punto más bajo del recorrido está por debajo del extremo inferior del cable, por lo que será necesario contar con dos sistemas de tracción, uno junto a cada torre, que se encarguen de mover el vehículo. Estos dos sistemas deberán arrancar a la vez, soltando cable uno de ellos y recogiendo el otro. La sincronización y control de estos motores no está recogido en este documento y deberá llevarse a cabo un proyecto de la instalación eléctrica y de control previo a la puesta en funcionamiento de la instalación.

El cable elegido es del tipo 6x19+1 con alma de fibra sintética o DIN3060 y su sección se recoge en la figura 4.9:

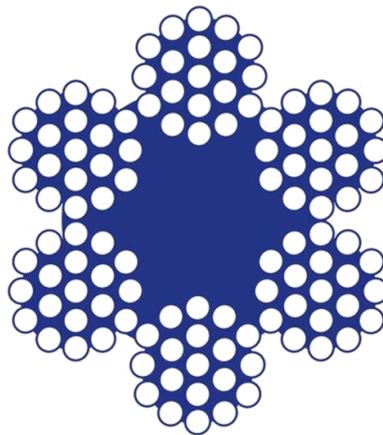


Fig. 4.9: Sección del cable 6x19+1(Fuente: Cargoflet Blasant)

Este cable está compuesto de un alma de fibra sintética rodeada de seis cordones con diecinueve hilos cada uno. Al poseer hilos más delgados, este cable cuenta con mayor flexibilidad, idóneo para soportar ser enrollado y desenrollado constantemente a lo largo de su servicio. A continuación, se recogen sus propiedades:

Tabla 4.3: Propiedades del cable tractor

| Propiedad | Magnitud |
|--------------------------------|-------------|
| Diámetro nominal (mm) | 6 |
| Peso propio (Kg/m) | 0'125 |
| Carga de rotura calculada (KN) | 22'80 |
| Acabado | Galvanizado |

El montaje del cable en las dos torres sigue el esquema siguiente:

El extremo que se unirá al vehículo se solicitará al fabricante que esté acabado en una anilla con guardacabos y casquillo prensado, igual que el cable portante.

La longitud de cable solicitada para cada lado de la instalación será de 105 metros, para contar con una parte del cable enrollada en el tambor incluso cuando el vehículo esté al otro lado del recorrido.

El otro extremo, que se fijará en el tambor de arrollamiento, deberá dejarse sin anilla. Para fijarlo al tambor de arrollamiento, se utilizarán cuatro grapas en u del tipo DIN 741 tamaño 6, como recoge la figura 4.10, que se anclarán a la tapa lateral del tambor:

**Fig. 4.10: Grapa DIN 741 (Fuente: DAMESA)**

En la figura 4.11 se presenta un diagrama de anclaje del cable en la cara interior de la tapa lateral del tambor:

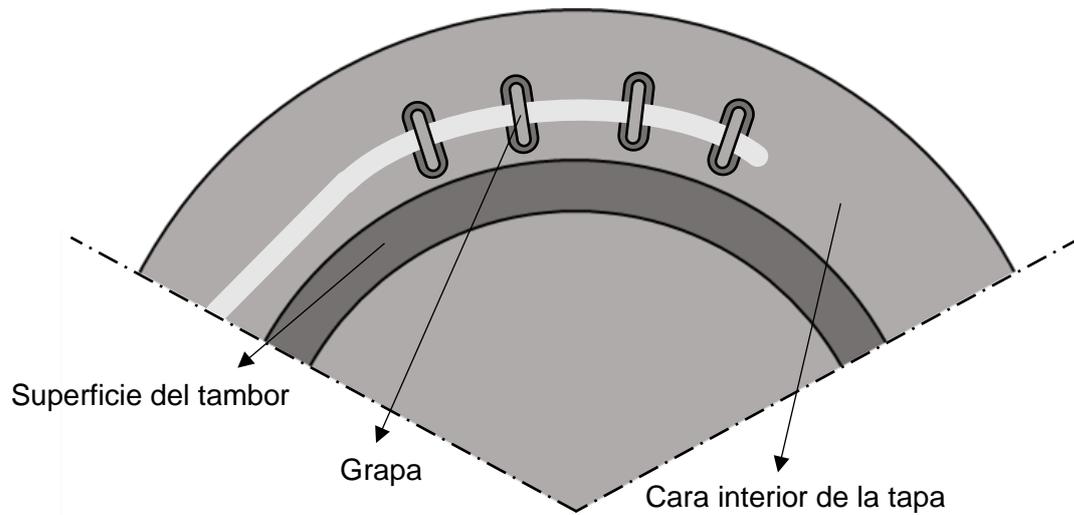


Fig. 4.11: Disposición de las grapas de anclaje en el tambor de arrollamiento

4.2 Torres

Las Torres mantienen el cable portante sujeto y por encima del suelo, para que el vehículo pueda estar colgando sin tocarlo. Además, en esta solución constructiva, las torres también guían los cables tractores desde los tambores de arrollamiento.

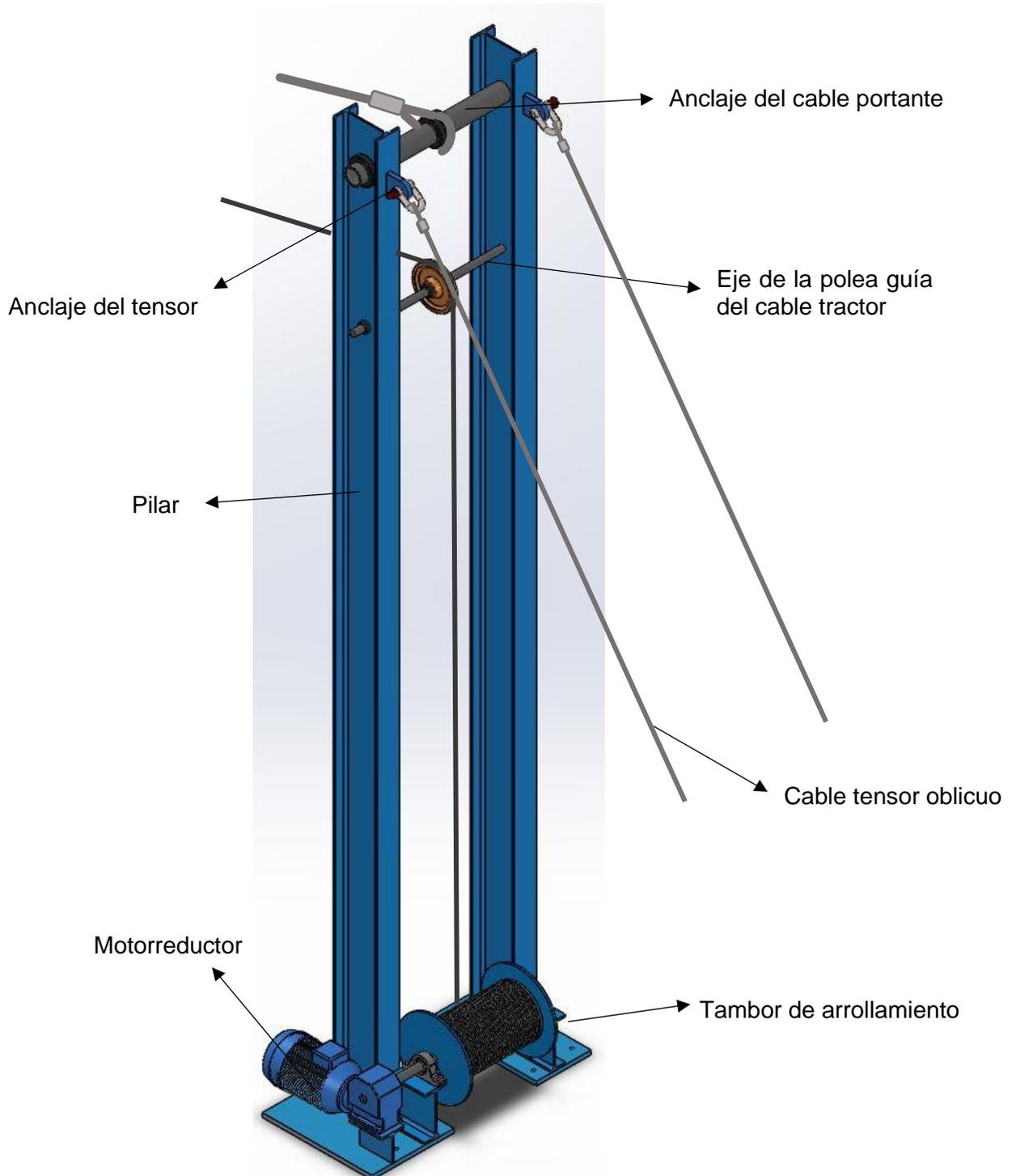


Fig. 4.12: Componentes de la torre

Como puede observarse, las torres están compuestas por dos pilares hechos con perfiles estructurales soldados sobre sendas bases de anclaje.

En la parte superior, entre los pilares se encuentra el eje de anclaje del cable portante y debajo de este, el eje de la polea guía del cable tractor. Además, dos orejetas anclan a los pilares dos cables tensores oblicuos, que compensarán el esfuerzo causado por el vehículo.

En la base del pilar izquierdo se encuentra ubicado el motorreductor que proporcionará la potencia necesaria para tirar del vehículo. Y conectado a este se encuentra el tambor de arrollamiento, que se encuentra entre los dos pilares. El cable tractor sale del tambor verticalmente y pasa por la polea guía antes de conectarse a la cesta. A continuación, se procede a analizar en detalle cada uno de los componentes mencionados.

- **Pilares**

El perfil estructural elegido como pilar es el tipo IPE160, fabricado en acero estructural S275 o ASTM A36. En la figura 4.13 se muestra la sección del perfil, mientras que en las tablas 4.3 y 4.4 se recogen las propiedades de la sección y las del material, respectivamente:

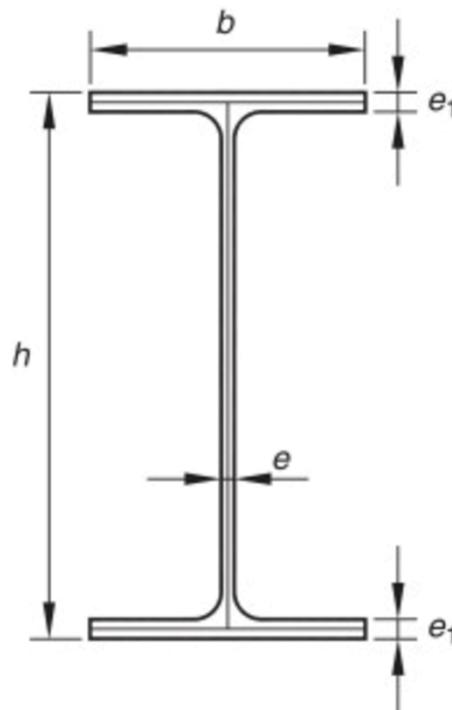


Fig 4.13: Sección IPE 160 (Fuente: Researchgate)

Tabla 4.4: Propiedades de sección IPE 160:

| Propiedad | Magnitud |
|--|------------|
| h (mm) | 160 |
| b (mm) | 82 |
| e (mm) | 5 |
| e ₁ (mm) | 7'4 |
| Peso propio (Kg/m) | 15'8 |
| Área (cm ²) | 20'1 |
| I _x / I _y (cm ⁴) | 869 / 68'3 |

Tabla 4.5: Propiedades mecánicas del acero S275:

| Propiedad | Magnitud |
|------------------------------|----------|
| Módulo elástico (MPa) | 210000 |
| Límite elástico (MPa) | 275 |
| Resistencia a Tracción (MPa) | 410-560 |

Dado que no se trata de un acero inoxidable, para protegerlo de la intemperie se deberá pintar con pintura para exteriores antióxido una vez completado el montaje y previo a la puesta en marcha de la instalación.

- **Anclaje del cable portante**

El cable portante, como se describe anteriormente, se anclará a las torres por medio de un eje. Este será cilíndrico hueco, para reducir su peso. La figura 4.14 muestra su disposición en la torre:

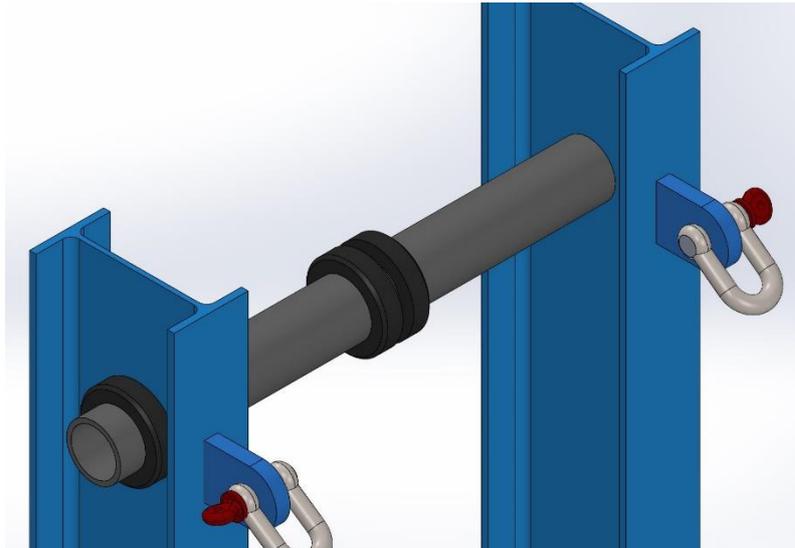


Fig. 4.14: Disposición del eje de anclaje principal

El eje estará construido a partir de una barra perforada estándar, fabricada en acero S355. A continuación, las tablas 4.5 y 4.6 recogen las propiedades de sección y se material del eje:

Tabla 4.6: Propiedades de la sección circular hueca

| Propiedad | Magnitud |
|----------------------------|-----------|
| D_{exterior} (mm) | 60 |
| d_{interior} (mm) | 50 |
| Peso propio (Kg/m) | 6'82 |
| Área (cm ²) | 864 |
| I_x (mm ⁴) | 329376'35 |

Tabla 4.6: Propiedades del acero S355

| Propiedad | Magnitud |
|------------------------------|----------|
| Módulo elástico (MPa) | 210000 |
| Límite elástico (MPa) | 355 |
| Resistencia a Tracción (MPa) | 490-680 |

Al no ser inoxidable, se recomienda para garantizar la resistencia a la intemperie del eje un tratamiento similar al de los pilares. El eje estará apoyado en sus dos extremos en las almas de los pilares, a través de agujeros en ellas. Para evitar un desplazamiento axial que pueda sacar al eje del agujero, se colocarán unos collares de retención del tipo DIN 705 sujetos mediante prisionero, como se ve más arriba en la figura 4.14. Además, otros dos anillos del mismo tipo colocados a ambos lados del cable principal evitarán que el cable se desplace hacia los lados, desbalanceando las cargas sobre los pilares. A continuación, se muestra una vista de cerca de este componente:



Fig. 4.15: Collar de fijación DIN 705 (Fuente: ELESA+GANTER)

- **Eje de la polea guía del cable tractor**

Tal y como se describe en la figura 4.12, el cable tractor del vehículo pasa por una polea guía. Esta disposición se recoge en más detalle en la figura 4.16:

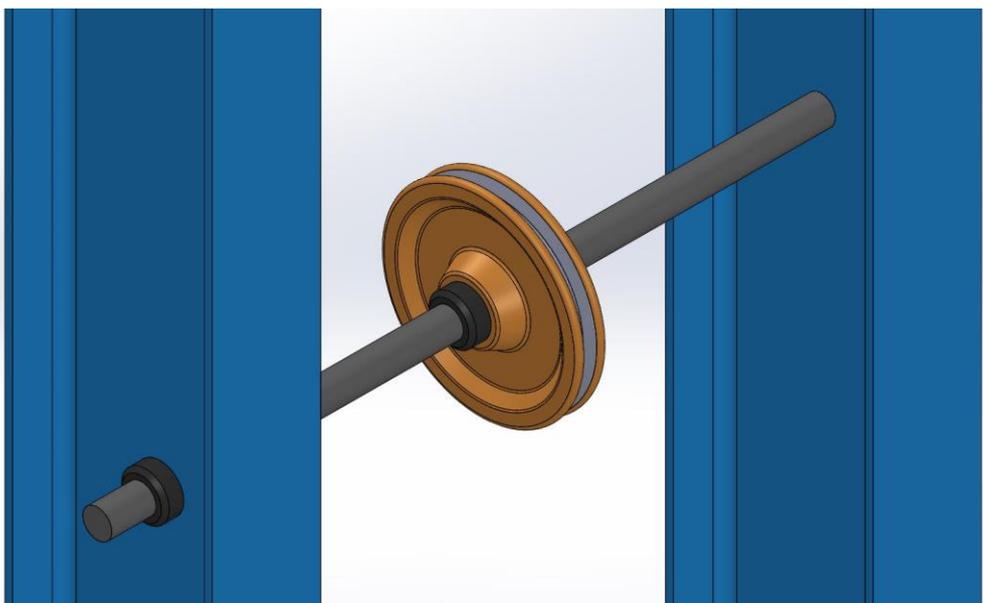


Fig. 4.16: Eje de la polea guía del cable tractor

La polea elegida es una polea para cable de 6mm de diámetro con un diámetro externo de 150mm. Esta se anclará a la torre con un eje cilíndrico de 22 milímetros de diámetro, que es el diámetro interior del cojinete de la polea. Además, corresponde con medidas estándar y por tanto será más barato que mecanizarlo a partir de otro eje mayor. Su material será el mismo que el anclaje del cable portante,



S355. La figura 4.17 muestra la polea en cuestión:

Fig. 4.17: Polea guía (Fuente: REMA Holland)

Asimismo, la tabla 4.6 recoge los datos de la sección circular del eje:

Tabla 4.7: propiedades de sección del eje

| Propiedad | Magnitud |
|----------------------------|----------|
| D_{exterior} (mm) | 22 |
| Área (mm ²) | 380'1 |
| I_x (mm ⁴) | 11499 |

Del mismo modo que el eje mayor, el eje se sujetará a los pilares con collares de retención del tipo DIN 705 en las caras exteriores de los pilares. Para mantener la polea en su posición se utilizarán otros dos anillos de retención del mismo tipo, uno a cada lado de la polea. Y como el eje del cable portante, deberá ser protegido de la intemperie con pintura antióxido para exteriores.

- **Orejetas de anclaje de los tensores**

Para compensar las acciones de los cables sobre los pilares, en la parte alta de los pilares se anclarán dos orejetas de acero S275, soldada cada una en el centro de las alas de los pilares y coincidiendo en altura con los ejes de anclaje del cable portante. En la figura 4.18 se muestran su forma en detalle, y en la tabla 4.7 se recogen sus valores:

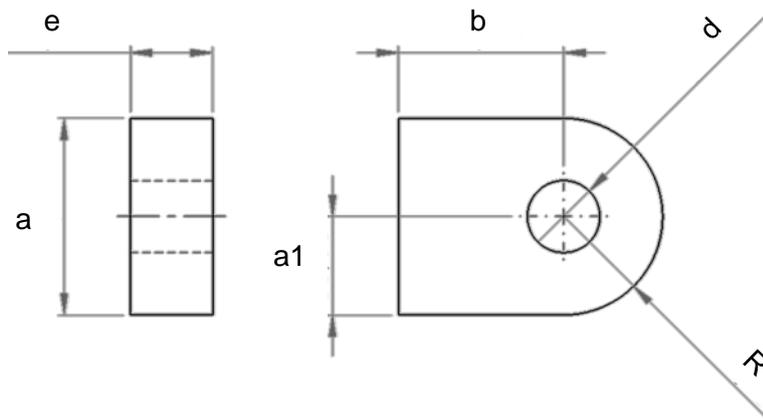


Fig. 4.18: Orejeta de anclaje

Tabla 4.8: Dimensiones de la orejeta de anclaje

| Propiedad | Magnitud |
|---------------------|----------|
| a (mm) | 60 |
| b (mm) | 50 |
| a ₁ (mm) | 30 |
| d (mm) | 19 |
| R (mm) | 30 |

Como los demás componentes de las torres, se deberá proteger activamente el material para que resista la acción de los elementos, sobre todo los elementos soldados, que son más propensos a ser afectados por la corrosión. Y como los demás componentes, con pintura para exteriores será suficiente.

A la orejeta se anclará el tensor de cable mediante un grillete EN 13889 de alta resistencia tamaño 116, como recoge la figura 4.19:



Fig. 4.19: Grillete EN 13889 de alta resistencia (Fuente: DAMESA)

Por otra parte, el tensor será solicitado al fabricante del mismo cable que el cable portante, es decir, 6x7+1 con alma metálica y diámetro nominal de 12mm. Se solicitará con una longitud de 3'40m y con sus extremos acabados en anillas con guardacabos y casquillo prensado, tal y como se mostró en el caso del cable portante. Para que cumpla su función, este cable se deberá anclar con un ángulo de $26'56^\circ$ respecto a la vertical, y su anclaje queda fuera del alcance de este documento.

- **Placa de anclaje de los pilares**

Aunque la cimentación de las torres no se desarrollará en este documento, es necesario dimensionar unas bases de anclaje para los pilares. corresponderá a un ingeniero civil dimensionar y comprobar las zapatas donde se monten las torres y los anclajes de los cables tensores. Cada pilar se anclará a una placa independiente y, la base que soporte el motorreductor será ligeramente más ancha para acomodar los soportes de este. las figuras 4.20 y 4.21 muestran las placas sin y con suplemento respectivamente:

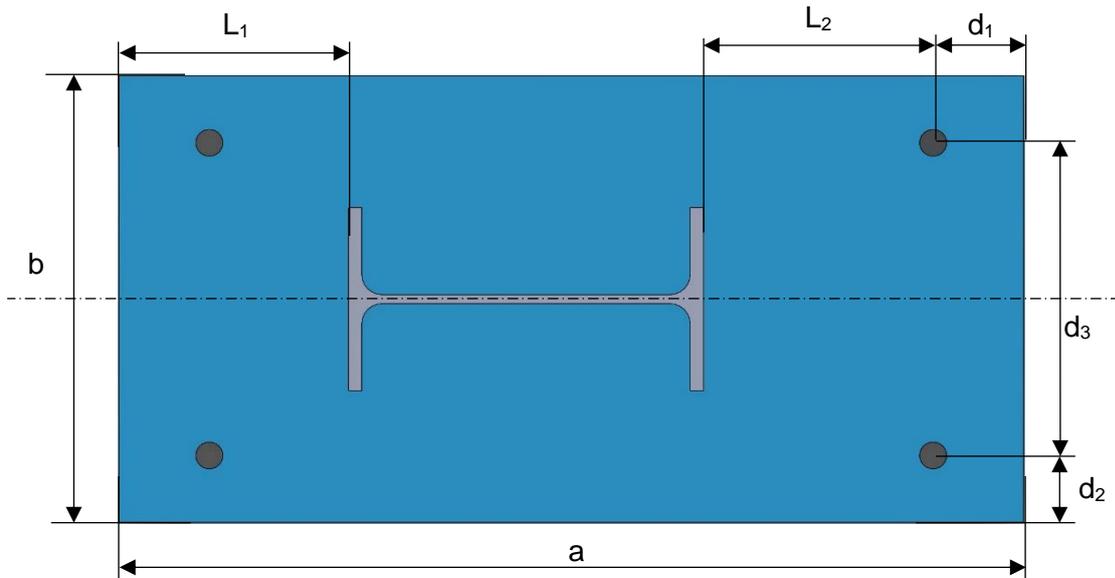


Fig. 4.20: Placa de anclaje

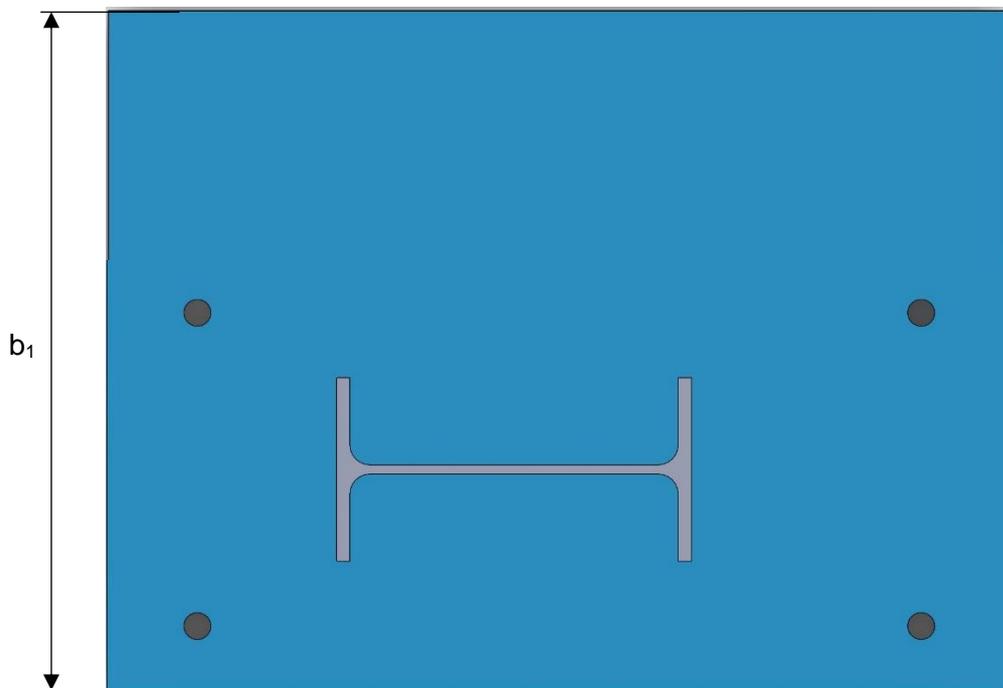


Fig. 4.21: Placa de anclaje con suplemento

Como puede observarse, las medidas en las dos placas son idénticas excepto su anchura. El perfil se sitúa en la misma posición en las dos placas, pero ligeramente desplazado hacia la izquierda para dejar espacio para el apoyo de las chumaceras. La tabla 4.8 recoge las dimensiones mostradas en las figuras:

Tabla 4.9: dimensiones de las placas de anclaje

| Propiedad | Magnitud |
|------------------------|----------|
| a (mm) | 400 |
| b (mm) | 200 |
| b ₁ (mm) | 300 |
| d ₁ (mm) | 40 |
| d ₂ (mm) | 30 |
| d ₃ (mm) | 140 |
| L ₁ (mm) | 100 |
| L ₂ (mm) | 100 |
| Espesor de placa (mm) | 15 |
| Diámetro agujeros (mm) | 12 |

Del mismo modo que los pilares, las placas están fabricadas en acero S275, y se protegerán con el mismo procedimiento que estos.

4.3 Sistema motriz de la cesta

El sistema motriz o de tracción es el encargado de recoger y soltar el cable para trasladar la cesta por su recorrido. La figura 4.22 muestra la disposición de los elementos del sistema:

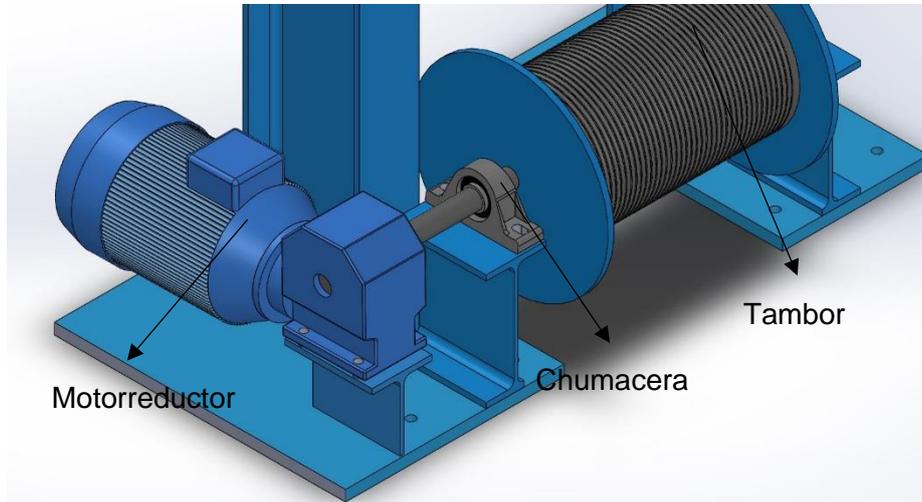


Fig. 4.22: Esquema, tambor de arrollamiento

- **Tambor de arrollamiento**

El tambor de arrollamiento es el reservorio de cable. Será acanalado para guiar el cable durante su funcionamiento. Con esto se consigue que el cable siempre trabaje siempre en las mismas condiciones y se evitan solapamientos incorrectos que deterioren el cable [9]. La figura 4.23 muestra un croquis del perfil de acanalado:

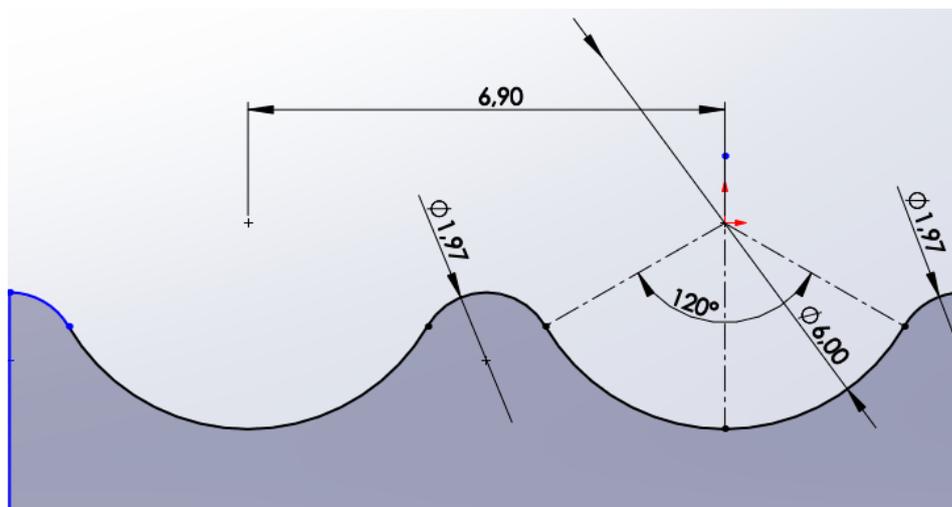


Fig. 4.23: Esquema del acanalamiento

La parte color azul oscuro corresponde con la sección del tambor, por lo que el cable se apoyaría sobre las superficies cóncavas y las medidas mostradas son las recomendadas para un cable de 6mm [9]. La figura 4.24 muestra la sección del tambor por separado:

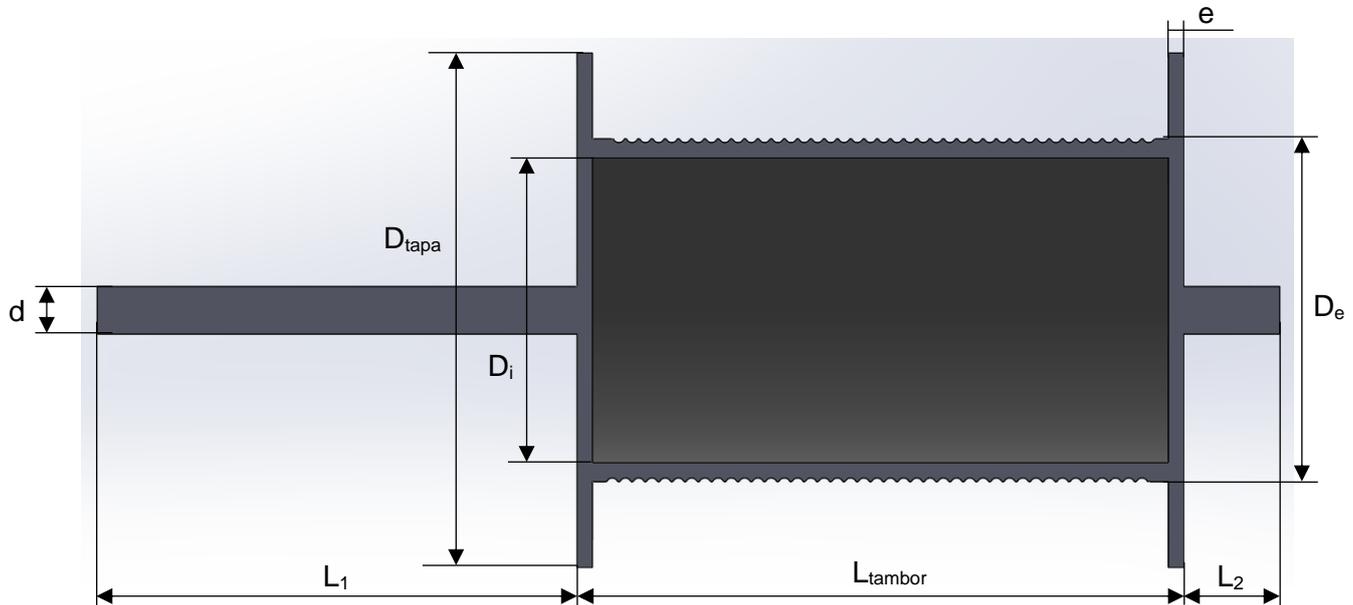


Fig. 4.24: sección del tambor

Como puede observarse, el tambor está formado por un cilindro hueco, al que se sueldan dos tapas circulares y en el centro, un eje partido en dos. La tabla 4.9 recoge las medidas mostradas en la figura:

Tabla 4.10: Dimensiones del tambor

| Propiedad | Magnitud |
|--------------------------|----------|
| L_1 (mm) | 250 |
| L_2 (mm) | 50 |
| L_{tambor} (mm) | 316 |
| D_e (mm) | 180 |
| D_i (mm) | 164 |
| D_{tapa} (mm) | 270 |
| e (mm) | 8 |
| d (mm) | 25 |

El tambor y las tapas se fabricarán en acero S355 utilizado anteriormente. Sin embargo, el eje necesita unas características de deformación y resistencia más exigentes, por lo que se fabricará en F1140. Sus propiedades mecánicas se recogen en la tabla 4.10:

Tabla 4.11: Propiedades del Acero F1140

| Propiedad | Magnitud |
|------------------------------|----------|
| Módulo elástico (MPa) | 210000 |
| Límite elástico (MPa) | 430 |
| Resistencia a Tracción (MPa) | 650-800 |

Para enrollar el cable de tracción se debe tener en cuenta su dirección de trenzado [7]. Como el utilizado en esta estructura tiene un trenzado a derechas y la posición de enrollado es por detrás del tambor, como se puede ver en la figura 4.12, el cable se enrollará de derecha a izquierda, tal y como se recoge en la figura 4.25:

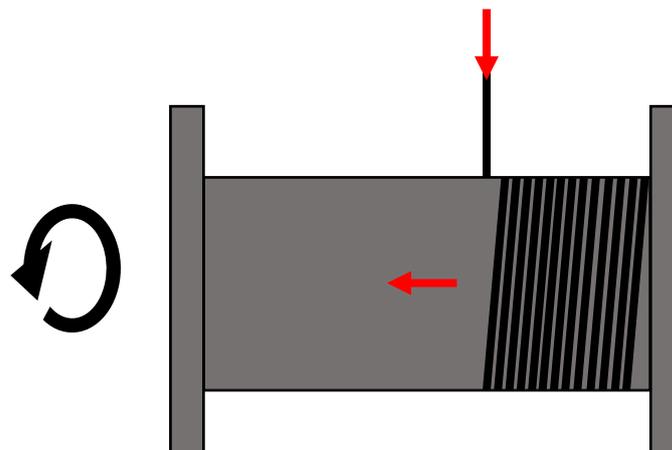


Fig. 4.25: Esquema de enrollado del cable tractor.

Si el observador se sitúa mirando desde una de las torres hacia la otra, el tambor de arrollamiento quedará frente a sí mismo y entre los tensores y los pilares, con el motorreductor quedando en el lado izquierdo. Por lo que, al enrollar, se empezará por la cara derecha y en sentido hacia el motorreductor. Además, se recomienda mantener lubricado el tambor y el cable para que protegerlos de la humedad que podría almacenarse en el cable enrollado y propiciar la corrosión de la zona.

Por último, el tambor se sujetará al motorreductor mediante chaveta, recogida en mayor profundidad en el subapartado de este.

- **Chumaceras**

El tambor de arrollamiento se sujetará sobre dos chumaceras atendiendo al diámetro del eje y la carga soportada. Bajo este criterio se ha seleccionado la chumacera SKF modelo SY 25 TR, recogida en la figura 4.26:

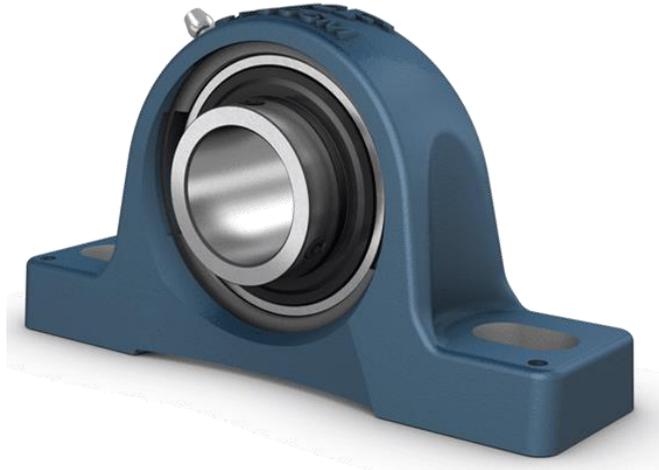


Fig. 4.26: Chumacera SY 25 TR (Fuente: SKF)

Estas chumaceras están fabricadas en fundición gris, y acogen cojinetes de bolas del tipo YAR 205 2RF, como recoge la figura 4.27:



Fig. 4.27: Cojinete YAR 205 2RF (Fuente: SKF)

El cojinete es de bolas y posee un collar extendido con fijación mediante prisioneros. La chumacera tiene además un sobrecierre de goma para evitar aún más la entrada de polvo o humedad, muy adecuado para las condiciones de trabajo de estas. Las chumaceras se colocarán a la misma distancia de las tapas del tambor, es decir, con el lado exterior a 50mm de las tapas, y los collares apuntarán al tambor.

A su vez, las chumaceras deberán anclarse a las placas de anclaje garantizando que el cable tractor quede vertical a la salida del tambor. Para ello, se utilizarán dos trozos del mismo perfil IPE 160 utilizado en los pilares como elevadores, como se puede observar en la figura 4.22 y se recoge en mayor detalle a continuación:

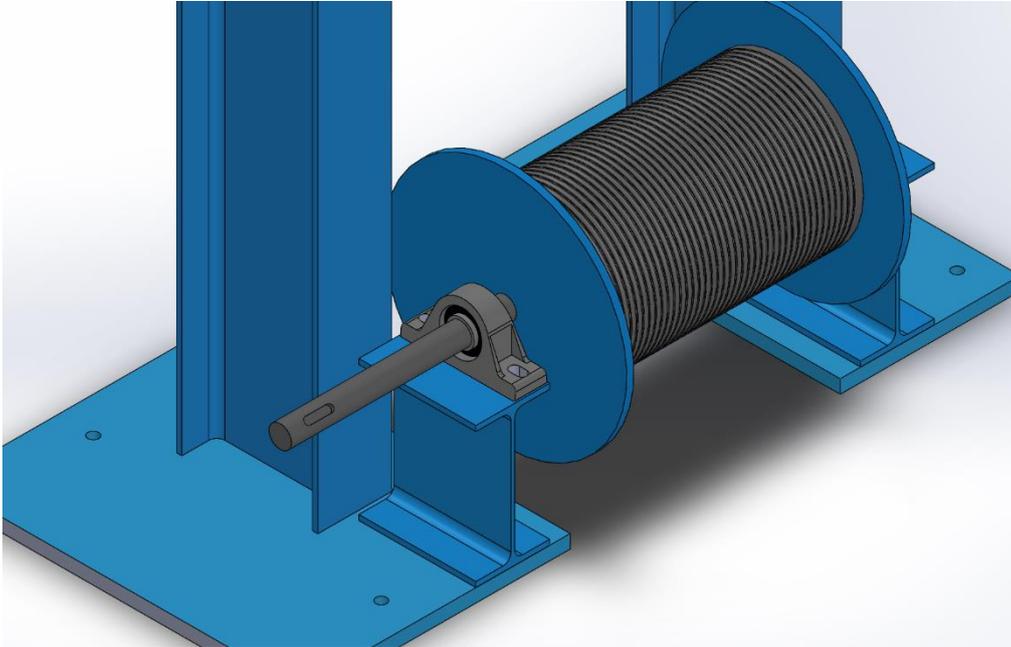


Fig. 4.28: Esquema de anclaje del tambor de arrollamiento

Estos apoyos serán soldados a la placa de anclaje y mediante los agujeros rasgados de las chumaceras, será posible ajustar la verticalidad de la salida del cable.

- **Motorreductor**

Además del tambor de arrollamiento, el sistema motriz de la estructura está formado por un motorreductor que le dará el movimiento al tambor de arrollamiento. Sabiendo la velocidad a la que se quiere mover el vehículo (1m/s) y la fuerza que es necesaria para mantenerlo estático, se seleccionará un motorreductor que supere este valor.

Con estos datos se ha elegido un conjunto motorreductor de la empresa Rossi modelo MR V 325 HF 80C 4 230.400 B14R/118. Se trata de un motorreductor con tren de engranajes de tornillo sinfín, tamaño 325, con motor trifásico asíncrono de tamaño 80C. La figura 4.29 recoge su modelo CAD:

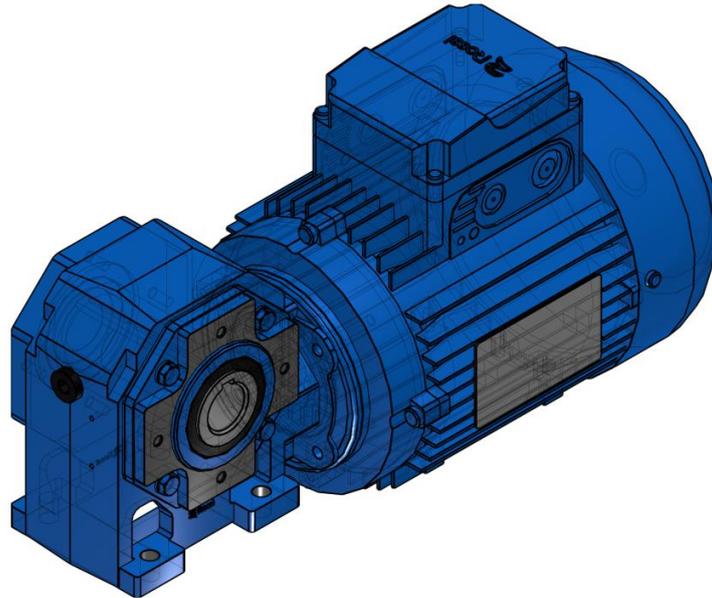


Fig. 4.29: Modelo CAD del motorreductor (Fuente: ROSSI)

A su vez, la tabla 4.11 recoge los datos de funcionamiento de este:

Tabla 4.12: Datos del motorreductor

| Propiedad | Magnitud |
|---------------------------|----------|
| Potencia (W) | 1100 |
| Velocidad de salida (RPM) | 118 |
| Par de arranque (N.m) | 77 |

Con este motorreductor es posible acelerar el vehículo desde parado hasta su velocidad nominal en 0'57s. Para unirlo al eje del tambor de arrollamiento, se utilizará una chaveta paralela DIN 6885 A tamaño 8x7x32 mm, tal y como la mostrada a continuación:



Fig. 4.30: Chaveta DIN 6885A (Fuente: ELESA+GANTER)

Del mismo modo que las chumaceras, el motorreductor necesitará unos apoyos elevadores para mantenerlo a la altura del eje del tambor de arrollamiento. Y del mismo modo que en el caso de las chumaceras, se utilizará un trozo de perfil estructural IPE 160, modificado para atornillarle el motorreductor. En la figura 4.31 se recoge esta sujeción en mayor detalle:

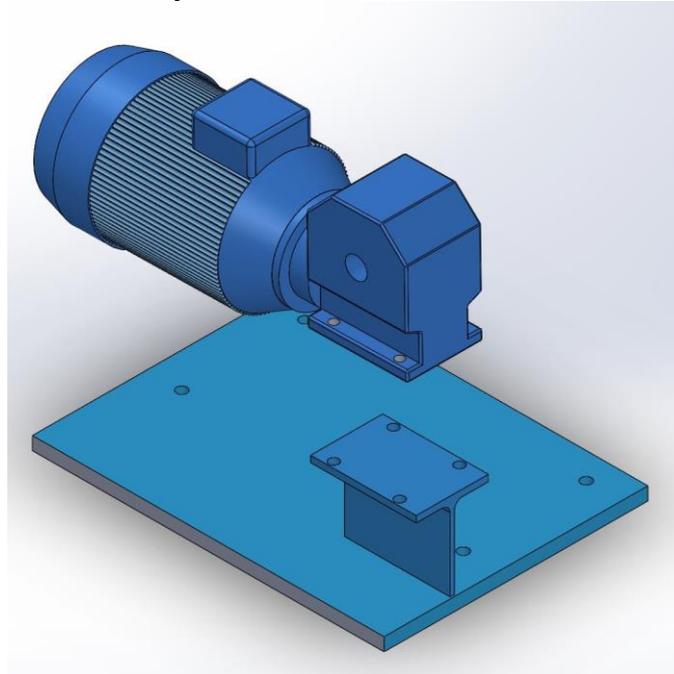


Fig. 4.31: Detalle, Montaje del motorreductor

Se ha cortado el ala inferior del otro trozo de perfil para acomodar la base del reductor y poder atornillarlo. Este apoyo se soldará a la superficie de la placa de anclaje, que como se mencionó antes deberá ser ampliada en el lado izquierdo de las torres, donde se colocarán los motorreductores.

Ambos soportes deberán colocarse en taller junto con los apoyos de las chumaceras, y permitiendo un ajuste fino en el momento del montaje en la instalación. Asimismo, se protegerán del mismo modo que el resto de los componentes de la estructura para soportar a la intemperie.

4.4 Vehículo

El vehículo es el encargado de contener la carga durante su recorrido por la instalación. Está compuesto por la cesta y el carretón, que la conecta con el cable

- **Cesta**

La cesta estará formada por un armazón de tubos cuadrados del tipo 20x20x2mm. Las figuras 4.32 y 4.33 muestran la estructura y la sección de los tubos, respectivamente:

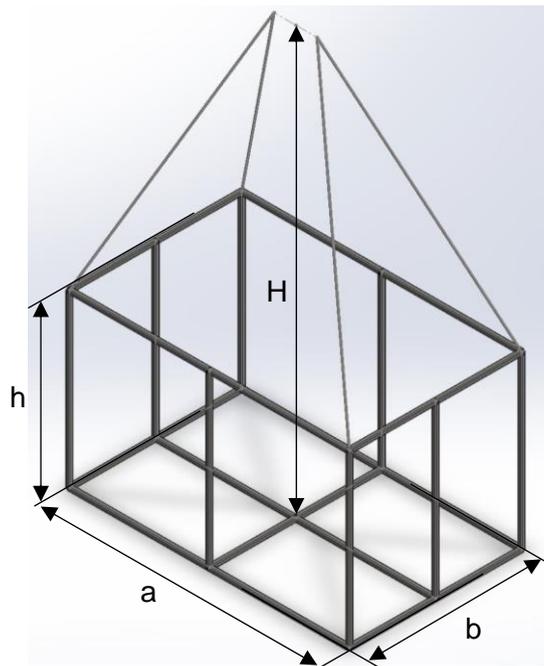


Fig. 4.32: Estructura de la cesta y dimensiones principales

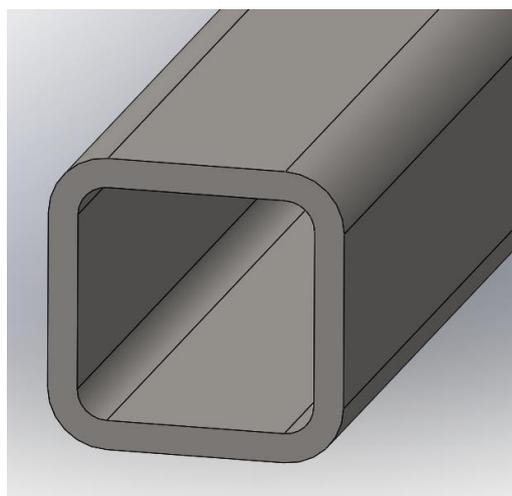


Fig. 4.33: Sección del perfil estructural

Los tubos están fabricados en acero estructural S275, y sus medidas de la cesta se recogen en la tabla a continuación:

Tabla 4.13: Medidas de la cesta

| Propiedad | Magnitud |
|-----------|----------|
| a (mm) | 1300 |
| b (mm) | 800 |
| h (mm) | 800 |
| H (mm) | 2000 |

Por otra parte, los laterales de la cesta estarán cerrados con malla metálica del tipo X-TEND CXE, que se sujetará al armazón mediante cable del mismo tipo que la malla, tal y como recoge la figura 4.34:



Fig. 4.34: Malla de diamante X-TEND CX (Fuente: CARL STAHL)

Esta malla permitirá confinar la carga y si es necesario proporcionará puntos de sujeción adicionales para la misma, sin suponer un incremento de peso considerable en la cesta, y permitiendo su permeabilidad al viento. En la tabla 4.13 se recogen los datos de la malla:

Tabla 4.14: Datos de la malla

| Propiedad | Magnitud |
|-------------------------|----------|
| Diámetro del cable (mm) | 2 |
| Mh(mm) | 104 |
| Mw(mm) | 800 |
| Tipo de cable | 7x7 |
| Material del cable | AISI 316 |

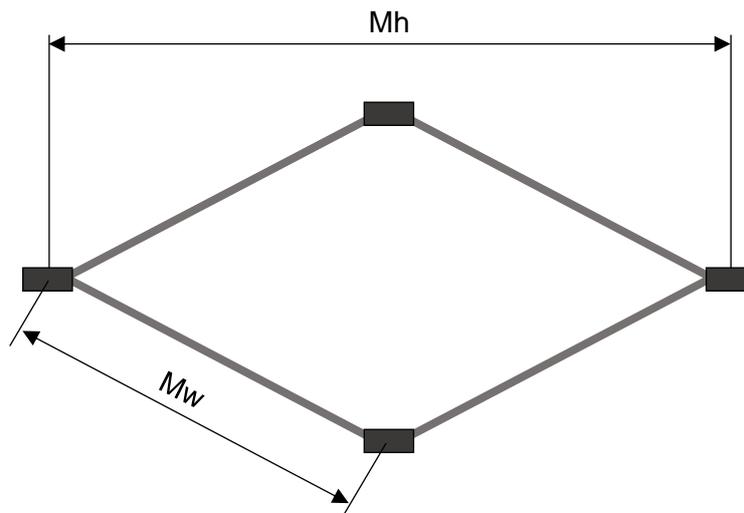


Fig. 4.35: Dimensiones de malla

Asimismo, el fondo estará compuesto por un entramado de cuadrícula (comercialmente conocido como Trames) hecho de resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio [7], que presenta una elevada resistencia y ligereza, además de dejar pasar la lluvia y el viento si fuera necesario. En la figura 4.36 se muestra un ejemplo de este entramado:

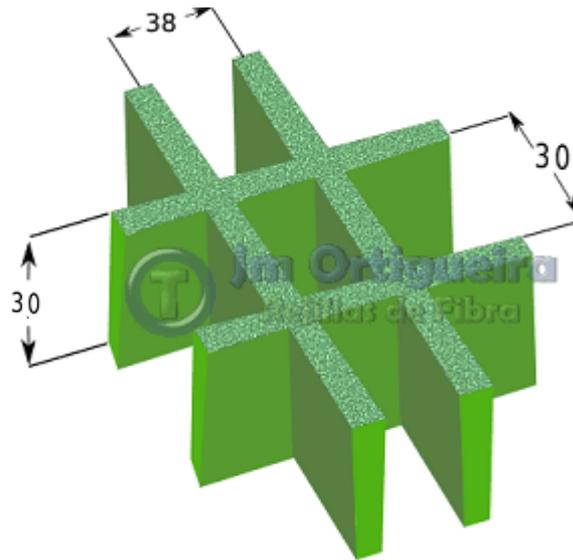


Fig. 4.36: Entramado Tramex (Fuente: JM Ortigueira)

Este entramado se fijará a la base de la cesta mediante anclajes propietarios denominados anclajes tipo M [8], como recoge la figura 4.37:



Fig. 4.37: Fijación tipo M (Fuente: JM Ortigueira)

Estos anclajes están compuestos por una grapa que se coge de dos de las paredes de la cuadrícula, y que está atornillada a una pieza en forma de gancho, que se sujeta a la base de la estructura, por lo que no hacen falta operaciones previas en la estructura para su instalación.

Por otra parte, para unir la cesta al carretón, se utilizarán cuatro tirantes hechos del mismo cable que el usado en el sistema de tracción, con una longitud de 1'3 metros y con sus extremos acabados en anillas con guardacabo y casquillo prensado. Para unir cada extremo a la cesta, se utilizarán dos grilletes rectos DIN82101 tamaño 16 que se sujetarán como se muestra en la figura 4.38:

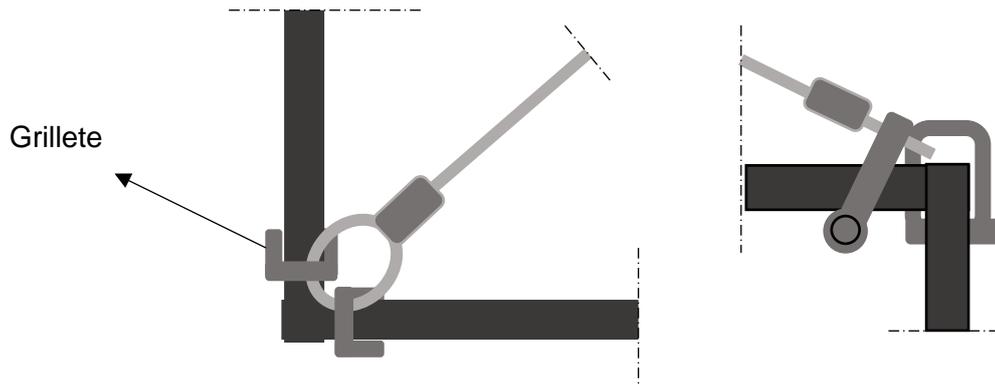


Fig. 4.38: Diagrama de unión de los cables y la cesta

Estos grilletes, que están recogidos a continuación se han escogido de este tamaño ya que poseen un paso interior es de 21mm y así pueden ser colocados alrededor de los perfiles sin problemas.



Fig. 4.39: Grillete DIN 82101 (Fuente: DAMESA)

- **Carretón**

El carretón representa la conexión final entre el cable portante y la cesta. Para conformarlo se han seleccionado varias soluciones comerciales del fabricante Petzl de equipamiento de escalada y transporte por cable, como se representa en la figura 4.40:

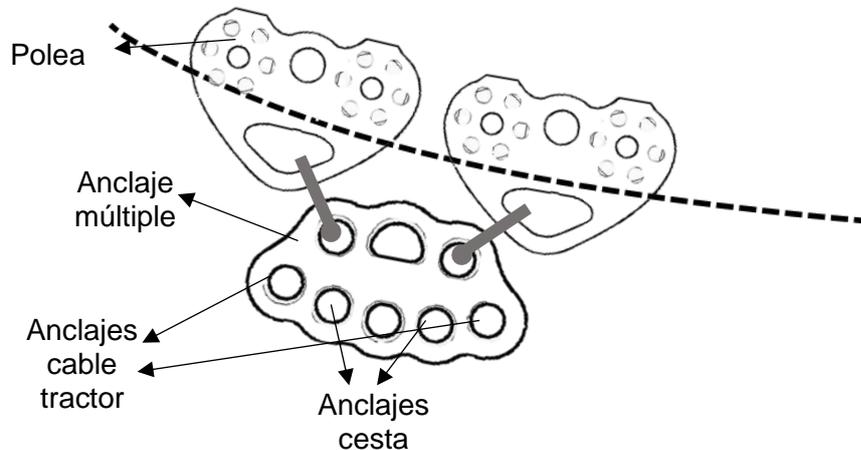


Fig. 4.40: Diagrama del carretón

En la figura anterior pueden distinguirse dos poleas dobles modelo “Tandem Speed Cable” a los que se une un anclaje múltiple de dos a cinco puntos modelo “Paw M” mediante dos grilletes idénticos a los usados para unir los cables de soporte de la cesta. Las figuras 4.41 y 4.42 recogen estos elementos comerciales:



Fig. 4.41: Polea Tandem Speed Cable (Fuente: Petzl)



Fig. 4.42: Anclaje múltiple Paw M (Fuente: Petzl)

Tanto las poleas como el anclaje múltiple están producidos en aluminio anodizado y no necesitan mantenimiento. Las poleas tienen una abertura en el centro por donde pasará el cable portante. Una vez se acople el anclaje múltiple las poleas quedarán aseguradas y no podrán salirse del cable.

Por otra parte, los cables de la cesta se unirán en los orificios intermedios del anclaje múltiple, mientras los cables tractores se conectarán en los puntos exteriores. Todos estos anclajes también se harán mediante el mismo tipo de grilletes rectos galvanizados que, si bien son mucho más grandes de lo necesario, comúnmente se venden en paquetes de varias unidades, por lo que al comprar en mayor cantidad los costes de fabricación y mantenimiento se reducen.

4.5 Protección contra la intemperie

Como se ha mencionado a lo largo de la descripción de la solución constructiva, la mayor parte de los componentes han de ser protegidos contra la corrosión causada por su localización. Para ello se propone un acabado compuesto por una imprimación antioxidante de base resina, a la que se aplicará encima un esmalte de base resina, que sea compatible con la imprimación. Generalmente, estos esmaltes poseen buena resistencia a la abrasión y los efectos del agua y el sol. A continuación, se recoge un conjunto de imprimación y esmalte con base de resina epoxi:



Fig. 4.43: Imprimación antioxidante Blatepox (Fuente: Blatem)



Fig. 4.44: Esmalte epoxi Blatepox (Fuente: Blatem)

Los cables y elementos con acabados galvanizados están protegidos en cierta medida contra la corrosión, pero será necesario mantenerlos limpios para que el acabado perdure en el tiempo.

DISEÑO DE UN TRANSPORTE POR CABLE

ANEXO I: MEMORIA DE CÁLCULOS

ERIK RAMOS NAVARRO

ÍNDICE

| | |
|--|---------------|
| 1. CABLE PORTANTE Y CABLE TRACTOR | i |
| • <i>Cable portante</i> | i |
| • <i>Cable tractor</i> | v |
| 2. DIMENSIONADO DE LAS TORRES | ix |
| • <i>Comprobación estática</i> | xiii |
| • <i>Verificación a pandeo</i> | xiv |
| 3. EJE DE ANCLAJE DEL CABLE PORTANTE | xv |
| • <i>Comprobación estática</i> | xvi |
| • <i>Comprobación a desgarró del alma de los pilares</i> | xvi |
| 4. EJE DE ANCLAJE DE LA POLEA GUÍA | xviii |
| • <i>Comprobación estática</i> | xx |
| • <i>Comprobación a desgarró del alma de los pilares</i> | xx |
| 5. OREJETA DE ANCLAJE DE LOS TENSORES | xxi |
| • <i>Comprobación estática</i> | xxii |
| • <i>Verificación como unión articulada</i> | xxii |
| • <i>Verificación de la soldadura</i> | xxvii |
| 6. PLACA DE ANCLAJE DE LOS PILARES | xxviii |
| • <i>Verificación de la soldadura</i> | xxxi |
| 7. SISTEMA MOTRIZ DE LA CESTA | xxxii |
| • <i>Tambor de arrollamiento</i> | xxxii |
| • <i>Verificación de las soldaduras</i> | xxxvii |
| • <i>Anclaje de las chumaceras</i> | xxxviii |

- *Grapas de anclaje del cable*.....xxxviii
- *Motorreductor*.....xl
- *Comprobación de la chaveta*.....xlii
- 8. CESTA Y CARRETÓN**.....**xliii**
- *Cesta*.....xliii
- *Carretón*.....xlvii

1. Cable portante y cable tractor

• Cable portante

Para dimensionar el cable portante se parte de la aproximación como parábola de la curva del cable, donde la ecuación 1 muestra la flecha en cada punto x del recorrido [5], de acuerdo con la figura 1.1:

$$F = \left(\frac{P}{L} + \frac{g_t}{2\cos\alpha} \right) * \frac{(L-x) * x}{H}; \quad (1)$$

Donde:

- g_t : peso propio por unidad de longitud del cable (Kg/m).
- P : peso de la cesta cargada (Kg).
- H : tensión horizontal del cable (Kg).
- α : ángulo de la recta ficticia que une los extremos del cable ($^\circ$)
- L : Longitud horizontal entre los extremos del cable (m)

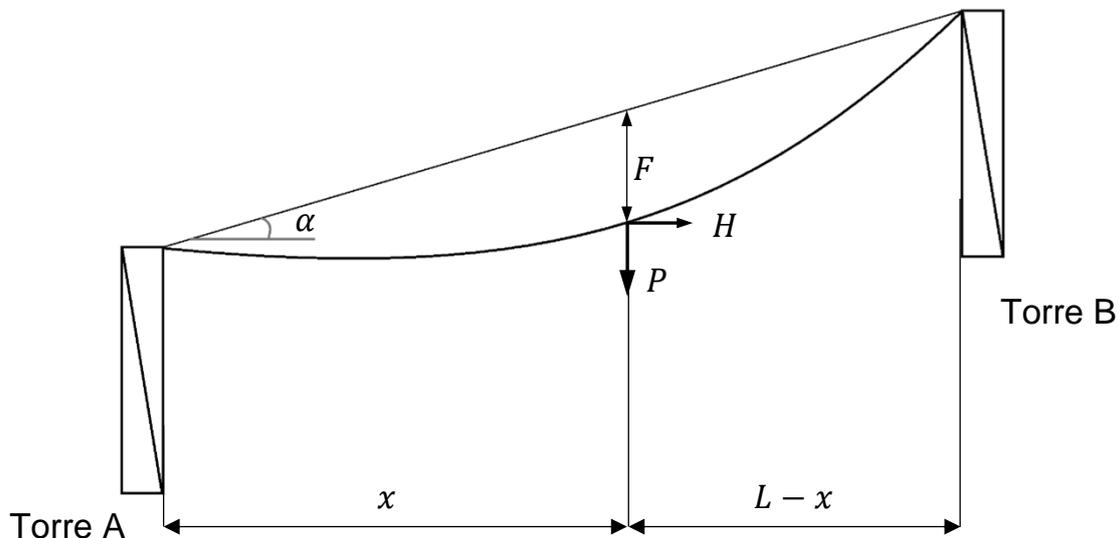


Fig. 1.1: Esquema del análisis de la flecha

Conociendo esto, y dado que el valor máximo de la flecha se da en $x = L/2$, se reordenan los términos para obtener el valor máximo de H ; tal como muestra la ecuación 2:

$$F_{\text{máx}} = \frac{P * L}{4 * H} + \frac{g_t * L^2}{8 * \cos\alpha * H}; \quad (2)$$

De dicha ecuación se puede despejar $H_{\text{máx}}$ como:

$$H_{m\acute{a}x} = \frac{P * L}{4 * F_{m\acute{a}x}} + \frac{g_t * L^2}{8 * \cos\alpha * F_{m\acute{a}x}}; \quad (3)$$

Esta es la tensión máxima horizontal en el cable. Mediante las ecuaciones 4 y 5 se obtendrán los ángulos de salida de las tensiones en los extremos del cable [5]; representados en la figura 1.2:

$$\text{Lado Inferior:} \quad \tan\gamma = \tan\alpha - \frac{g_t \frac{L}{2} + P}{H}; \quad (4)$$

$$\text{Lado superior:} \quad \tan\beta = \tan\alpha + \frac{g_t \frac{L}{2} + P}{H}; \quad (5)$$

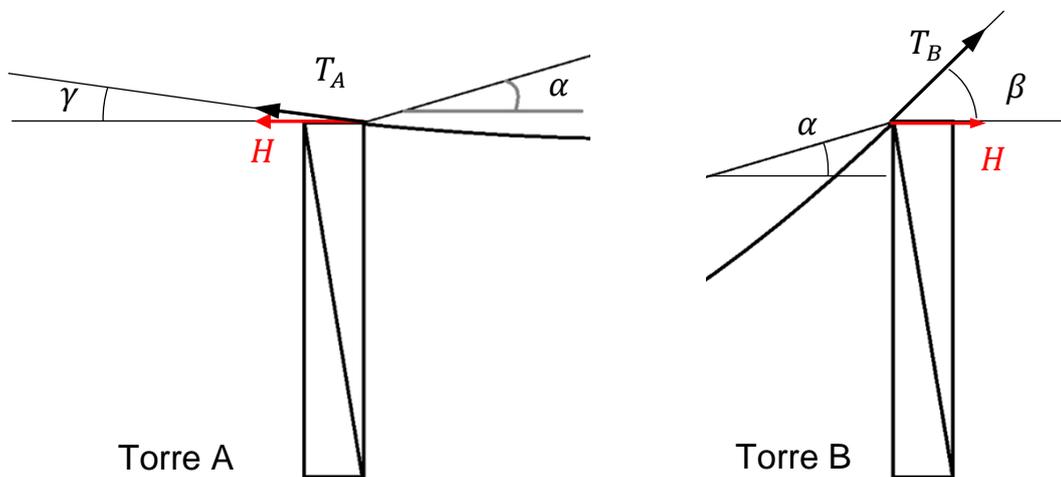


Fig. 1.2: Esquema de tensiones en los extremos del Cable

Según este esquema, las tensiones en los extremos se obtendrán mediante trigonometría como muestran la ecuación 6:

$$T_a = \frac{H}{\cos\gamma}; \quad T_B = \frac{H}{\cos\beta}; \quad (6)$$

Seleccionar el cable es un proceso iterativo donde, tras fijar una flecha máxima y conociendo el peso de la cesta y el peso propio del cable, se comprueba que las tensiones de los extremos sean menores a las máximas del cable elegido. La flecha máxima admisible para el uso que se dará de este cable ha de estar comprendida entre $L/20$ y $L/30$ [5]. Para en este caso se escogerá el valor intermedio $L/25$, 4 metros.

Conocidos los datos del cable:

- Diámetro nominal: 12mm.
- Trenzado con cruzado a derecha.
- Peso propio: 0'515Kg/m.
- Carga de rotura: 9.570Kgf // 94'1KN.

La carga útil de la cesta es de 200kg, y se le sumará el peso propio de la cesta. Por una parte, el armazón, según Solidworks (donde se ha estudiado tal y como se recoge más adelante), tiene un peso de 21kg. Además, el peso de su base de entramado Tramex, según el fabricante es de 14'60kg/m². Como la superficie de la base es de 1'04m², dicho peso asciende a 15'2kg. Teniendo en cuenta esto, y dejando cierto margen para los cables de carga y demás elementos auxiliares, se tomará un peso total de la cesta de 240Kg.

Con todos estos datos y sustituyendo en las ecuaciones anteriores, se obtienen los resultados siguientes:

- $T_a = 16.330'92N // 16'33KN$;
- $\gamma = -3'43^\circ$;
- $T_b = 16.843'34N // 16'84KN$;
- $\beta = 14'57^\circ$.

Estos resultados reflejan, en primer lugar, que γ es negativo, lo que significa que parte de la curva del cable cargado estará por debajo del anclaje en la torre A, afectando así al sistema de tracción de la cesta como se estudiará más adelante y, en segundo lugar, que el cable seleccionado es capaz de soportar las sollicitaciones. Sin embargo, según la guía NTP155 [9] debe satisfacerse un coeficiente de seguridad de 6. En el caso de este cable, el coeficiente de seguridad es de:

$$C_{seguridad} = \frac{94100N}{16843N} = 5.59$$

Pese a no superar el coeficiente recomendado, dado que para este tipo de cables las medidas superiores son menos comunes y por tanto más difíciles de conseguir, y ya que el valor no se aleja demasiado de seis, se considerará válido este valor.

Por último, es necesario determinar la longitud de cable necesaria para cumplir los requisitos anteriormente descritos. Para ello se tomará como aproximación la ecuación 7 [6], dada la simplificación como parábola adoptada anteriormente:

$$S \approx L' \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f}{L} \right)^2 \right]; \quad (7)$$

Donde:

- L' : Distancia real entre las torres (m);
- S : Longitud aproximada de la curva del cable portante (m);
- f : Flecha en el punto medio de la curva (m);
- L : longitud horizontal entre las torres.

El valor de L' se obtiene mediante trigonometría sabiendo la distancia horizontal y el salto entre las dos torres:

$$L' = \sqrt{L^2 + h^2} = \sqrt{100^2 + 10^2} = 100'50m$$

Sustituyendo los datos en la expresión anterior obtenemos que $S = 100'93m$.

Para obtener el valor de pretensado, se emplean las ecuaciones 3, 4, 5 y 6 considerando que la carga P es igual a 0. Este es el valor de montaje del cable, y permitirá cumplir con la flecha límite una vez se cargue la cesta. Tras sustituir se obtiene que:

- $T_{A\text{ montaje}} = 1.589'45N$;
- $\gamma_{\text{montaje}} = 3'39^\circ$;
- $T_{B\text{ montaje}} = 1.639'11N$;
- $\beta_{\text{montaje}} = 14'53^\circ$;

Por lo tanto, hará falta tensar el extremo de la torre A en 1.589'45N mediante el sistema descrito más arriba.

• Cables tractores

Tal y como se recoge más arriba, será necesario contar con dos sistemas de tracción, uno junto a cada torre. Para seleccionar los cables tractores, se analizarán los casos críticos en cada uno de los dos lados del recorrido del cable, mediante el análisis estático de la cesta. Para la Torre A, el análisis estático se ve representado por la figura 1.3:

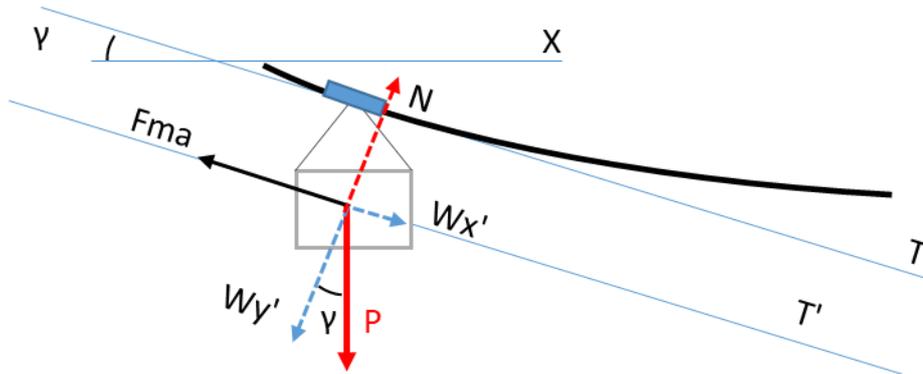


Fig. 1.3: Esquema del análisis estático, Torre A

Siendo:

- F_{ma} : Fuerza de arrastre del cable tractor de la Torre A (N);
- P : Peso de la cesta cargada (N);
- γ : Ángulo de la tensión en el extremo A del cable portante;
- $W_{x'}$: Componente del peso de la cesta en el eje X' (N);
- $W_{y'}$: Componente del peso de la cesta en el eje Y' (N);
- N : Reacción normal del cable portante sobre la cesta en el eje Y' ;

En el caso crítico del lado de la Torre A, se colocará un sistema de coordenadas local paralelo al eje ficticio T, tangente a la curva del cable portante en el extremo A. Con este sistema de coordenadas, se divide el peso de la cesta cargada en dos componentes, una en el eje Y' , compensada por la reacción normal en el cable portante y otra en el eje X' , compensada por el cable tractor del lado A. Pese a que la cesta no llegará a estar en ninguno de los extremos del cable portante, se tomará esta simplificación para garantizar una mayor seguridad.

Asimismo, se simplificará el peso de los cables de la siguiente manera: El peso de cable que afecta a la tensión soportada por cada cable tractor será igual al peso de la porción de cable existente entre su torre y el punto más bajo del recorrido de la cesta. Aunque la cesta esté ubicada en el punto crítico, esta porción es suministrada por el tambor de arrollamiento del lado contrario, y colgará de la cesta hasta el punto mínimo del recorrido. El resto de cable estará sujeto por el tambor que lo suministra, como se refleja en la figura 1.4:

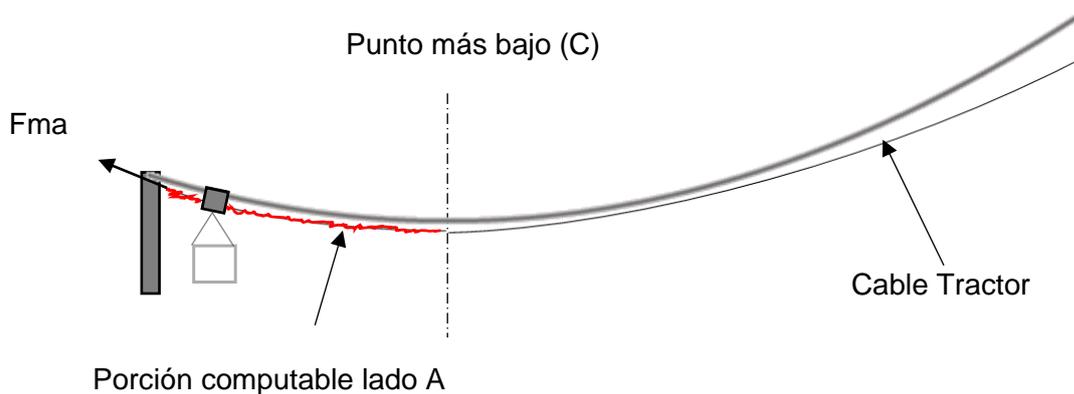


Fig. 1.4: Peso del cable a tener en cuenta para cada torre

El valor de la fuerza de tracción en A en el estudio del punto crítico se obtiene mediante la ecuación 8:

$$F_{ma} = P * \sin\gamma + g_t * L_{pa}; \quad (8)$$

Siendo:

- g_t : Peso propio del cable tractor (N/m);
- L_{pa} : Longitud de la porción de cable que computa para A (m).

A su vez, L_{pa} se define con la ecuación 9:

$$L_{pa} = \overline{LAC} \cdot 1'01; \quad (9)$$

Esta es la longitud entre los puntos A y C (punto más bajo de la curva del cable tractor) más un 1% de esta longitud ya que, como en el caso del cable portante, la longitud total es aproximadamente un 1% más larga que la línea recta que uniría los extremos A y B. \overline{LAC} a su vez se calcula por trigonometría, tras obtenerse gráficamente la posición del punto C. Para el caso estudiado, el valor de \overline{LAC} es de 18'76m.

Por último, se considerará que la interacción entre las poleas de la cesta y el cable portante se realizará sin deslizamiento, y se despreciará el rozamiento que tengan los cojinetes de bolas de las poleas.

Tras acotar el análisis estático de los puntos críticos, se tomará como primera propuesta un cable 6x19 con alma de fibra sintética con los siguientes parámetros:

- Diámetro nominal: 6mm;
- Peso propio: 1'25N/m;
- Trenzado con cruzado a derecha;
- Carga de rotura: 22'8KN // 2.320Kgf.

Aplicando estos datos en las fórmulas propuestas, se devuelven los siguientes resultados:

- $L_{pa} = 18'95m$;
- $F_{ma} = 164'06N$

Para considerar el cable válido, de nuevo se debe cumplir un coeficiente de seguridad mínimo de 6 como pasaba con el cable portante [9]. El coeficiente de seguridad que presenta este cable es de:

$$C_{seguridad} = \frac{22800N}{164'06N} = 120'69$$

Resultado que supera con creces el valor mínimo. Sin embargo, un diámetro menor es más vulnerable ante rozaduras o golpes, por lo que se mantendrá el diámetro en aras de reducir el riesgo a rotura derivado del mal uso de este.

Para el lado de la Torre B, el punto crítico estará representado por la figura 1.5. Todas las consideraciones previamente descritas se mantendrán en este análisis.

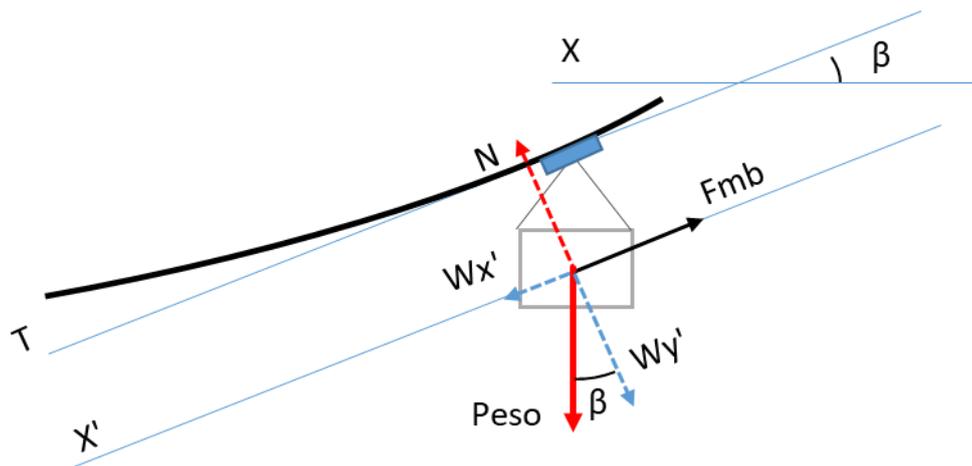


Fig. 1.5: Esquema del análisis estático, Torre B

Como en el punto crítico del lado de la Torre A, T es un eje arbitrario tangente a la curva del cable cargado en el extremo B, y se plantea un sistema coordenado local, cuyo eje X' es paralelo al eje T. Del mismo modo que la tensión F_{ma} dependía del ángulo γ , la tensión que sufrirá el cable de tracción F_{mb} dependerá del ángulo β , que se calcula con la ecuación 10:

$$F_{mb} = P * \sin\beta + g_t * L_{pb}; \quad (10)$$

Se trata de la ecuación 8 pero cambiando los términos del ángulo y la longitud de cómputo para el efecto del peso propio del cable al caso crítico de B. En este caso, dicha longitud de cómputo vendrá dada por la ecuación 11, una modificación de la 9:

$$L_{pb} = \overline{LBC} \cdot 1'01; \quad (11)$$

De igual manera que con la ecuación 9, la longitud entre los puntos B y C se ha de obtener gráficamente. Para este caso, \overline{LBC} vale 81.93m. Conociendo los datos del cable a analizar y sustituyendo de nuevo en las ecuaciones, se obtienen los resultados siguientes:

- $L_{pb} = 82'75m$;
- $F_{mb} = 693'76N$;

Como era esperable, la tensión del lado B será mayor ya que el cable portante no compensa tanta parte del peso de la carga como en el lado A. Habiendo elegido el mismo cable que en el caso anterior, el coeficiente de seguridad de este será:

$$C_{seguridad} = \frac{22.800N}{693'76N} = 28'54$$

De nuevo, el coeficiente es mayor a 6, por lo que será válido.

2. Dimensionado de las torres

Una vez seleccionados los cables que sustentarán y trasladarán la cesta entre las torres, es necesario dimensionar estas para que soporten las cargas. Recopilando las acciones que afectarán a las torres:

- $T_a = 16.330'92N$;
- $T_b = 16.843'34N$;
- $F_{ma} = 164'06N$;
- $F_{mb} = 693'76N$.

Siendo las dos primeras los esfuerzos en los extremos del cable portante, y los segundos los esfuerzos en los cables del sistema de tracción, respectivamente. Dado que los valores no se alejan mucho entre las dos torres, y dado que para abaratar costes es más sencillo utilizar los mismos materiales en la fabricación de las torres, se puede llegar a la conclusión de que, dimensionando la torre más cargada, la torre menos cargada será igualmente válida. A continuación, se procederá a dimensionar la Torre B y todos sus componentes, ya que es la más cargada. Todas las comprobaciones deben garantizar un factor de seguridad de al menos 1,7 de acuerdo con las recomendaciones de construcción de teleféricos de la O.I.T.A.F. [10]. En la figura 1.6 se representa la torre B y la distribución de los elementos que la componen:

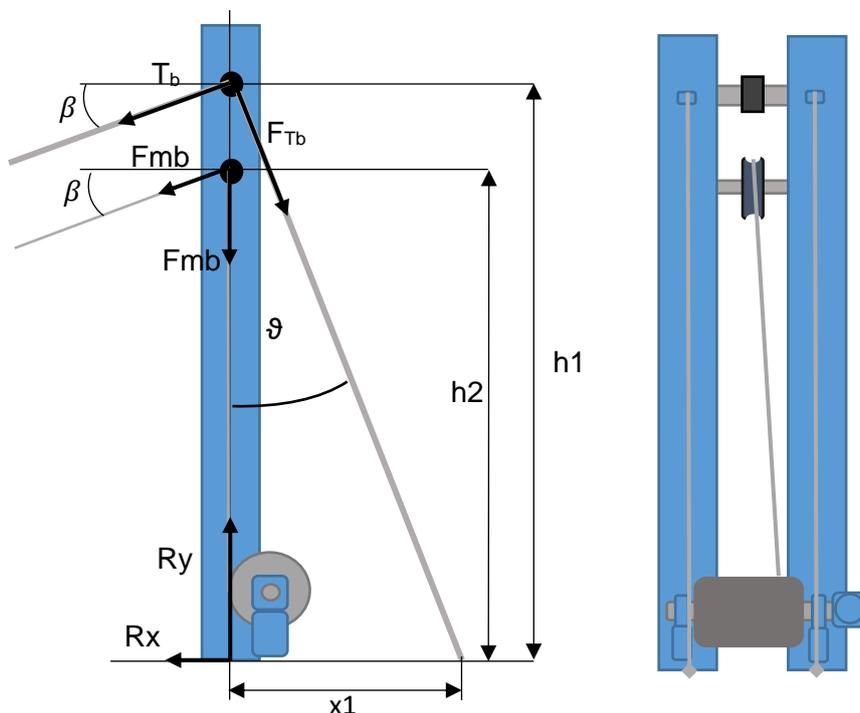


Fig. 1.6: Esquema de la distribución de la torre y acciones sobre la misma

En la figura se han representado las diferentes acciones que se tendrán en cuenta en el dimensionamiento de los componentes de la torre, siendo estas:

- T_b : Tensión del cable portante en la Torre B (N);
- F_{mb} : Tensión del cable tractor de la Torre B (N);
- F_{Tb} : Fuerza realizada por el tensor (N);
- R_x : Reacción en la torre en X (N);
- R_y : Reacción en la torre en Y (N);
- ϑ : Ángulo del tensor ($^\circ$);
- h_1 : Distancia desde la base al centro del eje de anclaje del cable portante (m);
- h_2 : Distancia desde la base al centro del eje de anclaje de la polea del cable tractor (m);
- x_1 : Distancia entre el centro del pilar y el extremo del tensor (m).

Los tensores tienen como objetivo compensar el momento en la soldadura del pilar con la base que causan las fuerzas a la que está sometido, por lo que el análisis del pilar será suponiendo un momento en el empotramiento nulo. Las reacciones y la fuerza ejercida por el tensor se obtienen con las ecuaciones 12, 13 y 14, obtenidas al aplicar equilibrio de fuerzas y momentos respecto a la base:

$$R_x = F_{Tb} * \sin\vartheta - \cos\beta(T_b + F_{mb}); \quad (12)$$

$$R_y = F_{Tb} * \cos\vartheta + \sin\beta(T_b + F_{mb}) + F_{mb} + PP_{pilar}; \quad (13)$$

$$F_{Tb} = \frac{\cos\beta(T_b * h_1 + F_{mb} * h_2)}{h_1 * \sin\vartheta}; \quad (14)$$

Además de estas ecuaciones es necesario definir el peso propio del pilar y el ángulo ϑ que forma el tensor con el eje del pilar:

$$PP_{pilar} = 2 * h_{total} * q_{pilar};$$

$$\vartheta = \arctan\left(\frac{x_1}{h_1}\right);$$

Siendo q_{pilar} el valor del peso por unidad de longitud del pilar en N. Ya que el resto de las ecuaciones se refieren al conjunto de los dos pilares, habrá que multiplicar por dos el peso propio del pilar para considerarlos los dos. Reemplazando valores en las ecuaciones y sabiendo que se propone un pilar del tipo IPE 160:

- $h_{total} = 3'15m$;
- $h_1 = 3m$;
- $h_2 = 2'5m$;
- $x_1 = 1'5m$;
- $q_{pilar} = 158N/m$.

Obtendremos estos resultados:

- $\vartheta = 26'565^\circ$;
- $PP_{pilar} = 995'4N$;
- $R_x = 111'91N$;
- $R_y = 39.325'58N$;
- $F_{Tb} = 37.702'81N$.

Con los resultados se elaboran los diagramas de momento flector y esfuerzo cortante y normal, siempre teniendo en cuenta que los resultados anteriores representan las interacciones totales sobre los pilares, y habrá que dividirlos entre dos para analizar individualmente cada uno. En la figura 1.7 se recogen dichos diagramas:

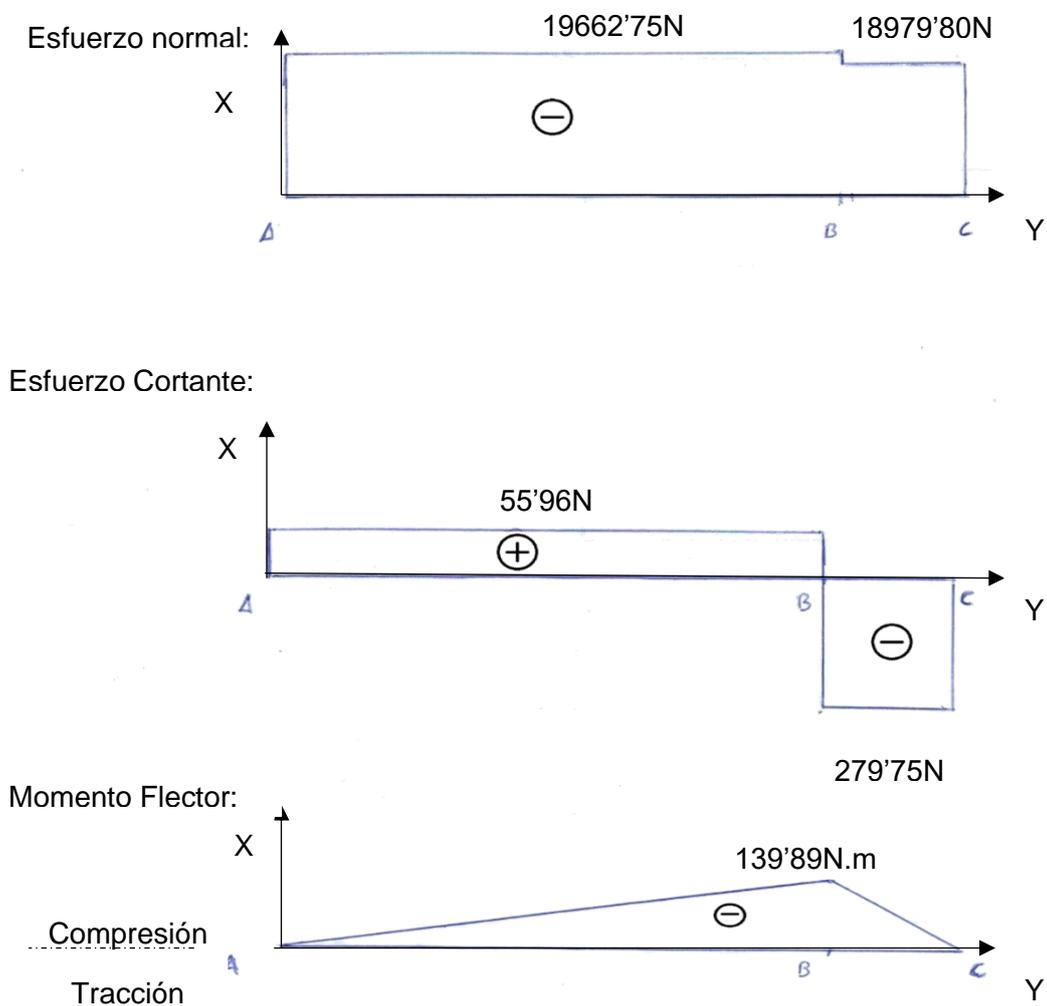


Fig. 1.7: Diagramas de esfuerzos normales y cortantes y de momento flector, Torre B

La tensión originada sobre los pilares será mayoritariamente debida al esfuerzo de compresión. Sin embargo, se computarán los efectos de las tres acciones que suceden en el punto B, que es el más cargado. Mediante las ecuaciones 15, 16 y 17 se calculan las tensiones causadas por cada una de las acciones. Con la 18 se obtendrá la tensión equivalente de Von Mises [11]:

$$\sigma_{comp.} = \frac{F_{Normal}}{A} \quad (15)$$

$$\sigma_{Flexión} = \frac{M_{flector} * Y_{máx}}{I_x} \quad (16)$$

$$\tau = \frac{F_{cortante} * S_x}{I_x * b} \quad (17)$$

$$\sigma_{eq.} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \sqrt{2 * (\sigma_{comp.} + \sigma_{flexión})^2 + 6 * (\tau)^2} \quad (18)$$

Siendo:

- $\sigma_{comp.}$: Tensión debida a la acción normal a la sección del pilar (MPa);
- F_{Normal} : Fuerza Normal en el punto de estudio (N);
- A : Área del pilar (mm²);
- $\sigma_{flexión}$: Tensión debida al momento flector (MPa);
- $M_{flector}$: Momento flector en el punto de estudio (N*mm);
- $Y_{máx}$: Distancia de la fibra neutra de la sección al borde más alejado (mm);
- I_x : Inercia de la sección respecto al eje x (mm⁴);
- τ : Tensión debida al esfuerzo transversal a la sección del pilar (MPa);
- $F_{cortante}$: Esfuerzo cortante en el punto de estudio (N);
- S_x : Módulo estático de media sección del pilar (mm³);
- b : espesor del alma del pilar en el punto estudiado (mm)
- $\sigma_{eq.}$: Tensión equivalente de Von Mises o Tensión axial equivalente (MPa).

Una vez definido el procedimiento de cálculo, se sustituirán valores en las ecuaciones proponiendo un perfil IPE 160, cuyas propiedades de sección son las siguientes:

- $A = 2.010mm^2$;
- $Y_{máx} = 80mm$;
- $I_x = 8.690.000mm^4$;
- $S_x = 61.900mm^3$;
- $b = 5mm$.

De esta forma se obtienen los resultados siguientes:

- $\sigma_{comp.} = 9'44MPa$;
- $\sigma_{flexión} = 1'29MPa$;
- $\tau = 0'399MPa$;
- $\sigma_{eq.} = 10'75MPa$.

Con estos resultados se ha de comprobar si el material escogido para el pilar es suficientemente resistente. Dado que el pilar está producido en acero S275, su límite elástico es de 275MPa. Sin embargo, es necesario reducir este valor de acuerdo con la norma UNE13001-3-1 [12] con la ecuación 19:

$$F_{Rd} = \frac{f_y}{\gamma_m * \gamma_{sm}} \quad (19)$$

Siendo:

- F_{Rd} : Esfuerzo límite de cálculo (MPa);
- f_y : Límite elástico del material (MPa);
- γ_m : Factor general de resistencia (adimensional), con valor 1'1;
- γ_{sm} : Factor específico de resistencia (adimensional), con valor 0'95.

Tras sustituir en la ecuación, se obtiene:

- $F_{Rd} = 263'158MPa$.

Con este resultado se concluye que la resistencia del perfil no va a comprometerse en estas circunstancias de trabajo.

Además, se deben hacer una serie de comprobaciones para cada elemento de la torre de acuerdo con la Norma UNE 13001-3-1 [12], descritas para cada elemento en su apartado correspondiente.

- **Comprobación estática del pilar [12].**

La verificación estática pasa por dos pruebas: la primera y más obvia es que la tensión no supere el límite de cálculo, como se ha demostrado con anterioridad. La segunda consiste en que se cumpla la siguiente desigualdad:

$$\left(\frac{\sigma_y}{F_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{F_{rt}}\right)^2 \leq 1 \quad (20)$$

Siendo:

- F_{Rd} : Tensión límite de cálculo (MPa);
- F_{rt} : Tensión tangencial límite de cálculo (MPa);
- σ_y : Suma de tensiones axial y de flexión (MPa).

La tensión tangencial límite de cálculo se obtiene con la siguiente expresión:

$$F_{r\tau} = \frac{f_y}{\gamma_m * \gamma_{sm} * \sqrt{3}} \quad (21)$$

Tras introducir los valores de trabajo y límite para este caso, se puede comprobar que la desigualdad se cumple, valiendo el término de la izquierda 0'0017.

- **Verificación a pandeo del pilar [12]**

Se supondrá que los pilares están empotrados abajo y apoyados arriba, ya que están coartados de movimiento, pero no de giro. En dirección X estarán los cables tensores y los cables principal y tractor limitando el movimiento, mientras que en el eje Z, al estar conectados los pilares con los ejes de sujeción del cable principal y de la polea del cable tractor también estarán sujetos. La carga crítica viene definida en la ecuación 22:

$$N_{ki} = \frac{2'05 * \pi^2 * E * I_i}{L^2} \quad (22)$$

Siendo:

- E : Módulo elástico del material (MPa);
- I_i : Inercia de la sección en la dirección i (mm^4);
- N_{ki} : Carga crítica en la dirección i (N).

Conociendo la inercia en el eje X de la sección y sabiendo que:

- $I_z = 683.000 \text{ mm}^4$;
- $E = 210.000 \text{ MPa}$.

Se pueden obtener las cargas críticas de pandeo para los pilares y compararlas con la carga sobre el pilar:

- $N_{kx} = 2.001.227 \text{ N}$;
- $N_{kz} = 157.288 \text{ N}$.
- $N_{trabajo} = 19.662'75 \text{ N}$.

Conocidos los resultados, puede afirmarse que la carga crítica de pandeo no es superada en ninguna de las direcciones, y por lo tanto las verificaciones realizadas a los pilares han concluido correctamente.

3. Eje de Anclaje del cable portante

El cable portante se anclará a las torres por medio de unos ejes cilíndricos. Se calculará su resistencia, así como la resistencia del alma de los pilares ante el desgarramiento garantizando un coeficiente de seguridad de 1,7 [10]. En la figura 1.8 se describe la situación del eje respecto a los pilares:

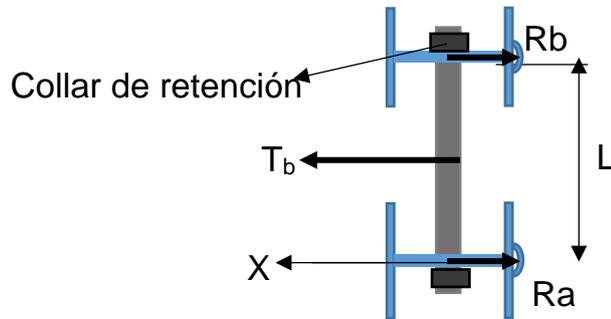


Fig. 1.8: Situación y cargas eje de anclaje principal, Torre B

Dado que el eje es cilíndrico y está apoyado en sus extremos, se analizará su resistencia en el plano que recoge la tensión del cable en B, para simplificar el cálculo. Además, dada la diferencia que supone la carga aplicada con el peso propio del eje, se omitirá este del cálculo ya que la diferencia es despreciable.

Dicho esto; y sabiendo que la carga T_b está ubicada en el centro del eje, las reacciones se obtienen de la siguiente manera:

$$R_a = R_b = \frac{T_b}{2} = 8.421'7N \quad (23)$$

Con este resultado y sabiendo que $L=0,45m$, se pueden obtener los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector del eje, tal como muestra la figura 1.9:

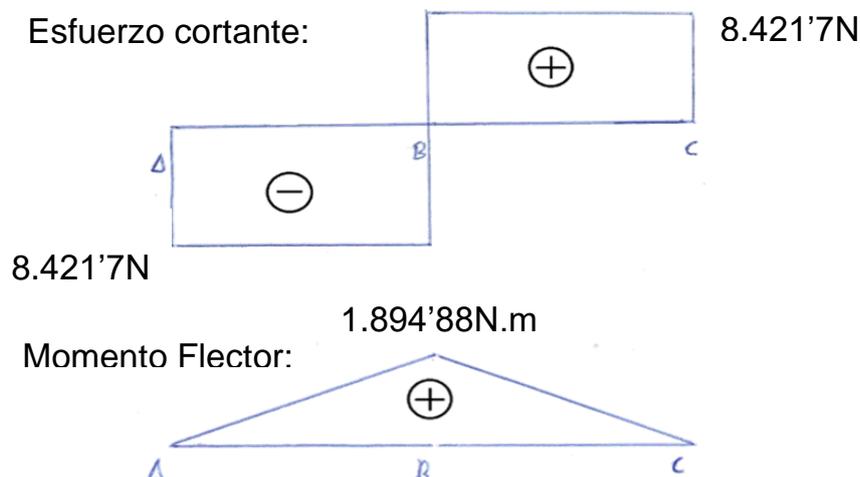


Fig. 1.9: Diagramas de esfuerzo cortante y Momento flector, anclaje del cable portante

Conociendo las acciones sobre el eje, y sabiendo las propiedades del material:

- Material: Acero S355
- $D_{exterior} = 60mm$;
- $d_{interior} = 50mm$;
- $I = 329.376'35mm^4$;
- $S_x = 7.580'33mm^3$;
- $f_y = 355 MPa$.

Se pueden obtener las tensiones que sufre usando las ecuaciones 16, 17 y 18:

- $\sigma_{Flexión} = 172'59MPa$;
- $\tau = 19'39MPa$;
- $\sigma_{eq.} = 175'82MPa$.

• Comprobación estática del eje [12]

Por una parte, la tensión equivalente no debe ser superior a la tensión límite de cálculo según la ecuación 19:

- $F_{Rd} = 339'71MPa$.

Aparte, se ha de cumplir la desigualdad 2.20; teniendo como resultados lo siguiente:

- $F_{r\tau} = 196'13MPa$;
- *lado izquierdo de la desigualdad* = $0'26 < 1$.

En conclusión, el eje de anclaje del cable principal cumple la verificación estática y por lo tanto será válido para su uso en las torres.

• Comprobación a desgarro del alma de los pilares [12]

Se comprobará la resistencia a cizallamiento del alma tomando en consideración que, pese a no ser perpendiculares a las alas del pilar, las reacciones en los apoyos se tomarán como horizontales a efectos de cálculo en vez de su proyección horizontal. La verificación se recoge en la expresión 24:

$$F_{\tau} \leq F_{vs,Rd} \quad (24)$$

Siendo:

- F_{τ} : Fuerza de cizallamiento de trabajo (N);
- $F_{vs,Rd}$: Esfuerzo límite de cálculo (N), definido como:

$$F_{vs,Rd} = \frac{A_s * f_y}{\gamma_m * \sqrt{3}} \quad (25)$$

A su vez, A_s es el área resistente para este análisis, definida como:

$$A_s = 2 * s * t \quad (26)$$

Siendo:

- t : Espesor del alma (mm);
- s : Longitud del alma sometida a cortadura según el método de 40° (mm).

Si la distancia perpendicular a las alas del pilar, desde el punto de corte entre la circunferencia del agujero en el alma y una recta que pasa por el centro de dicha circunferencia con un ángulo de 40° con la horizontal como muestra la figura 1.10:

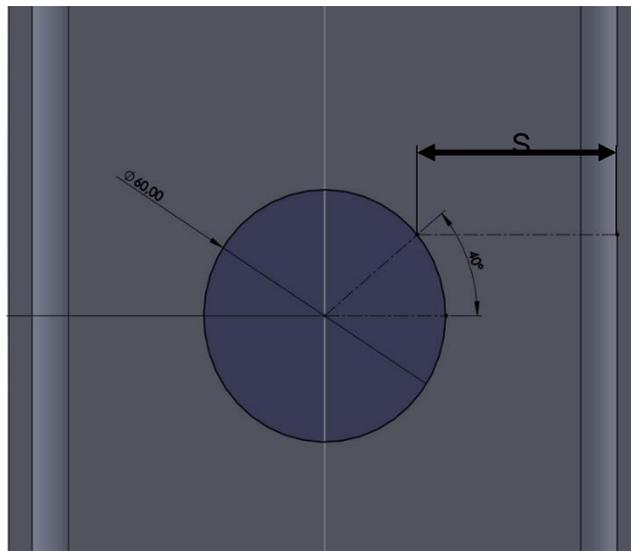


Fig. 1.10: Esquema del método de 40°

Una vez obtenido S , en este caso de forma gráfica, se debe cumplir que sea mayor que $0,8 \cdot d$:

$$s = 49'62\text{mm} > 0'8 * 60 = 48\text{mm};$$

En este caso, cumple, por lo que se procede a calcular el esfuerzo máximo admisible:

- $A_s = 492'2\text{mm}^2$;
- $F_{vs,Rd} = 71.620'3\text{N}$.

Vistos los resultados, se concluye que en el peor de los casos el eje no desgarrará el alma de los pilares.

4. Eje de anclaje para la polea del sistema motriz

El análisis y dimensionado de este se hará de igual forma que el anterior. La figura 1.11 muestra la distribución de cargas en este caso:

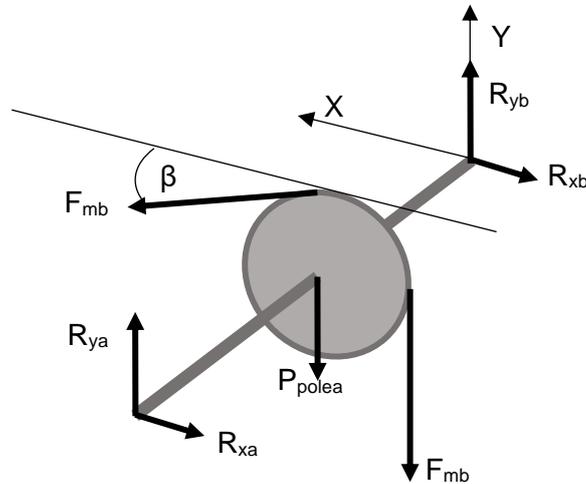


Fig. 1.11: Esquema de carga del eje del sistema motriz, Torre B

Se estudiarán las reacciones y los diagramas de carga en dos planos, para posteriormente hallar las tensiones que actúan sobre este eje. La polea para cables de 6mm, según el catálogo del fabricante, soporta cargas de hasta 500kg, mucho más que las cargas de trabajo del cable tractor, por lo que es válida.

Dadas las cargas actuantes, la sección podrá ser menor que la del eje anterior. También se descontará del estudio del mismo modo que en el caso anterior ya que no supondrá una variación significativa en los resultados.

Dicho esto, y teniendo en cuenta que la polea pesa 23N, se obtienen las reacciones en los apoyos usando la ecuación 23 aplicada por separado a los planos XZ e YZ:

- $R_{xa} = R_{xb} = 335'72N$;
- $R_{ya} = R_{yb} = 445'64N$.

Conocidas las reacciones, se pueden conformar los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector en los dos planos, tal como muestra la figura 1.12:

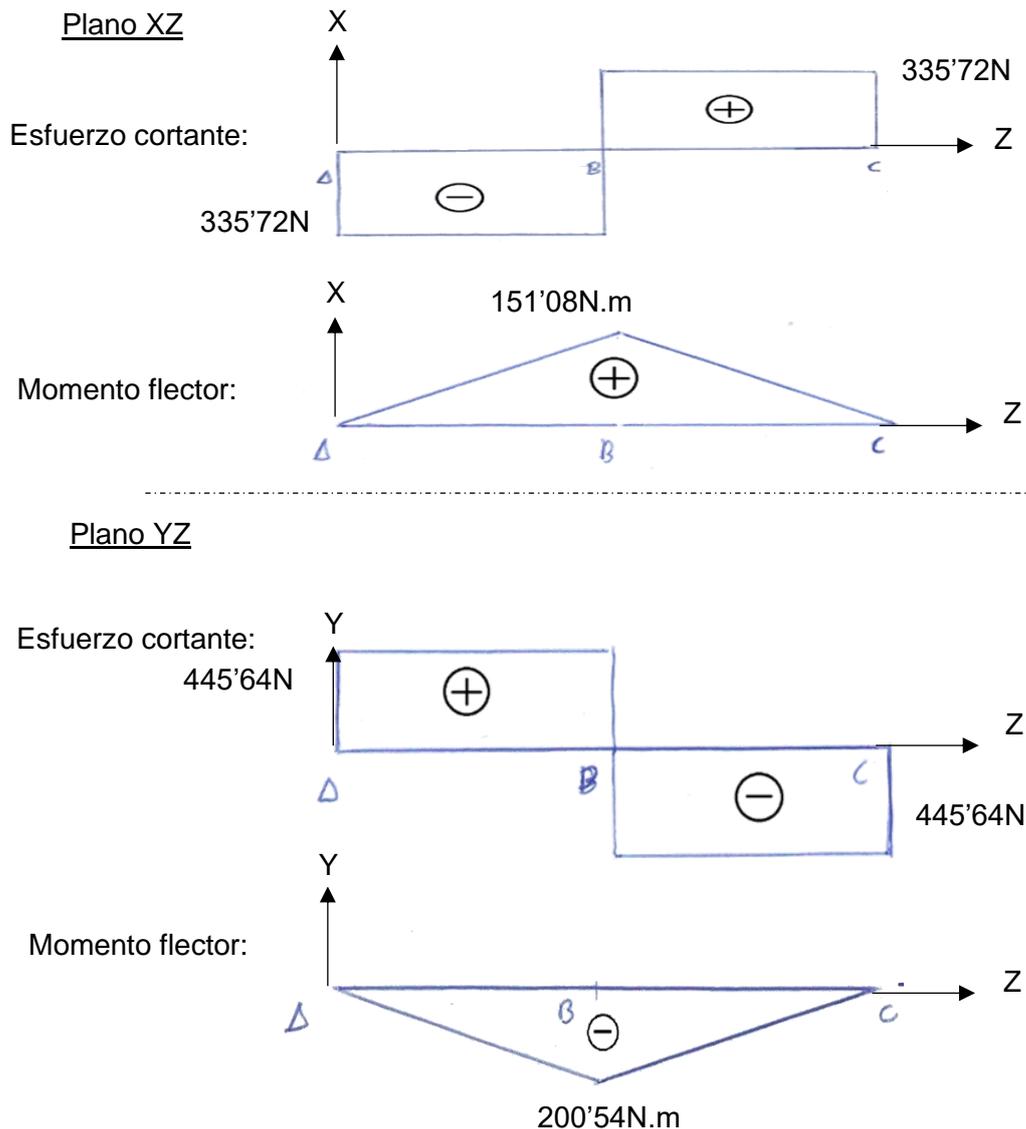


Fig. 1.12: Diagramas de esfuerzos y momento en el eje de anclaje de la polea, Torre B

Una vez conocidos los puntos de interés, se utilizarán las ecuaciones 16, 17 y 18 de nuevo para conocer las tensiones en el punto medio del eje, sabiendo las propiedades de su sección:

- $d = 22mm$;
- $I = 11.499'01mm^4$;
- $S_x = 887'33mm^3$;

Aparte de estos datos, hay que tener en cuenta que las acciones que computan en las ecuaciones son las resultantes de la combinación de las de cada plano, obtenidas de la siguiente manera:

$$M_{Resultante} = \sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2};$$
$$F_{\tau resultante} = \sqrt{(F_{\tau x})^2 + (F_{\tau y})^2}$$

Habiendo hallado las acciones resultantes, las tensiones se obtienen mediante sustitución de valores:

- $\sigma_f = 240'18MPa$;
- $\tau = 1'56MPa$;
- $\sigma_{eq.} = 240'20MPa$.

Los resultados muestran una tensión equivalente superior al caso del anclaje del cable portante, aunque las fuerzas en los cables de tracción son relativas a un punto crítico supuesto, y siempre serán menores a las usadas en el dimensionamiento.

- **Verificación estática del eje [12]**

se rescata la tensión límite de cálculo para el acero S355: $F_{Rd} = 339'71MPa$. Si se compara con el resultado anterior, se verifica que la tensión de trabajo no sobrepasa el límite.

Aparte, se ha de cumplir la desigualdad 20. Conociendo el valor del esfuerzo tangencial límite del caso anterior, $F_{\tau\tau} = 196'13MPa$; Tras sustituir en dicha expresión, el lado izquierdo de la igualdad tomará el valor de 0'5, siendo menor a 1 y por tanto verificando la resistencia de este segundo eje.

- **Comprobación del desgarro del alma de los pilares [12]**

No será necesario comprobar la resistencia a desgarro del alma de los pilares en este caso, ya que la mayor parte de la carga es vertical y por lo tanto el área resistente a cizallamiento es mucho mayor que en el caso anterior. Además, la carga horizontal es mucho menor a la ejercida en los apoyos en el caso anterior y por lo tanto el alma resistirá también esta interacción.

5. Orejetas de anclaje de los tensores

Las orejetas se estudiarán como vigas empotradas en un extremo. En la figura 1.13 se muestran sus dimensiones principales, y en la figura 1.14 su diagrama de cuerpo libre:

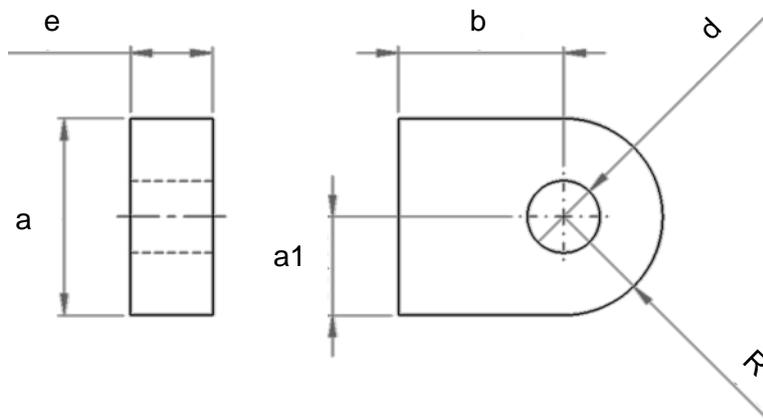


Fig. 1.13: Dimensiones de la orejeta de anclaje

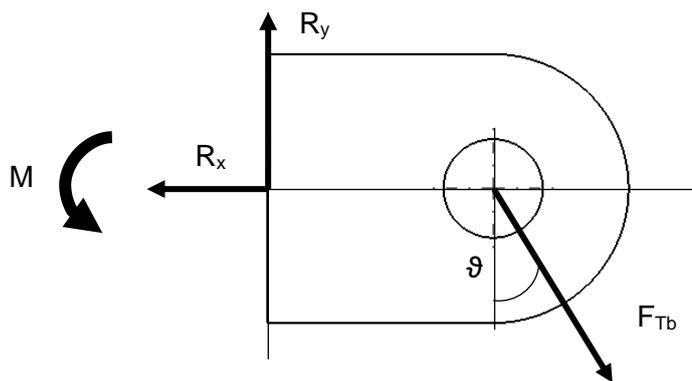


Fig. 1.14: Esquema de carga de la orejeta de anclaje

Las dimensiones de la pieza son las siguientes:

- $e = 15mm$;
- $a = 60mm$;
- $a1 = 30mm$;
- $b = 50mm$;
- $d = 19mm$;
- $R = 30mm$.

Previo al estudio de la pieza, es necesario aclarar que el diámetro del agujero dependerá del método de unión entre el tensor y la orejeta. Se utilizará un grillete recto de alta resistencia y se debe garantizar un coeficiente de seguridad de 1,7 [10]. En el caso de la torre b, los tensores han de cargar con 18851N, y el escogido

soporta 32500N y tiene un perno de 19mm de diámetro, por lo que este será el diámetro del agujero de la orejeta.

Las reacciones en el empotramiento se obtienen mediante equilibrio de fuerzas y momentos:

- $R_x = 8.430'61N$;
- $R_y = 16.861'21N$;
- $M = 843'10N.m$.

Para obtener las tensiones en el empotramiento, se procede del mismo modo que con los pilares. Las propiedades de la sección en la base son las siguientes:

- $A = 900mm^2$;
- $I_x = 270.000mm^4$;
- $y_{máx.} = 30mm$;
- $S_x = 6.750mm^3$.

Sustituyendo los valores en las ecuaciones 15, 16, 17 y 18 se obtienen estos resultados:

- $\sigma_{tracción} = 9'37MPa$;
- $\sigma_{flexión} = 93'67MPa$;
- $\tau = 28'10MPa$;
- $\sigma_{eq.} = 113'96MPa$.

• Comprobación estática de la orejeta [12]

La resistencia se verificará del mismo modo que con los pilares o los ejes de anclaje; mediante la expresión 20, con los resultados siguientes:

- *Lado izquierdo de la desigualdad* $= 0'471 \leq 1$

Por lo que se confirma la resistencia de las orejetas.

• Verificación como unión articulada [12]

Por su parte, la verificación de la unión articulada se divide en varias partes. Se ha de comprobar la cizalladura sobre el grillete, la presión diametral entre las piezas, la cizalladura del agujero de la orejeta y su resistencia a tracción.

Lo primero es comprobar el momento límite a flexión del bulón. Para ello se ha de cumplir que el momento flector de trabajo sea menor o igual al momento límite de cálculo, obtenidos mediante las expresiones 27 y 28:

$$M_{sd} = \frac{F_b}{8} * (2 * t_1 + t_2 + 4 * s) \quad (27)$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{el} * f_{yp}}{\gamma_{Rp}} \quad (28)$$

Siendo:

- M_{sd} : Momento de trabajo del bulón (N.m);
- F_b : Fuerza ejercida sobre el bulón en el plano de cizallamiento (N);
- t_1 : Espesor del arco del grillete (mm);
- t_2 : Espesor de la orejeta (mm);
- s : Espacio entre orejeta y grillete (mm);
- M_{Rd} : Momento límite de cálculo (N.m);
- W_{el} : Módulo elástico de la sección del bulón (mm³);
- f_{yp} : Límite elástico del material del bulón (MPa);
- γ_{Rp} : Factor resultante de la resistencia de bulones, obtenido como:

$$\gamma_{Rp} = \gamma_m * \gamma_{spm} \quad (29)$$

Donde:

- γ_m : Factor general de resistencia (adimensional), con valor 1'1;
- γ_{spm} : Factor específico de resistencia aplicable al momento flector en uniones articuladas (adimensional), con valor 1.

Además de los datos de la orejeta, estos son los datos del grillete:

- $t_1 = 16mm$;
- $s = 8mm$;
- $W_{el} = 673'38mm^3$;
- $f_{yp} = 640MPa$ (debido a que la calidad del bulón es 8.8)

Con todo esto es posible obtener los momentos de trabajo y límite:

- $M_{sd} = 186'16N.m$;
- $M_{Rd} = 391'79N.m$

Validando así la resistencia a flexión del bulón.

Lo siguiente a verificar es a resistencia a cizallamiento del bulón. Para ello se debe garantizar que el esfuerzo cortante al que está sometido el bulón del grillete no supera el valor límite de cálculo, obtenido mediante la expresión 30:

$$F_{vp,Rd} = \frac{1}{u} * \frac{A * f_{yp}}{\sqrt{3} * \gamma_{Rp}} \quad (30)$$

Donde:

- u : Factor de forma (adimensional), que para bulones macizos tiene valor 4/3;
- A : Área del bulón (mm^2);
- γ_{Rp} : Factor resultante de la resistencia del bulón:

$$\gamma_{Rp} = \gamma_m * \gamma_{sps} \quad (31)$$

γ_{sps} es el valor de resistencia específica para la cortadura (adimensional), y que toma el valor de 1'3 por existir un único plano de cortadura.

Si el área vale $A = 283'53\text{mm}^2$; se reemplazan valores en las expresiones para llegar al siguiente resultado:

$$F_{vp,Rd} = 54.946'71\text{N}$$

Como este valor es mayor que la carga causada por el tensor, se valida la resistencia a la cortadura.

En tercer lugar, se deberá verificar la presión diametral entre el bulón y la orejeta, que se comprueba comparando el esfuerzo causado por el cable con el esfuerzo límite definido en la expresión 32:

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b * d * t * f_y}{\gamma_{Rp}} \quad (32)$$

Teniendo que:

- $F_{b,Rd}$: Esfuerzo límite de Cálculo (N);
- d : diámetro del bulón (mm);
- t : el valor mínimo de espesor entre la orejeta y el arco del grillete; en este caso, el espesor de la orejeta (mm);
- α_b : Coeficiente definido como:

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{yp}}{f_y} \\ 1 \end{array} \right. \quad (33)$$

- γ_{Rp} : Factor resultante de la resistencia del bulón:

$$\gamma_{Rp} = \gamma_m * \gamma_{spb} \quad (34)$$

γ_{spb} es el factor específico de resistencia para presión diametral de uniones articuladas (adimensional), y tiene un valor de 0'9 debido a que solo existe un plano de cizallamiento. Rescatando dimensiones y resistencias del grillete y la orejeta:

- $f_y = 275\text{MPa}$;
- $f_{yp} = 640\text{MPa}$;
- $d = 19\text{mm}$;

- $t = 15mm$;
- $\alpha_b = 1$;

Se reemplazan en las expresiones para obtener que:

$$- F_{b,Rd} = 79.166'67N$$

Dado que, de nuevo, la carga ejercida por el tensor es menor que el límite, la unión queda verificada.

El siguiente paso es verificar la resistencia a cortadura del agujero en la orejeta. Para ello se rescatan las expresiones 25 y 26:

$$F_{vs,Rd} = \frac{A_s * f_y}{\gamma_m * \sqrt{3}} \quad (25)$$

A_s es el área resistente, definida como:

$$A_s = 2 * s * t \quad (26)$$

Siendo:

- t : Espesor del alma (mm);
- s : Longitud del alma sometida a cortadura según el método de 40° (mm), tal como muestra la figura 1.15:

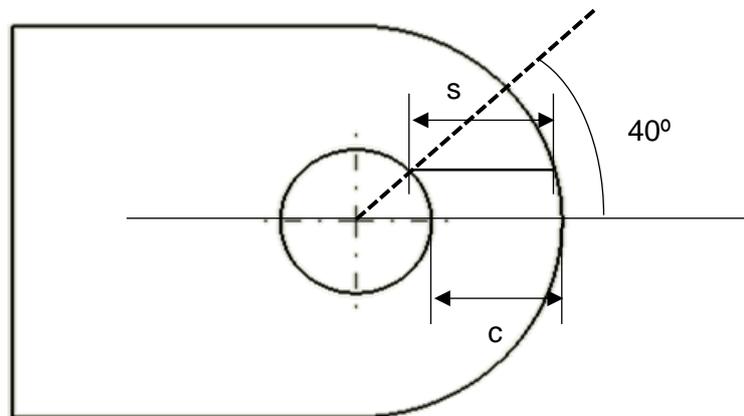


Fig. 1.15: Método de los 40° , orejeta

Tras aplicar el método de 40° , se obtiene que:

- $s = 20'73mm$;
- $c = 20'5mm$.

Es necesario que s y c sean mayores a $0'8*d$:

$$s = 20'73mm > c = 20'5mm > 0'8 * 19 = 15'2mm$$

Cumpléndose esta condición, se sustituyen los valores en las expresiones anteriores y se obtiene que:

- $A_s = 621'9mm^2$;
- $F_{vs,Rd} = 89.763,53N$.

De nuevo, el esfuerzo causado por el tensor es menor al máximo que soporta la orejeta.

Por último, se debe verificar la resistencia de la unión a la tracción. Para ello se necesitan las ecuaciones 35 y 36:

$$F_{vt,Rd} = \frac{2 * b * t * f_y}{k * \gamma_m * \gamma_{spt}} \quad (35)$$

$$\gamma_{spt} = \frac{0'95}{\sqrt{k}} * \frac{1'38 * f_y}{f_u} \quad (36)$$

Donde:

- b : Distancia vertical desde la base de la orejeta hasta el borde del agujero (mm);
- f_u : Resistencia a tracción del material de la orejeta (MPa);
- k : Factor de concentración de tensiones (adimensional), cuyo valor se obtiene de curvas dependiendo de las proporciones c/b y b/d en la placa.

Recopilando los datos necesarios:

- $k = 3'15$;
- $f_u = 430MPa$;
- $b = 20'5mm$.

Se pueden resolver las ecuaciones, obteniendo como resultados:

- $\gamma_{spt} = 0'472$;
- $F_{vt,Rd} = 103.322'03N$

En esta ocasión, se ha de comparar el límite a tracción de cálculo con la proyección horizontal (o que tracciona la orejeta) del esfuerzo ejercido por el tensor. Este esfuerzo, que vale 8430'61N es mucho menor que el límite, por lo que queda verificada esta resistencia.

- **Verificación de la soldadura [12]**

La orejeta se soldará como una unión en T con soldaduras en los cantos verticales y penetración parcial. La figura 1.16 muestra el esquema de esta unión:

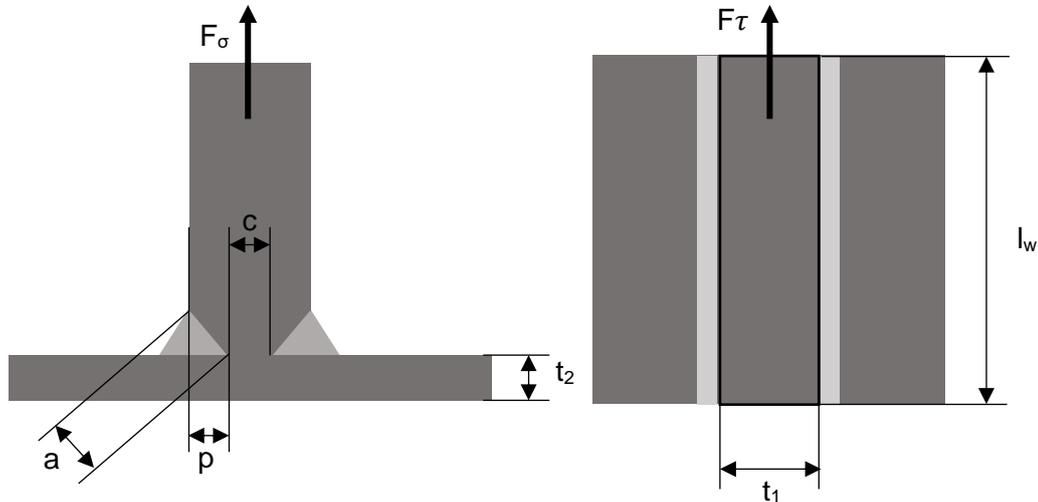


Fig. 1.16: Diagrama de dimensiones en soldadura a tope

Para verificar la soldadura se debe cumplir que las tensiones causadas por fuerzas normales y tangenciales sean menores que el esfuerzo límite de cálculo, recogidas en las ecuaciones 37, 38, 39 y 40:

$$\sigma_{w,sd} \leq F_{w,Rd}; \tau_{w,sd} \leq F_{w,Rd} \quad (37)$$

$$\sigma_{w,sd} = \frac{F_{\sigma}}{2 * w * l_r} \quad (38)$$

$$\tau_{w,sd} = \frac{F_{\tau}}{2 * w * l_r} \quad (39)$$

$$F_{w,Rd} = \alpha_w * \frac{f_y}{\gamma_m} \quad (40)$$

Siendo:

- w : Espesor efectivo de soldadura (mm), definido como:

$$w = a + p \quad (41)$$

- l_r : Longitud efectiva de soldadura (mm), definida como:

$$l_r = l_w - 2 * w \quad (42)$$

- α_w : coeficiente de corrección dado el tipo de material y soldadura (adim).

Primero se le darán dimensiones a la soldadura:

- $a = 6mm$;
- $p = 3mm$;
- $l_w = 60mm$;
- $\alpha_w = 0'6$.

Partiendo de aquí, se desarrollan las ecuaciones con los siguientes resultados:

- $w = 9mm$;
- $l_r = 42mm$;
- $\sigma_{w,sd} = 11'15MPa$;
- $\tau_{w,sd} = 22'30MPa$;
- $F_{w,Rd} = 150MPa$.

Vistos los resultados, puede concluirse que la soldadura es válida, concluyendo el dimensionado de las orejetas de anclaje de los tensores.

Los tensores serán del mismo tipo de cable que el usado como cable portante, el tipo 6x7 con alma metálica de 12mm de diámetro nominal, y como su carga máxima de trabajo es de 94100N, será capaz de resistir la sollicitación como tensor.

6. Placa de anclaje de los pilares

Según el apartado 4 del documento principal, los pilares se soldarán a una placa de anclaje independiente cada uno.

Estos cálculos, que dependen exclusivamente del área portante como se verá más adelante, no se verán afectados por la excentricidad que tiene el pilar en la placa, ni tampoco por el hecho de si están ampliadas para sujetar el motorreductor. Por tanto, la placa que se tomará para cálculos se muestra en la figura 1.17:

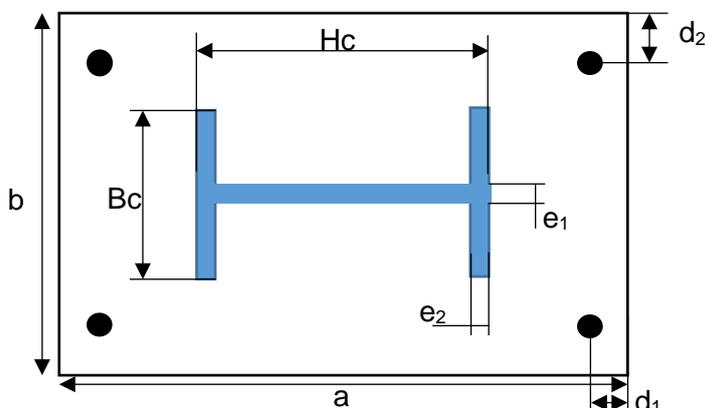


Fig. 1.17: Esquema de placa de anclaje

Las dimensiones de la placa y el pilar son las siguientes:

- $a = 300\text{mm}$;
- $b = 200\text{mm}$;
- $t = \text{espesor placa} = 15\text{mm}$;
- $H_c = 160\text{mm}$;
- $B_c = 82\text{mm}$;
- $d_1 = 40\text{mm}$;
- $d_2 = 30\text{mm}$;
- *diámetro de los pernos* = 12mm ;
- $e_1 = 5\text{mm}$;
- $e_2 = 7'4\text{mm}$.

Para comprobar la resistencia de la placa, lo primero es obtener el área portante de la misma de acuerdo con el DB SE-A [13], que se define en la figura 1.18:

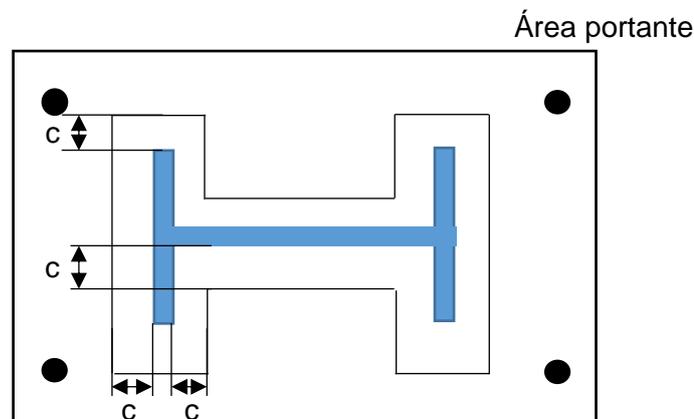


Fig. 1.18: Esquema del área portante de la placa

El área portante tiene como parámetro característico c , que se define mediante la ecuación 42:

$$c = t * \sqrt{\frac{f_y}{3} * f_{jd} * \gamma_{m0}} \quad (42)$$

Siendo:

- γ_{m0} : Coeficiente característico del acero (adimensional), de valor 1'05;
- f_{jd} : Resistencia corregida del hormigón de cimentación (MPa), definida como:

$$f_{jd} = 3'3 * \frac{f_{ck}}{1'5} \quad (43)$$

Donde f_{ck} es la resistencia característica del hormigón (MPa).

Para obtener c se deberá escoger un tipo de hormigón. Dadas las condiciones donde se encontraría situada esta estructura, se encontraría dentro del ambiente III del Código Técnico de la Edificación [13], por lo que la resistencia característica del hormigón (f_{ck}) será de 30MPa. La ecuación 43 se ha escogido pues resulta en un c menor, y consecuentemente, un área portante menor que a efectos prácticos representa una mayor seguridad.

Dicho esto, se procede a sustituir en las ecuaciones, que devuelven los siguientes resultados:

- $f_{jd} = 66MPa$;
- $c = 17'25mm$.

Con c obtenida se calcula un área portante $A_p = 14.136'62mm^2$. Para verificar la resistencia de la placa, se utiliza la ecuación 44:

$$f_{jd} \geq \frac{N_c}{A_p} \quad (44)$$

Siendo N_c el axil que actúa sobre la placa de anclaje. En este caso, será la mitad del axil total que causa la reacción en la torre como se estudió en el punto 2.4, y cuyo valor será 19662'79N. sustituyendo en la ecuación, se obtiene que:

$$\frac{N_c}{A_p} = 1'39MPa < f_{jd}$$

Por lo que la placa será capaz de transmitir correctamente las cargas a la cimentación. Sin embargo, aún es necesario comprobar la rigidez de la placa, que de no ser la adecuada podría causar una acumulación de tensiones en la cimentación. Para ello se estudiará una sección del ancho la unidad del área portante como si se tratase de una ménsula. Esto está descrito en la figura 1.19:

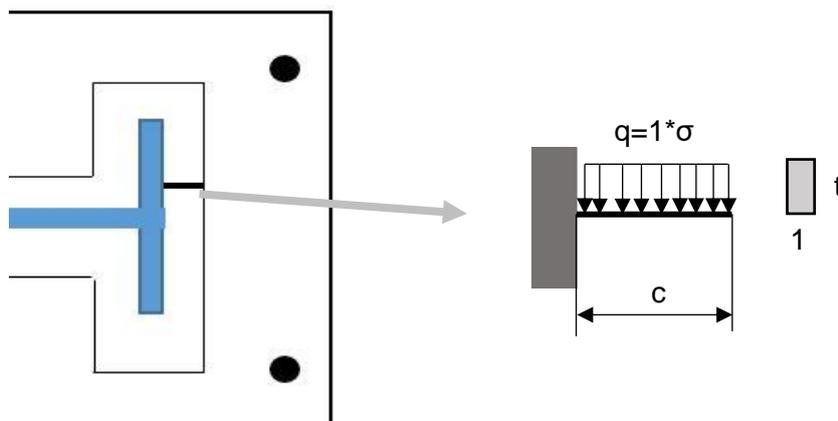


Fig. 1.19: Esquema de ménsula en el área portante

La rigidez de la placa se verifica si el momento de trabajo no supera el momento límite. En las ecuaciones 45 y 46 se definen dichos momentos:

$$M_{tU} = q * \frac{c^2}{2} \quad (45)$$

$$M_{máx.U} = \frac{1 * t^2}{4} * \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad (46)$$

Siendo q la tensión obtenida en la ecuación anterior, 1'39MPa. Sustituyendo en las ecuaciones, se obtiene como resultado:

- $M_{tU} = 206'98N$;
- $M_{máx.U} = 14.732'14N$.

Siendo el momento máximo de trabajo menor que el límite queda verificada la rigidez de la placa.

• Verificación de la soldadura [12]

Por último, se ha de verificar si la soldadura es suficientemente resistente para soportar las cargas aplicadas. El pilar se soldará a la placa de anclaje como una unión en T, como el caso de las orejetas de anclaje de los tensores. Sin embargo, dado que la unión no soporta un momento de empotramiento, se pueden reducir la soldadura a dos cordones a ambos lados del alma, con una longitud menor a la de esta y la soldadura se comportará como un apoyo, no un empotramiento [13].

Se echará mano de las expresiones 38, 39 y 40 para verificar la soldadura, conociendo los datos de los cordones, y las cargas de trabajo:

- $F_{\sigma} = 19.662'79N$;
- $F_{\tau} = 111'91N$;
- $a = 5mm$;
- $p = 1mm$;
- $l_w = 50mm$;
- $\alpha_w = 0'6$.

Con estos datos se sustituye en las ecuaciones citadas y se obtiene que:

- $\sigma_{w,sd} = 43'12MPa$;
- $\tau_{w,sd} = 0'245MPa$;
- $f_{w,Rd} = 150MPa$.

Como cabía esperar, la soldadura es suficientemente resistente.

7. Sistema motriz de la cesta

• Tambor de arrollamiento

De acuerdo con la documentación, el diámetro del tambor debe ser 30 veces el diámetro del cable como mínimo [9]. Por lo tanto, el diámetro será 180mm ya que el cable escogido tiene alta flexibilidad por su alma de fibra. La figura 1.20 muestra el resto de las dimensiones del tambor:

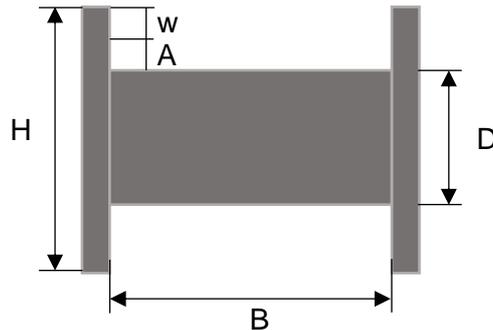


Fig. 1.20: Dimensiones del tambor

La correlación que relaciona las dimensiones del tambor con la longitud de cable [5] se recoge en la expresión 47:

$$L = (A + D) * A * B * k \quad (47)$$

Siendo:

- A : Espacio que ocupa el cable al enrollarse (in), definido como:

$$A = \frac{H-D}{2} - w \quad (48)$$

- D : Diámetro del tambor (in);
- B : Longitud del tambor (in);
- L : Longitud del cable enrollado (ft);
- k : constante de la correlación definida como:

$$k = \frac{0'2618}{d^2} \quad (49)$$

Donde d es el diámetro del cable, en pulgadas.

Teniendo como medidas:

- $B = 300mm$ (11'81in);
- $L = 105m$ (344'5ft);
- $D = 180mm$ (7'09in);
- $w = 25mm$ (0'98in)

- $d = 6\text{mm}$ (0'236in).

Se procede a desarrollar la correlación para obtener las demás medidas:

- $k = 4'69$;
- $A = 20'05\text{mm}$ (0'789in);
- $H = 270'1\text{mm}$ (10'63in).

Con las dimensiones, y escogiendo un espesor de 8mm para el tambor y las tapas laterales, se determinará la masa del tambor, que vale 17'37Kg. El eje del tambor será partido y se soldará a las tapas laterales, tal como se recoge en la figura 1.21. No se considerará la porción del eje que hay entre la chumacera y el motorreductor:

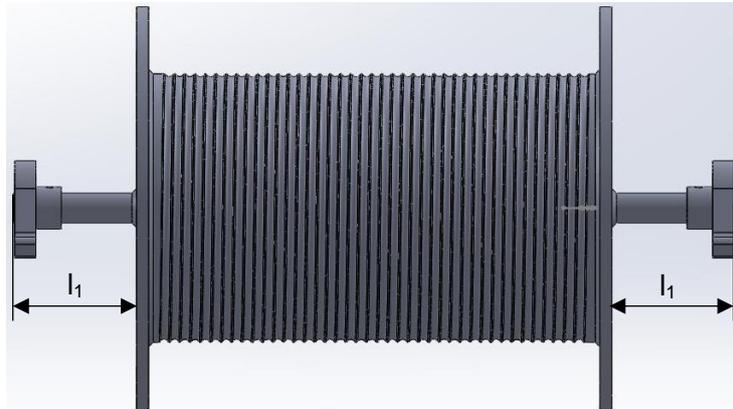


Fig. 1.21: Esquema tambor de arrollamiento

En la figura se puede ver la posición de las chumaceras que son apoyos simples. Se considera que actúan en los extremos del eje, por lo que para los cálculos la longitud tomada en cuenta será como se muestra, l_1 . Se considerará el peso tanto de los ejes como del tambor en los cálculos como cargas distribuidas. En la figura 1.22 se muestra el diagrama de cuerpo libre del tambor, ubicando el efecto causado por el peso de la cesta (o tensión en el cable tractor) en el centro del tambor, donde su efecto en el momento flector será máximo:

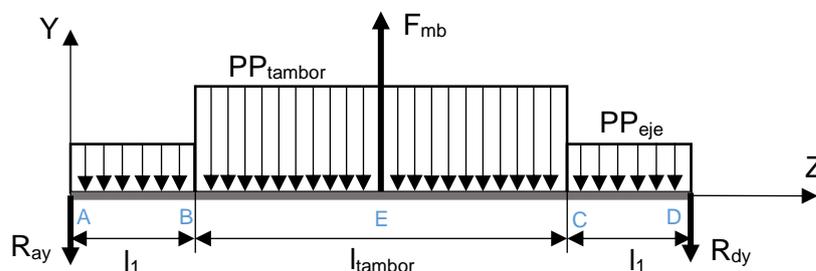


Fig. 1.22: Diagrama de cuerpo libre del tambor de arrollamiento.

Una vez establecido el diagrama, y previo a obtener las reacciones en los apoyos es necesario conocer los pesos propios del tambor y el eje. En la primera aproximación,

el eje tendrá un diámetro de 25mm. Conociendo esto, los pesos propios son los siguientes:

- $PP_{tambor} = 539'29 \frac{N}{m}$;
- $PP_{eje} = 54'43 \frac{N}{m}$;

A continuación, se establecen las reacciones en los apoyos, utilizando la ecuación 23:

- $R_{ay} = R_{dy} = 258'95N$

Aparte de las reacciones, existe un momento torsor actuante debido al motorreductor que está bloqueando el giro del tambor mientras este está cargado; y a efectos de estudio se supondrá que se conecta al lado izquierdo de los diagramas. Dicho momento se obtiene como:

$$M_t = F_{mb} * \frac{D}{2} \quad (50)$$

Siendo $M_t = 62'44N.m$.

Una vez conocidos estos datos, se recogen en la figura 1.23 los diagramas de esfuerzo cortante, momento flector y momento torsor:

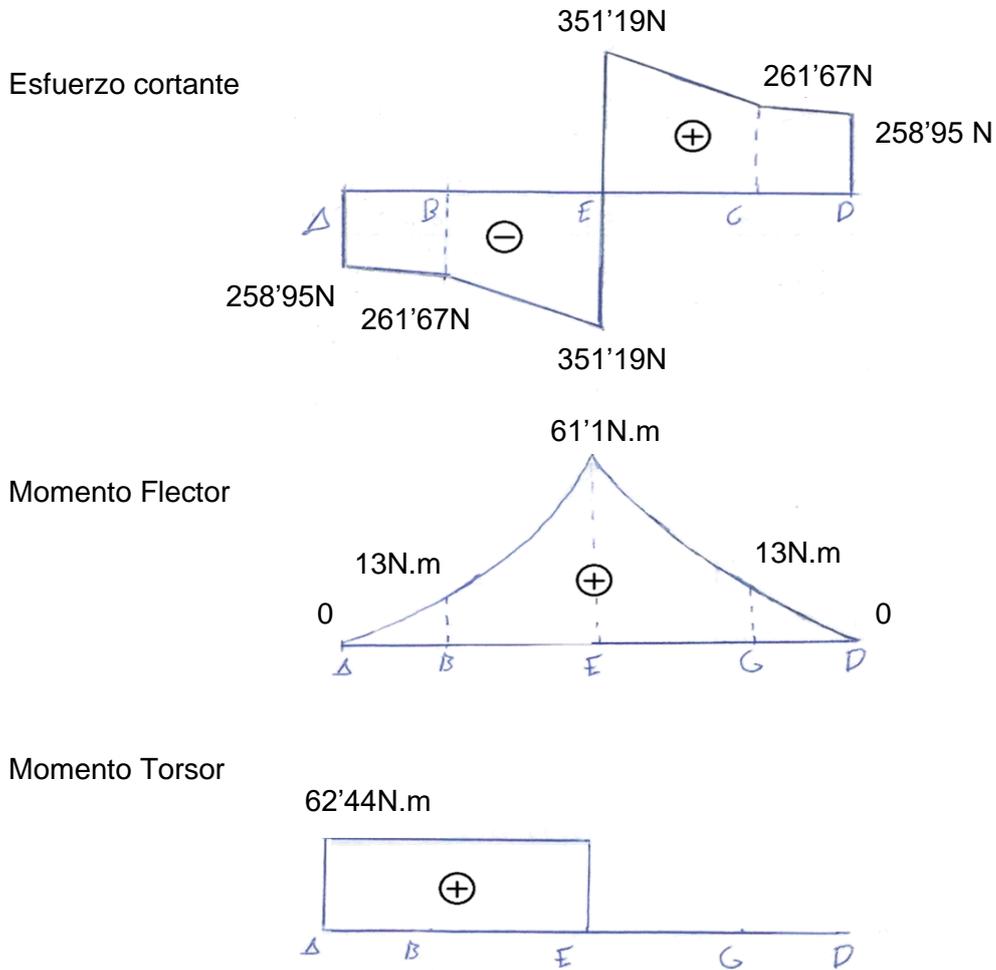


Fig. 1.23: Diagramas de esfuerzos y momentos, tambor de arrollamiento

se estudiará varios puntos clave para el dimensionado. El punto B será clave para verificar la resistencia del eje, mientras que el punto E permitirá verificar la resistencia del tambor. Para obtener las tensiones de dichos puntos, se rescatan las ecuaciones 16, 17 y 18:

$$\sigma_{Flexión} = \frac{M_{flector} * Y_{máx}}{I_x} \quad (16)$$

$$\tau = \frac{F_{cortante} * S_x}{I_x * b} \quad (17)$$

$$\sigma_{eq.} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \sqrt{2 * (\sigma_{comp.} + \sigma_{flexión})^2 + 6 * (\tau)^2} \quad (18)$$

Además de estas ecuaciones, se introduce en la ecuación 51 la tensión ejercida por el momento torsor:

$$\tau_{torsor} = \frac{M_t}{W_p} \quad (51)$$

Donde w_p es el momento resistente polar de la sección (mm^3).

En el punto B, que es la unión entre el eje y la tapa del tambor, las propiedades de la sección son las siguientes:

- $I_x = 19.174'76mm^4$;
- $Y_{máx} = 12'5mm$;
- $S_x = 1.302'1mm^3$;
- $b = 25mm$
- $w_p = 3.067'96mm^3$;

Con estos datos, se sustituye en las ecuaciones, obteniendo como resultados:

- $\sigma_{Flexión} = 8'48MPa$;
- $\tau = 0'71MPa$;
- $\tau_{torsor} = 20'35MPa$;
- $\sigma_{eq.} = 37'45MPa$.

El material del eje será acero F1140 que tiene un límite elástico de 490MPa, muy por encima de la sollicitación máxima del mismo. Por ello, y ya que el sistema de tracción no va a estar trabajando continuamente, no es necesario comprobar a fatiga el eje.

En el punto E, el centro del tambor, las sollicitaciones son máximas, pero también lo son las propiedades de la sección, tal y como se recogen debajo:

- $I_x = 16.020.413'51mm^4$;
- $Y_{máx} = 90mm$;
- $S_x = 118.421'3mm^3$;
- $b = 8mm$
- $w_p = 356.009'19mm^3$;

Estos datos se sustituyen en las ecuaciones y se obtiene que:

- $\sigma_{Flexión} = 0'343MPa$;
- $\tau = 0'324MPa$;
- $\tau_{torsor} = 0'175MPa$;
- $\sigma_{eq.} = 0'931MPa$.

Como era de esperar, las sollicitaciones son muy bajas debido a la sección del tambor.

- **Verificación de las soldaduras [13]**

Tras conocer las solicitaciones, es necesario verificar las soldaduras del tambor; siendo estas cuatro, las dos soldaduras entre las tapas laterales y el tambor, y entre las tapas y las dos soldaduras entre el eje y las tapas. Primero se estudiará el caso de la unión Eje-Tapa. Para ello se recupera la expresión 40:

$$F_{w,Rd} = \alpha_w * \frac{f_y}{\gamma_m} \quad (40)$$

No se tendrá en cuenta la tensión normal ya que, al no existir fuerzas externas axiales, la fuerza axial que actuaría sobre la soldadura dependerá del momento flector y el radio del eje, y ya que son bajos los dos, el valor de esta interacción será despreciable.

Por otra parte, la tensión tangencial de cálculo ha de obtenerse según las expresiones 52, 53 y 54 [13]:

$$\tau_{w,sd} = \sqrt{\tau_d^2 + \tau_t^2} \quad (52)$$

$$\tau_d = \frac{F_c}{A_{cordón}} \quad (53)$$

$$\tau_t = M_t * \frac{r}{J} \quad (54)$$

Siendo:

- τ_d : Tensión debida a la fuerza cortante (MPa);
- $A_{cordón}$: Área del cordón (mm²), obtenida como:

$$A_{cordón} = \pi * d * e \quad (55)$$

Donde:

- r : radio de la soldadura (mm);
- e : Espesor de la soldadura (mm);
- J : Inercia polar de la soldadura (mm⁴), definida como:

$$J = \frac{\pi}{4} * d^3 * e \quad (56)$$

Una vez conocidas las expresiones, se supone un espesor de la soldadura de 3mm. Tras sustituir en las expresiones, se obtienen los siguientes resultados:

- $J = 36.815'54mm^4$;
- $A_{cordón} = 235'62mm^2$;
- $\tau_d = 1'1MPa$;

- $\tau_t = 21'20MPa$;
- $\tau_{w,sd} = 21'23MPa$;
- $F_{w,Rd} = 267'27MPa$.

Por lo que la soldadura resistirá perfectamente las cargas.

Si se observan las expresiones, existe dependencia del diámetro del cordón de soldadura. Por lo que se puede extrapolar que, en el caso de la soldadura entre el tambor y la tapa, que tiene un diámetro 7'2 veces mayor que en el caso del eje, el área de cordón será 7'2 veces mayor y su inercia 373 veces mayor. Por lo que tensión sobre el cordón será mucho menor a la del caso estudiado, y será resistida.

• Anclajes de las chumaceras

Conociendo el comportamiento perfil IPE 160 ante las solicitaciones que tiene como pilar y, como la excentricidad entre la chumacera y el alma del perfil será muy pequeña, no existirán acciones que hagan necesario verificar la resistencia de los anclajes.

Además, esta consideración es extrapolable a la resistencia de la placa de anclaje, que se comprobó que es mucho más resistente que sus solicitaciones. Por tanto, se puede entender que las placas serán capaces de soportar las cargas de los tambores de arrollamiento, que en comparación representan aproximadamente un 1'05% de las cargas de las torres.

• Grapas de anclaje del cable

Para calcular su resistencia se supondrá que el cable está completamente desenrollado y tira de las grapas directamente, como una fuerza de cizalladura. Se considera la unión como atornillada.

Primero se comprobará el cizallamiento del tornillo con la expresión 57:

$$F_{vp,Rd} = \frac{A * f_{yb}}{\sqrt{3} * \gamma_{Rp}} \quad (57)$$

Donde:

- γ_{Rp} : Factor resultante de la resistencia del bulón:

$$\gamma_{Rp} = \gamma_m * \gamma_{sbs} \quad (58)$$

γ_{sbs} es el valor de resistencia específica para la cortadura (adimensional), y que toma el valor de 1 por existir un único plano de cortadura.

Teniendo como datos:

- $f_{yb} = 290 \text{ MPa}$;
- $\text{Área total} = A_b * 8 \text{ bulones} = 8 * 19'63 = 157'08 \text{ mm}^2$;

Se obtiene que:

- $F_{vp,Rd} = 23.909'17 \text{ N}$

Dado que la fuerza máxima ejercida por el cable es de 693'76N, es válido.

Lo siguiente es calcular la tracción en la pieza unida, es decir, la tapa. Para ello se utiliza la expresión 59:

$$F_{s,Rd} = f_y * \frac{A_n}{\gamma_{Rc}} \quad (59)$$

Donde:

- A_n : Área sometida a tracción:

$$A_n = e * (A + w) - 2 * d_{\text{bulón}} \quad (60)$$

- $e = \text{espesor de la tapa} = 8 \text{ mm}$;
- $A = 20'05 \text{ mm}$;
- $w = 25 \text{ mm}$;
- $d_{\text{bulón}} = 5 \text{ mm}$;
- γ_{Rc} : Factor resultante de la resistencia de la tapa:

$$\gamma_{Rc} = \gamma_m * \gamma_{st} \quad (61)$$

γ_{sbs} es el valor de resistencia específica para tracción(adimensional) y vale 1'2.

Sustituyendo se obtiene que:

- $A_n = 280'4 \text{ mm}^2$;
- $F_{s,Rd} = 58414'34 \text{ N}$;

Por lo que esta verificación también se cumple.

Por último, se debe comprobar la presión diametral sobre tornillos y piezas. Para ello se recurre a la expresión 62:

$$F_{b,Rd} = f_y * d_{\text{bulón}} * \frac{e}{\gamma_{Rb}} \quad (62)$$

Donde:

$$\gamma_{Rb} = \gamma_m * \gamma_{sbb} \quad (63)$$

Siendo γ_{sbs} el valor de resistencia específica para presión diametral(adimensional) y que vale 0'9.

Sustituyendo se obtiene que $F_{b,Rd} = 11.111'1N$; por lo que se verifica esta comprobación.

Sin embargo, se recomienda [12] que la separación entre grapas sea de al menos tres veces el diámetro del bulón, es decir, 15mm. También se recomienda que la distancia entre las grapas y el borde de la tapa sea superior a 1'5 veces el diámetro del bulón, 7'5mm.

• Motorreductor

Además del tambor de arrollamiento, el sistema motriz de la estructura está formado por un motorreductor que le dará el movimiento al tambor de arrollamiento. Para seleccionarlo, es necesario conocer la potencia que haría falta para poner en funcionamiento. Para ello, se utiliza la expresión 64:

$$P = M_t * \omega \quad (64)$$

Siendo ω la velocidad de giro en radianes por segundo.

La velocidad de la cesta se establece en 1m/s, que se traduce a la velocidad de giro del tambor con la siguiente expresión:

$$\omega = \frac{V}{r} \quad (65)$$

Teniendo esta un valor de $11'11 \frac{\text{Rad}}{\text{s}}$. El par estático mínimo se calcula como:

$$M_{min} = F_{mb} * r \quad (66)$$

Siendo este de 62,438 *N.m*. Con esto, la potencia mínima será de 693'76*W*.

Además de la potencia, es necesario conocer la velocidad de salida del motorreductor en RPM, para lo que se usa la siguiente ecuación:

$$RPM = \omega * \frac{60}{2\pi} \quad (67)$$

Siendo la velocidad de giro 106'1RPM.

Con esto, se selecciona el motorreductor de una potencia y velocidad similares, que para este caso se escoge el modelo MR V 325 HF 80C 4 230.400 B14R/118 con los siguientes datos:

- $RPM = 118$;
- $P = 1.100W$;
- $M_{t\text{ mínimo}} = 77N.m$.
- *diámetro de árbol de salida = 25mm*.

Por último, se comprobará si el par dado por el motorreductor es capaz de acelerar el vehículo en un tiempo de 2 segundos. Para ello, se le sumará al par necesario para mantener la cesta el par para acelerarla hasta la velocidad de crucero.

Lo primero es obtener la aceleración lineal de la cesta con la siguiente ecuación:

$$a_{cesta} = \frac{v - v_0}{t} \quad (68)$$

Si se quiere alcanzar la velocidad de crucero en 2 segundos y la velocidad inicial es cero, se obtiene que $a_{cesta} = \frac{0'5 m}{s^2}$. Como la masa de la cesta es conocida, la fuerza necesaria para acelerarla se obtiene como:

$$F_{aceleración} = m_{cesta} * a = 120 N$$

Con ello se obtiene el momento de aceleración de la cesta como:

$$M_{a cesta} = F_{aceleración} * r = 10'8 N.m$$

También se considerará el momento de aceleración del tambor, que al tener masa tiene también inercia. De acuerdo con la segunda ley de Newton, este momento se obtiene como:

$$M_{a tambor} = I_{tambor} * \alpha \quad (70)$$

La aceleración angular se obtiene adaptando la ecuación 68 a la velocidad angular y vale $\alpha = 5'56 \frac{rad}{s^2}$. La inercia del tambor se obtendrá como la combinación de las inercias de las tapas, el cilindro intermedio y las porciones de ejes que hay entre las chumaceras, aplicando el teorema de Steiner, siendo estas:

$$Inercia, tapa: I = \frac{1}{2} * m * r^2 = 0'0328 kg.m^2 \quad (71)$$

$$Inercia, cilindro hueco: I = \frac{1}{2} * m * (r_1^2 + r_2^2) = 0'0755 kg.m^2 \quad (72)$$

$$Inercia, eje: I = \frac{1}{2} * m * r^2 = 1'51 \times 10^{-5} kg.m^2 \quad (73)$$

Ya que el eje de giro pasa por el centro de masa de todas las piezas, el teorema de Steiner resulta en una suma de las inercias, con un valor de $I_{total} = 0'141 kg * m^2$. Con esto se obtiene que $M_{a tambor} = 0'784 N.m$.

Si sumamos el momento estático con los momentos de aceleración, se obtiene que:

$$M_{aceleración total} = 74'022 N.m;$$

Que como es menor a los 77 N.m otorgados por el motorreductor, confirma que es válido para este desempeño.

- **Comprobación de la chaveta**

Para comprobar si es válida la chaveta elegida, se realizarán comprobaciones a cortante y aplastamiento.

La comprobación a cortante se realiza mediante la ecuación 69:

$$\tau = \frac{M}{r * b * l} \quad (74)$$

Donde:

- M : Par de giro del motorreductor (N.m);
- r : Radio del eje (mm);
- b : Ancho de la chaveta (mm);
- l : Longitud de la chaveta (mm);

Sabiendo que:

- $M = 77 \text{ N.m}$;
- $r = 12'5 \text{ mm}$;
- $b = 8 \text{ mm}$;
- $l = 32 \text{ mm}$;

La tensión resultante es de 24'1 MPa. Si el material de la chaveta es acero F1140, que tiene un límite elástico de 430 MPa, la comprobación a cortadura es válida.

Por otra parte, la comprobación a aplastamiento se lleva a cabo con la ecuación 70:

$$\sigma = \frac{M}{r * \frac{h}{2} * l} \quad (75)$$

Siendo h la altura de la chaveta. Sabiendo que tiene un valor de 7 mm y sustituyendo en la ecuación, se obtiene que la tensión vale 58'7 MPa, por lo que también será suficientemente resistente.

8. Cesta y carretón

• Cesta

Para dimensionar la cesta se utilizará el análisis estático mediante Elementos Finitos del programa SolidWorks, en aras de lograr una mayor claridad a la hora de representar la distribución de tensiones. Siendo las Condiciones del estudio:

- Perfiles cuadrados 20x20x2mm;
- Acero S275;
- Los perfiles se comportan como elementos estructurales tipo viga (estudiados a tracción, compresión, flexión y torsión);
- Unión rígida (representando soldadura);
- Cables de la cesta iguales al usado como tractor, con carga máxima de trabajo de 22'8KN. Se descartan del estudio, pero se añaden elementos tipo armadura (estudiados a tracción y compresión) para simular que la cesta cuelga;
- Restricciones en los nodos libres de los tirantes, con bloqueo del desplazamiento, pero no de giro;
- Carga de estudio: Gravedad (actuante sobre toda la estructura) y carga distribuida (peso propio del entramado y carga útil, actuante sobre la base de la estructura);
- Se excluye del estudio el entramado porque será más flexible que la estructura y sería más complejo el mallado y el estudio para el mismo resultado. El efecto del viento también se excluye, ya que se estudiará en el Anexo II

La figura 1.24 muestra la malla previa al estudio. Solidworks representa con una acción ubicada en el centro de masas del elemento la masa distribuida y la gravedad:

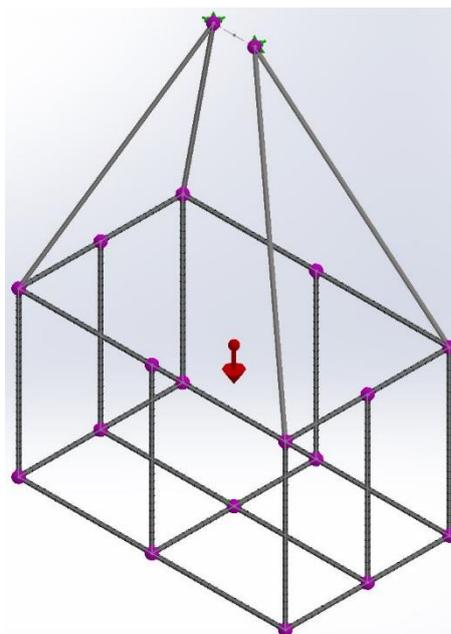


Fig. 1.24: Mallado de la cesta

Tras ejecutar el estudio, se han obtenido los resultados de tensiones y desplazamientos mostrados en las figuras 1.25 y 1.26:

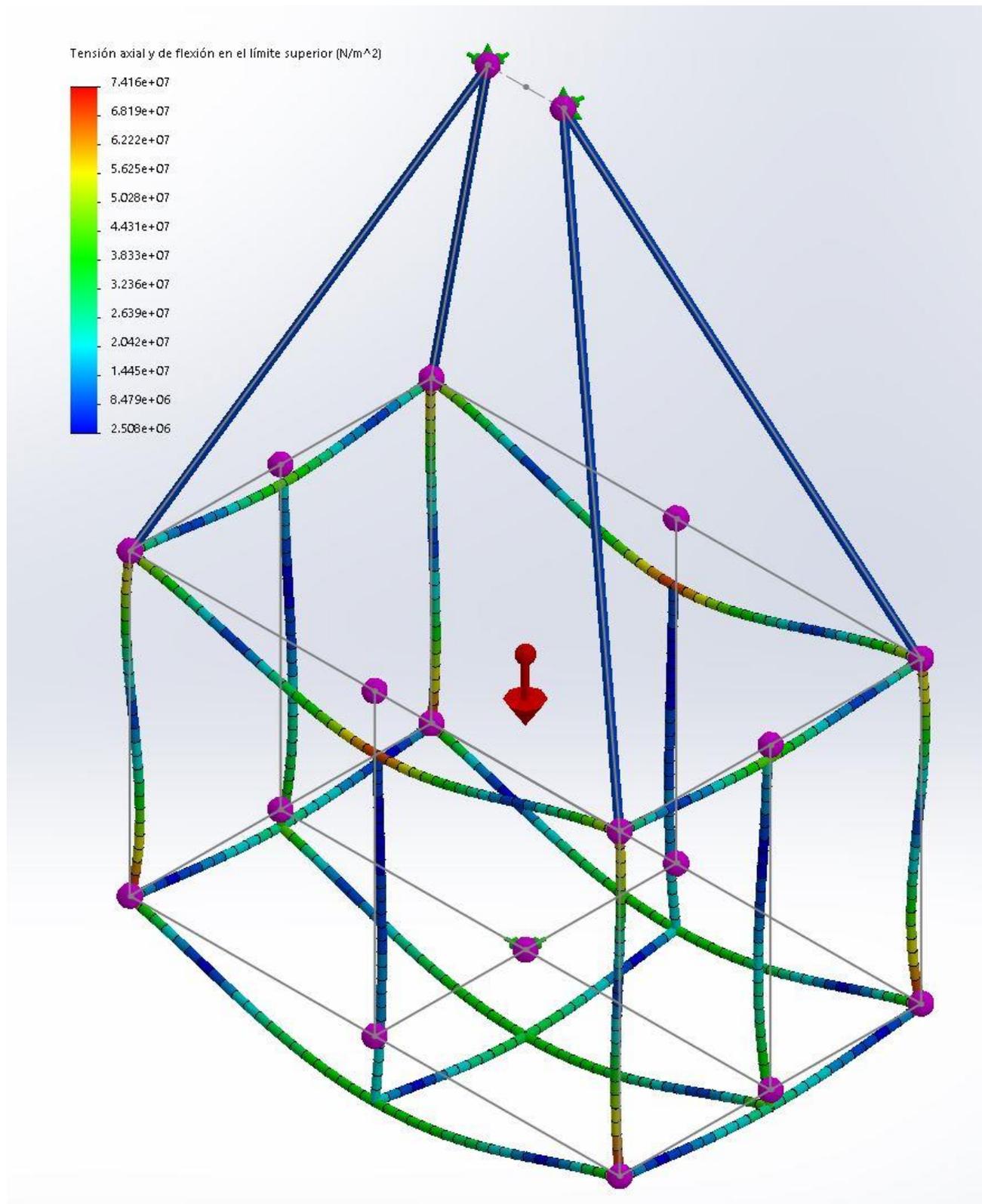


Fig. 1.25: Diagrama de tensiones de Von Misses en la cesta

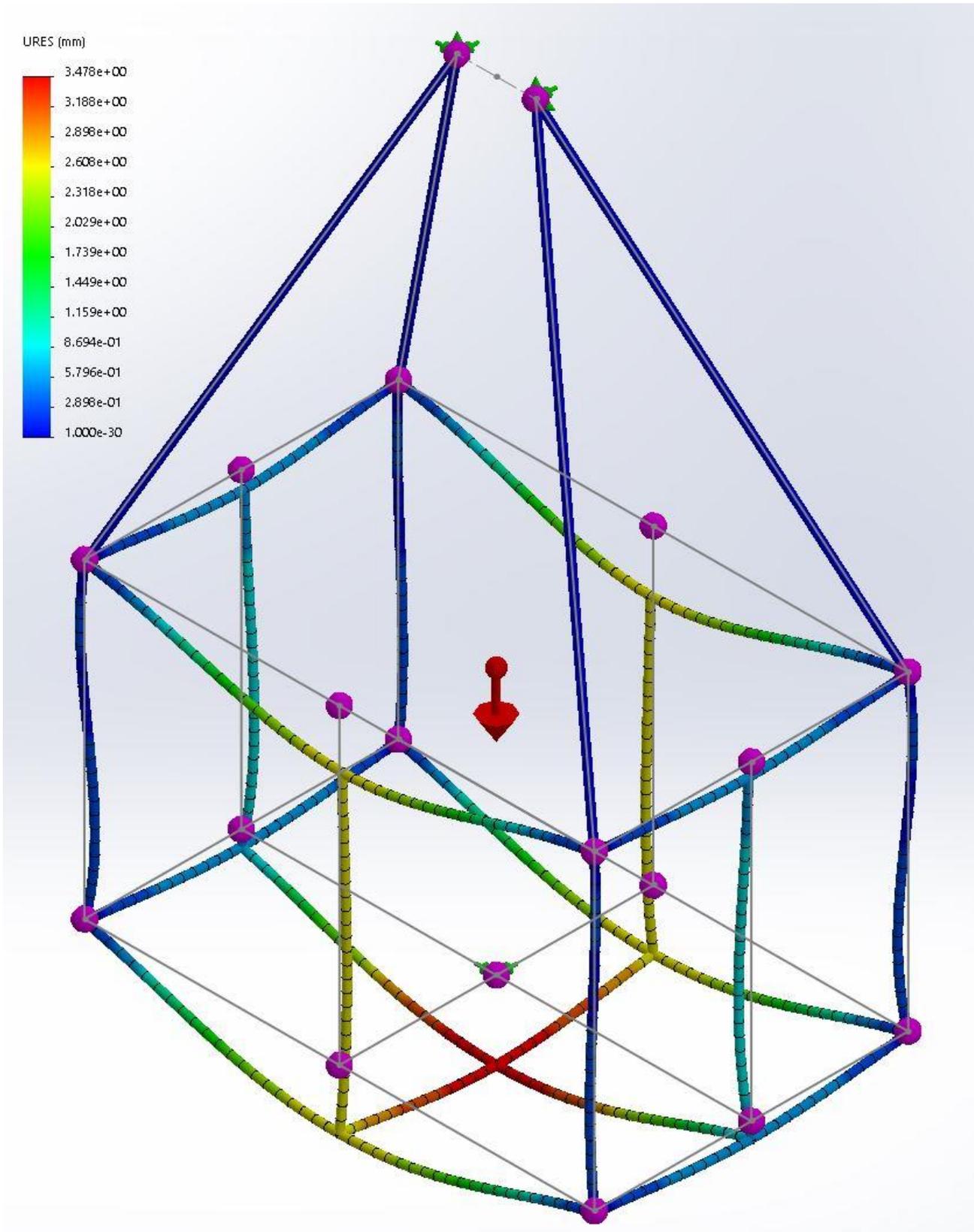


Fig. 1.26: Diagrama de desplazamientos resultantes

En la primera figura está representada la distribución de tensiones combinadas a lo largo de la estructura. Como era de esperar, la tensión máxima se encuentra en las esquinas de la base, donde afecta directamente la carga distribuida, y tiene un valor de 74'16MPa. Comparando esta tensión con el límite elástico del material, se obtiene un factor de seguridad de:

$$C_{seguridad} = \frac{275MPa}{74'16MPa} = 3'71$$

Este valor es mayor a 1'7, por lo que es válido. La segunda figura muestra el desplazamiento máximo de los puntos de la cesta, pudiendo observarse que el mayor descenso lo sufrirá el centro de la base. Sin embargo, ese descenso es de aproximadamente 3'5mm, que en una longitud de 1300mm se puede considerar despreciable.

Para garantizar un comportamiento idéntico de la estructura con el estudio, los perfiles deberán ser soldados como uniones en t con cordón continuo alrededor de toda la unión. En las esquinas exteriores, se unirán las piezas horizontales a los tirantes verticales para garantizar que la distribución de tensiones sea idéntica en todas ellas; mientras que, en las uniones intermedias, se unirán los elementos verticales a los horizontales, siempre respetando la longitud más larga. La figura 1.27 describe la colocación de los perfiles en ambos casos:

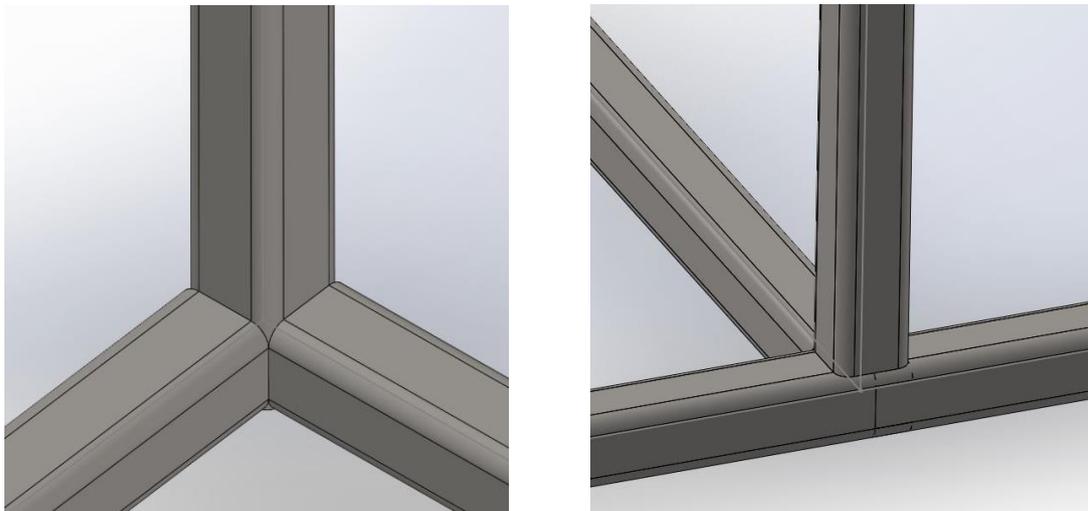


Fig. 1.27: Detalles de soldadura en esquinas (izq.) y en uniones intermedias (dcha.)

Dada la complejidad de cálculo de las soldaduras de esta estructura, se adoptarán cordones de soldadura alrededor de todas las uniones y que tengan un ancho de 6mm y se realizarán pruebas de resistencia en el taller de montaje antes de ponerla en funcionamiento.

Los grilletes escogidos para sujetar la cesta a los cables tienen una carga de rotura de 10KN, por lo que son suficientemente resistentes.

- **Carretón**

El carro de poleas representa la conexión final entre el cable portante y la cesta. Para conformarlo se han seleccionado varias soluciones comerciales del fabricante Petzl de equipamiento de escalada y transporte por cable, como se representa en la figura 1.28:

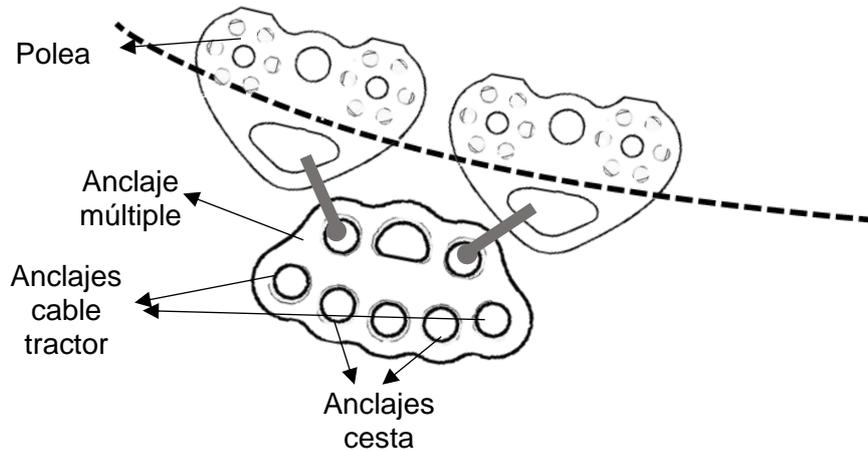


Fig. 1.28: Esquema del carro de poleas

No hará falta calcular resistencias de estos elementos ya que se cuenta con los datos de resistencia obtenidos de la documentación específica de los mismos:

- Carga de trabajo máxima individual de las poleas: 10KN;
- Carga de rotura del anclaje múltiple: 45KN;
- Carga de rotura de los grilletes: 10KN.

Ya que la carga que soportará el carretón es de 240kg o 2'4kN aproximadamente, puede entenderse que éste soportará la carga perfectamente.

DISEÑO DE UN TRANSPORTE POR CABLE

ANEXO II: EFECTOS DEL VIENTO

ERIK RAMOS NAVARRO

A lo largo del anexo de cálculo no se ha tenido en cuenta las acciones del viento sobre la instalación, debido a que son muy pequeñas en comparación con las acciones principales sobre la estructura. Este documento recoge esas interacciones para un viento ligero [2] (el limitante para el uso de la instalación) afectando transversal y frontalmente a la estructura para posteriormente comparar su efecto.

1.1 Efecto del viento transversal

• Cable portante

El efecto sobre el cable portante se obtiene de la expresión 1:

$$F = q(3) * A * C_a \quad (1)$$

Donde:

- $q(3)$: carga por superficie del viento (N/m²);
- A : Área afectada por el viento (m²), definida como:

$$A = L * d \quad (2)$$

Siendo:

- L : Longitud del cable (m);
- d : Dimensión transversal, en este caso el diámetro(m);
- C_a : Coeficiente de forma;

Sabiendo que:

- $L = 100'5m$;
- $d = 0'012m$;
- $q(3) = 125 \frac{N}{m^2}$ para esta velocidad del viento acorde con la norma UNE 13001-2 [2];
- $C_a = 1'2$

Se obtiene una fuerza de 180'9N, que representa el 1'07% del valor de la carga axial del cable.

• Cesta

Si se considera que la cesta estuviera completamente cerrada (que es el caso más desfavorable, aunque no se tenga que dar en la práctica), se utiliza de nuevo la ecuación 1, siendo:

- $L = 1'3m$;
- $d = 0'8m$;
- $C_a = 1'26$;

Con lo que se obtiene una fuerza de 163'8N.

Si se combinan los efectos del viento sobre la cesta y el cable como un valor único de cortante, como podría pasar en uno de los extremos del cable, se habla de una fuerza de 344'7N, equivalente al 2'04% del esfuerzo normal que sufre el cable.

- **Torres**

Las torres recibirán el efecto del cable y la cesta, aparte del viento sobre si mismo. Para obtener este efecto se usa de nuevo la ecuación 1, con los siguientes datos:

- $L = 3'15m$;
- $d = 0'16m$;
- $C_a = 1'7$

Por lo que se obtiene una fuerza de 107'1N, que, junto a los efectos anteriores, suman 451'8.

Si bien es mayor que el cortante en la base de la torre (111'91N), comparado con el esfuerzo axial de la torre, cuyo papel es el más importante en la tensión que sufre el pilar, representa el 1'14% de este.

Con estos resultados se puede concluir que el efecto que tiene el viento transversal es despreciable frente a los cálculos de dimensionado de la instalación.

1.2 Efecto del viento frontal

- **Cesta**

En este caso, el efecto del viento sobre la cesta afectará al cable tractor. De nuevo se usa la ecuación 1, con los siguientes datos:

- $L = 0'8m$;
- $d = 0'8m$;
- $C_a = 1'2$

La fuerza resultante tiene un valor de 96N. Si se lleva este efecto a la fuerza que actuaría sobre el cable tractor, el resultado es de 792'95N, lo que representa un incremento del 14% respecto al valor utilizado en el dimensionado. Sin embargo, rescatando los datos del cable tractor, su esfuerzo de rotura es de 22'8KN por lo que este incremento no es importante de cara al dimensionado del cable.

- **Torres**

Como en el caso del viento transversal, a la torre se le suma el efecto del viento sobre la cesta por medio del cable de tracción al efecto del viento sobre su superficie.

Los datos en este caso son los siguientes:

- $L = 3'15m;$
- $d = 0'32m;$
- $C_a = 0'68$

La fuerza del viento sobre la torre tiene un valor de 85'7N, que si se suma al efecto de la cesta como si fuera horizontal, resulta en 181'7N, que representa el 0'46% de la acción axial sobre los pilares.

Con este resultado, es válido considerar que el viento representa un efecto despreciable en el dimensionado de los componentes principales de la instalación.

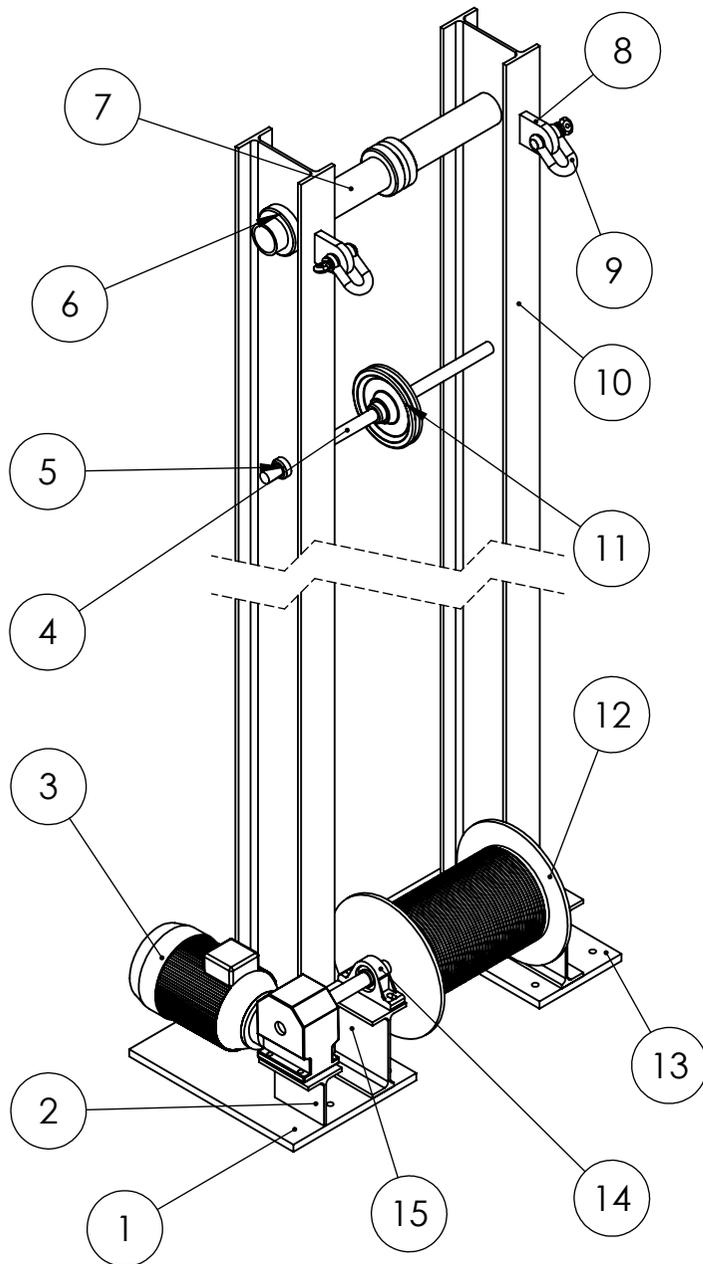
DISEÑO DE UN TRANSPORTE POR CABLE

ANEXO III: PLANOS

ERIK RAMOS NAVARRO

ÍNDICE

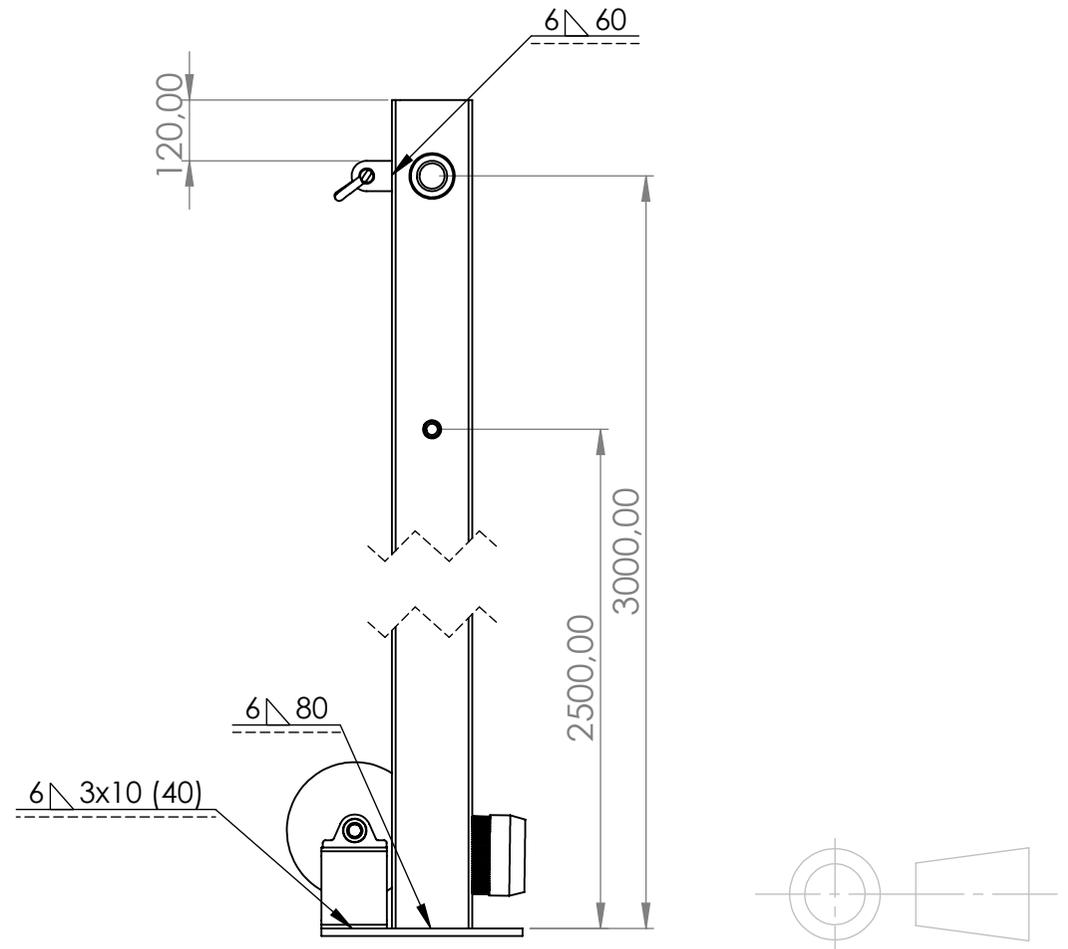
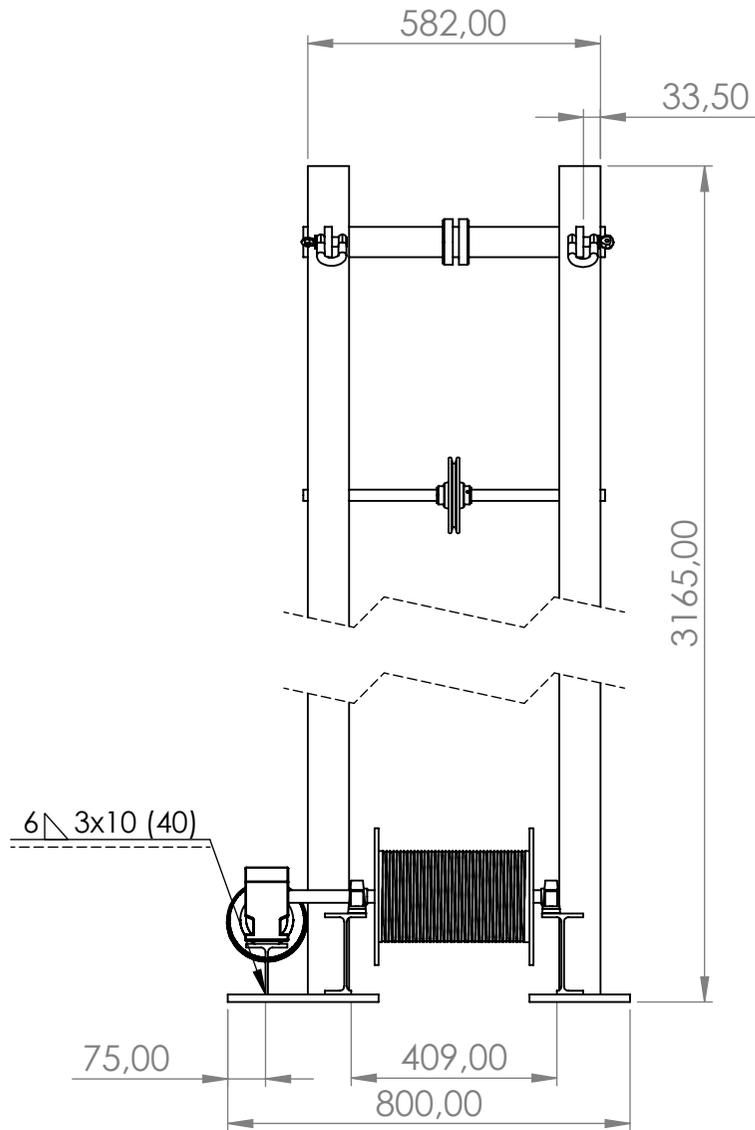
| | |
|--|-------------|
| 1. PERSPECTIVA ISOMÉTRICA – TORRE | 1.01 |
| 2. CONJUNTO – TORRE | 1.02 |
| 2.1. PLACA DE ANCLAJE DEL MOTORREDUCTOR..... | 1.01.01 |
| 2.2. ANCLAJE DELANTERO DEL MOTORREDUCTOR..... | 1.01.02 |
| 2.3. EJE DE LA POLEA GUÍA..... | 1.01.03 |
| 2.4. EJE DEL CABLE PORTANTE..... | 1.01.04 |
| 2.5. OREJETA DE ANCLAJE..... | 1.01.05 |
| 2.6. PILAR..... | 1.01.06 |
| 2.7. TAMBOR DE ARROLLAMIENTO..... | 1.01.07 |
| 2.8. PLACA DE ANCLAJE DEL PILAR..... | 1.01.08 |
| 2.9. ANCLAJE DE LA CHUMACERA..... | 1.01.09 |
| 3. VISTA EXPLOSIONADA – TORRE | 1.03 |
| 4. CESTA | 2.01 |



| | | | | |
|----|-------------------------------------|----------|----------|-------------------|
| 15 | Anclaje de la chumacera | 2 | | S275 |
| 14 | Chumacera | 2 | | SY 25 TR |
| 13 | Placa de anclaje del Pilar | 1 | | S355 |
| 12 | Tambor de arrollamiento | 1 | | S355/ F1140 |
| 11 | Polea guía | 1 | | RZ-05 |
| 10 | Pilar IPE160 | 2 | | S275 |
| 9 | Grillete de alta Resistencia 116 | 2 | EN 13889 | |
| 8 | Orejeta de anclaje del tensor | 2 | | S275 |
| 7 | Eje de anclaje del cable portante | 1 | | S355 |
| 6 | Anilla de retención 60mm | 4 | DIN 705 | |
| 5 | Anilla de retención 22mm | 4 | DIN 705 | |
| 4 | Eje de la polea guía | 1 | | S355 |
| 3 | Motorreductor | 1 | | MR V 325 80C B14R |
| 2 | Anclaje delantero del motorreductor | 1 | | S275 |
| 1 | Placa de anclaje del motorreductor | 1 | | S355 |
| Nº | Nombre | Cantidad | Norma | Material/Modelo |

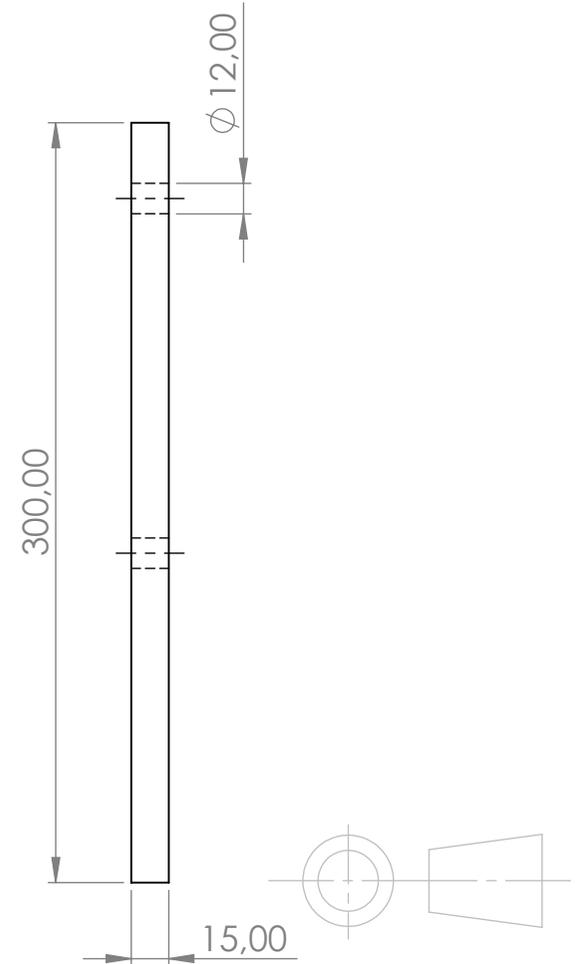
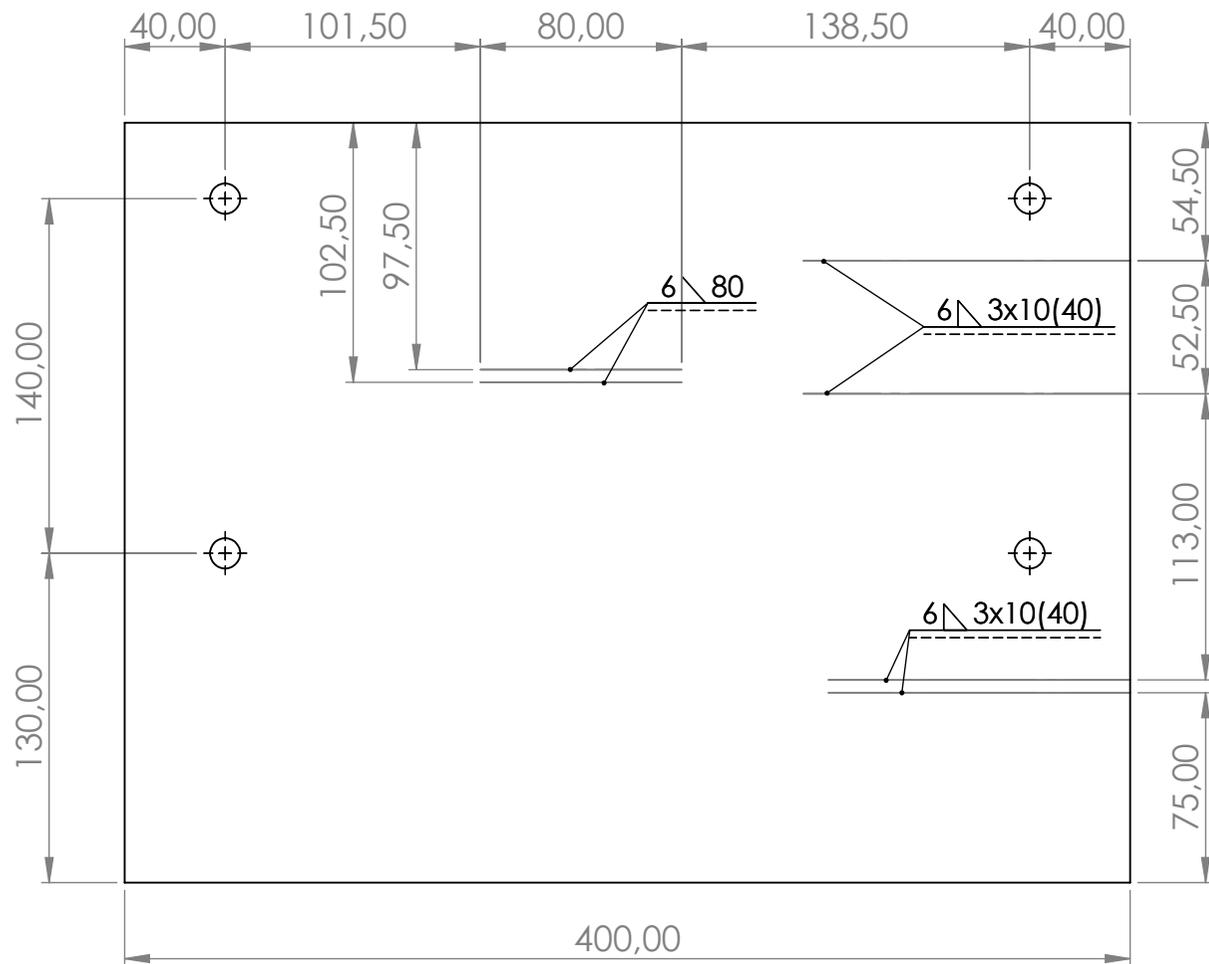
TRANSPORTE POR CABLE - TORRE

| | | | | |
|---------------|--------------------------------|---------------|---|---|
| Fecha | | Autor |  | ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna |
| 03/06 | Nombre | ERIK | | |
| 2021 | Apellidos | RAMOS NAVARRO | | |
| Id. s. normas | UNE - EN - DIN | | | |
| ESCALA: | TITULO DEL PLANO | | | Nº P. : 1.01 |
| 1:13 | PERSPECTIVA ISOMÉTRICA - TORRE | | | Nom.conjunto: Torre |

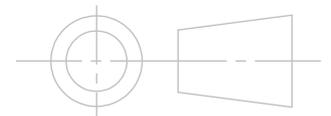
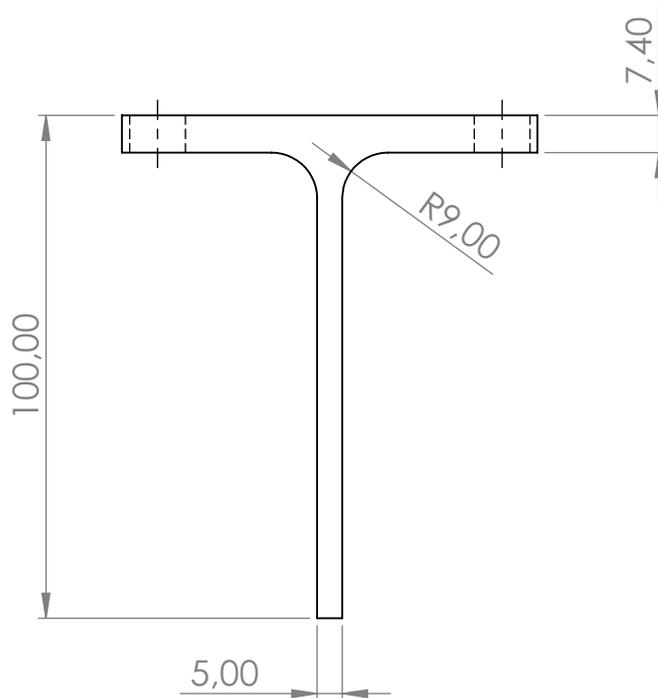
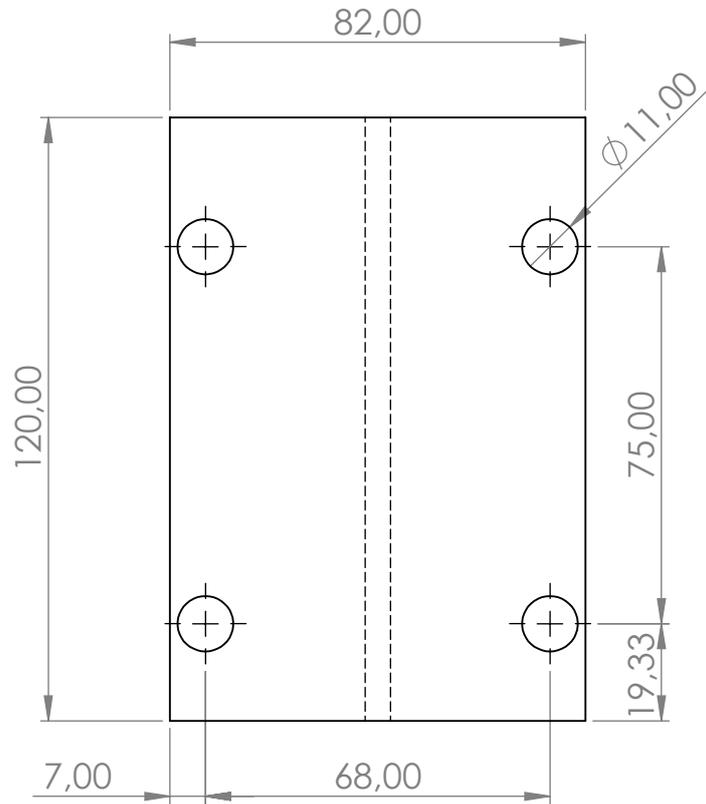


TRANSPORTE POR CABLE - TORRE

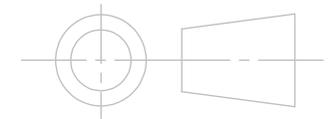
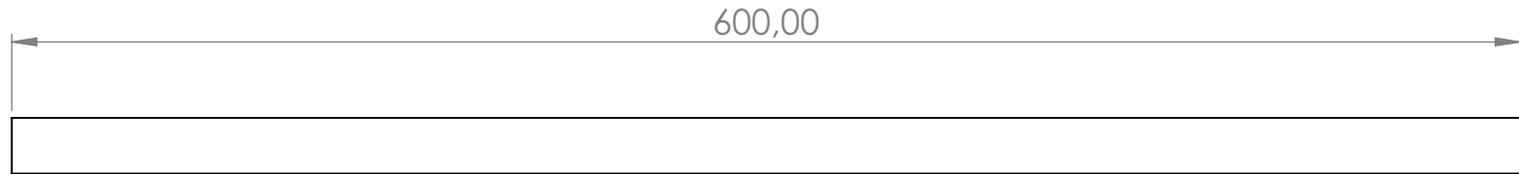
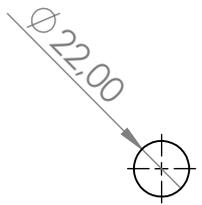
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|---------------|---|---|
| Fecha | | Autor |  | ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna |
| 08/06 | Nombre | ERIK | | |
| 2021 | Apellidos | RAMOS NAVARRO | | |
| Id. s. normas | UNE - EN - DIN | | | |
| ESCALA: 1:15 | TITULO DEL PLANO CONJUNTO - TORRE | | | Nº P. : 1.02 Nom.conjunto: Torre |



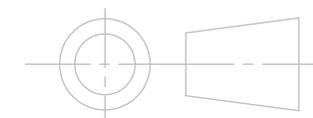
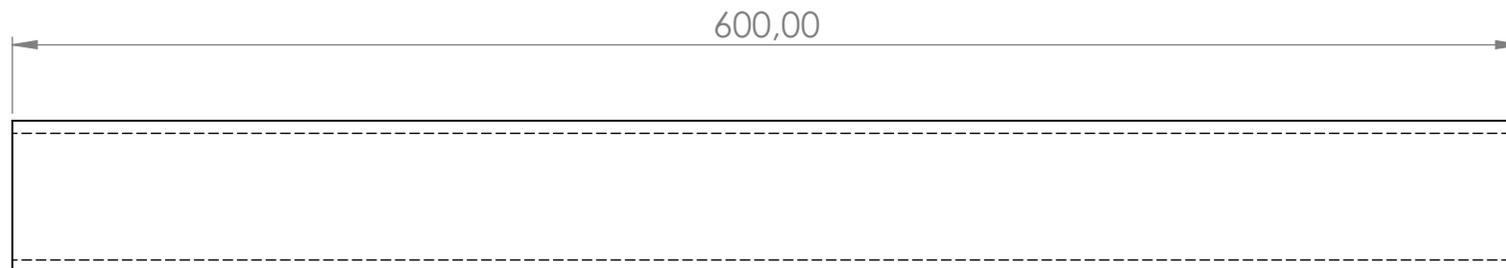
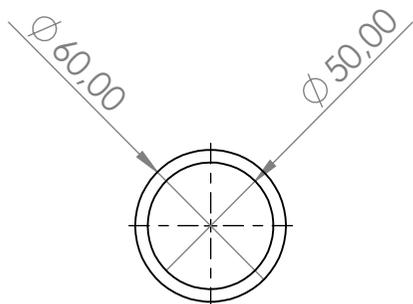
| | | | | |
|---|---------------------------------------|---------------|--|-----------------|
| 1 | Placa de anclaje motorreductor | 1 | | S355 |
| Nº | Nombre | Cantidad | Norma | Material/Modelo |
| TRANSPORTE POR CABLE- PLACA DE ANCLAJE | | | | |
| Fecha | | Autor |  ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna | |
| 03/06 | Nombre | ERIK | | |
| 2021 | Apellidos | RAMOS NAVARRO | | |
| Id. s. normas | UNE - EN - DIN | | | |
| ESCALA: | TITULO DEL PLANO | | Nº P. : 1.01.01 Nom.conjunto: Torre | |
| 1:3 | PLACA DE ANCLAJE MOTORREDUCTOR | | | |



| 2 | Anclaje delantero del motorreductor | 1 | | S275 |
|--|-------------------------------------|---------------|--|-----------------|
| Nº | Nombre | Cantidad | Norma | Material/Modelo |
| TRANSPORTE POR CABLE- ANCLAJE DELANTERO DEL MOTORREDUCTOR | | | | |
| Fecha | | Autor | ULL ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna | |
| 03/06 | Nombre | ERIK | | |
| 2021 | Apellidos | RAMOS NAVARRO | | |
| Id. s. normas | UNE - EN - DIN | | | |
| ESCALA: | TITULO DEL PLANO | | Nº P. : 1.01.02 Nom.conjunto: Torre | |
| 2:3 | ANCLAJE DELANTERO DEL MOTORREDUCTOR | | | |



| | | | | |
|--|---|---------------|--|--|
| 4 | Eje de la polea guía | 1 | | S355 |
| Nº | Nombre | Cantidad | Norma | Material/Modelo |
| TRANSPORTE POR CABLE - EJE DE LA POLEA GUÍA | | | | |
| Fecha | | Autor |  ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna | |
| 03/06 | Nombre | ERIK | | |
| 2021 | Apellidos | RAMOS NAVARRO | | |
| Id. s. normas | UNE - EN - DIN | | | |
| ESCALA: 1:3 | TITULO DEL PLANO EJE DE LA POLEA GUÍA | | | Nº P. : 1.01.03 Nom.conjunto: Torre |

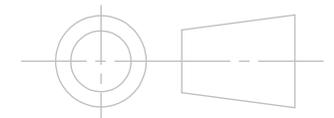
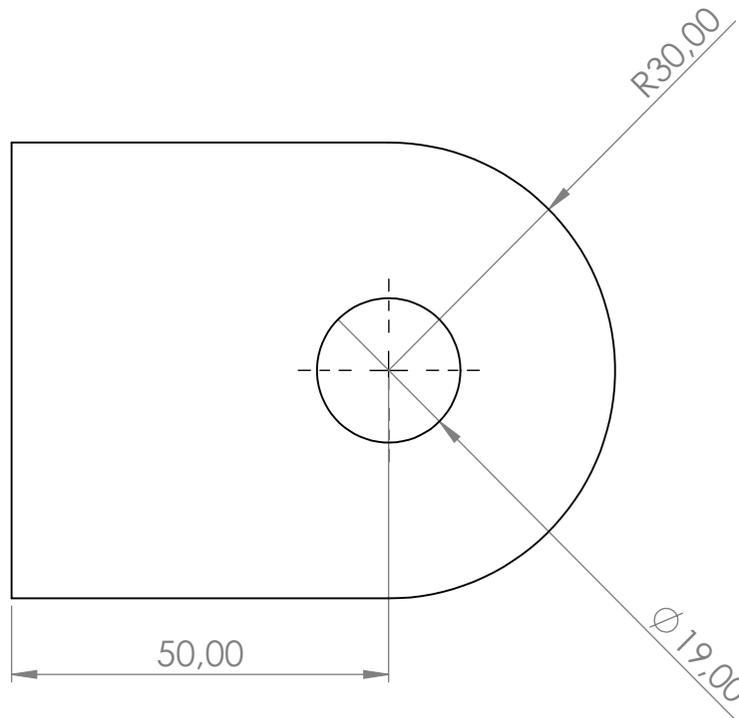
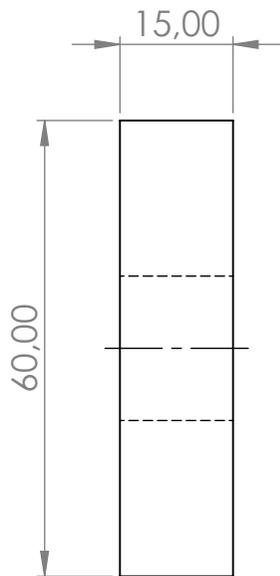


| | | | | |
|----|-----------------------------------|----------|-------|-----------------|
| 7 | Eje de anclaje del cable portante | 1 | | S355 |
| Nº | Nombre | Cantidad | Norma | Material/Modelo |

TRANSPORTE POR CABLE - EJE DE ANCLAJE DEL CABLE PORTANTE

| | | | |
|---------------|----------------|---------------|--|
| Fecha | | Autor |  ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna |
| 03/06 | Nombre | ERIK | |
| 2021 | Apellidos | RAMOS NAVARRO | |
| Id. s. normas | UNE - EN - DIN | | Universidad de La Laguna |

| | | |
|---------|-----------------------------------|---------------------|
| ESCALA: | TITULO DEL PLANO | Nº P. : 1.01.04 |
| 1:3 | EJE DE ANCLAJE DEL CABLE PORTANTE | Nom.conjunto: Torre |

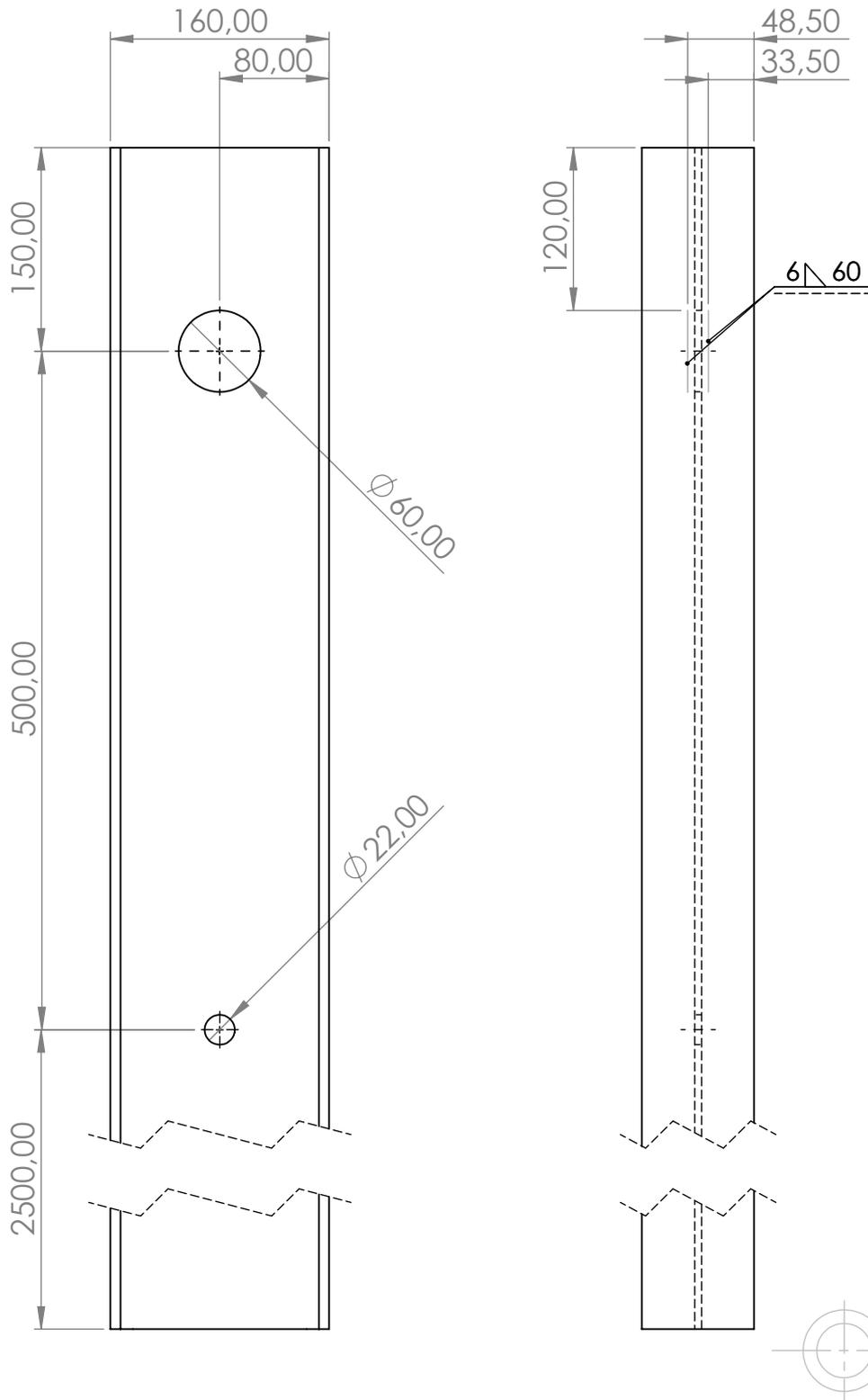


| | | | | |
|----|--------------------|----------|-------|-----------------|
| 8 | Orejeta de anclaje | 2 | | S275 |
| Nº | Nombre | Cantidad | Norma | Material/Modelo |

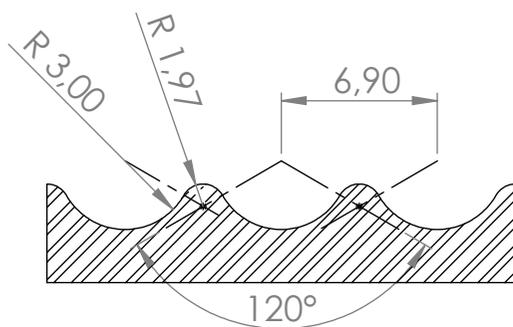
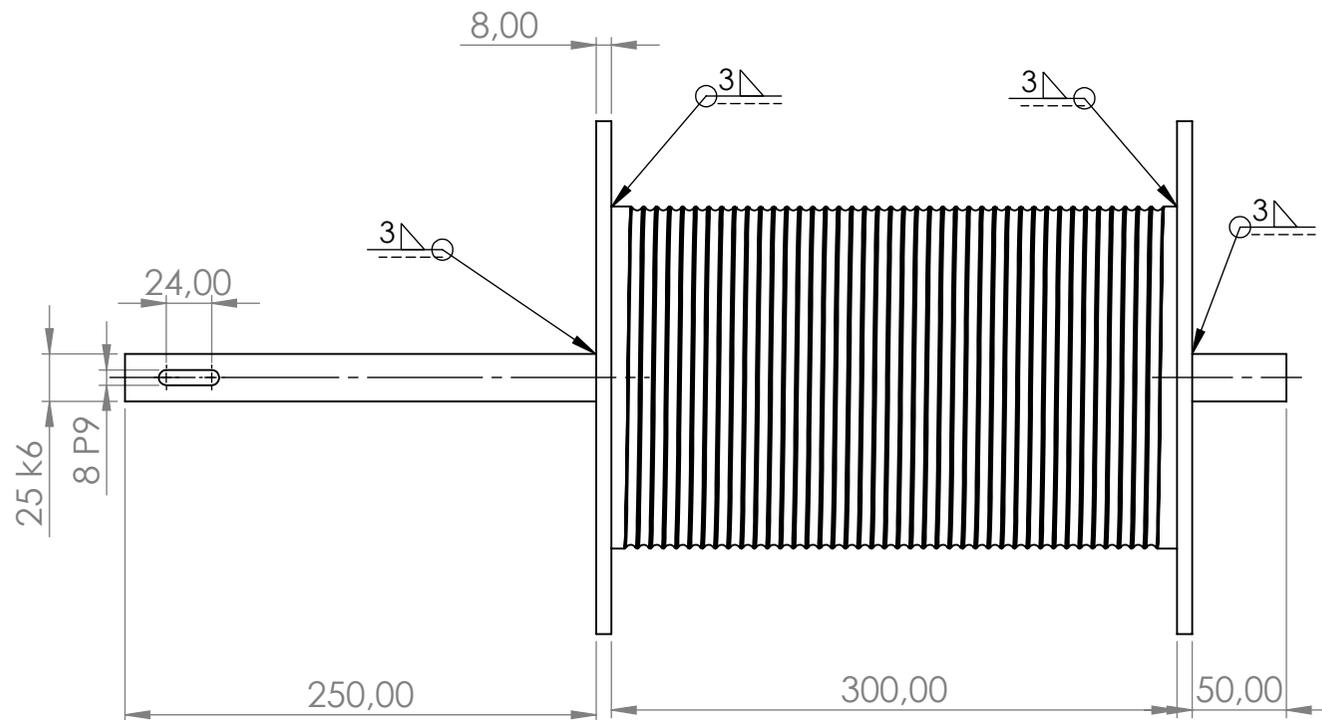
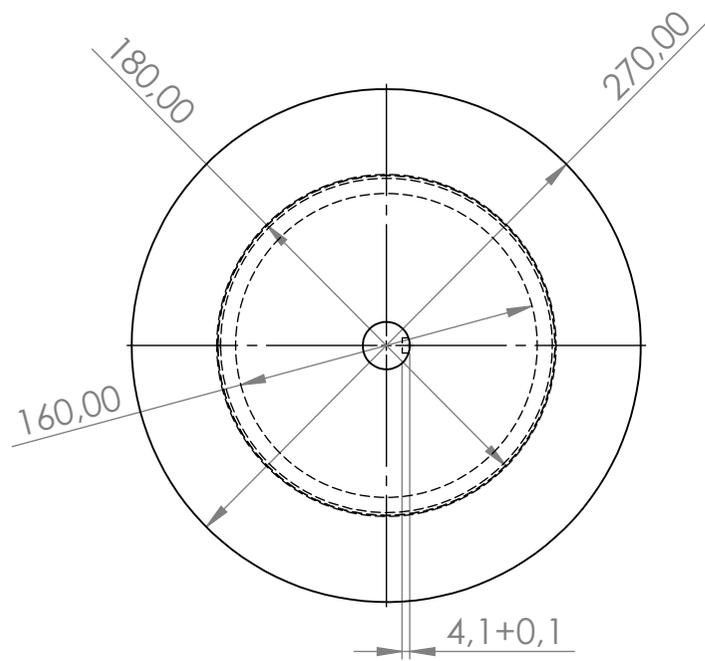
TRANSPORTE POR CABLE - OREJETA DE ANCLAJE

| | | | | |
|---------------|----------------|---------------|---|---|
| Fecha | | Autor |  | ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna |
| 03/06 | Nombre | ERIK | | |
| 2021 | Apellidos | RAMOS NAVARRO | | |
| Id. s. normas | UNE - EN - DIN | | | |

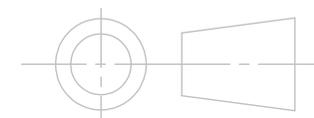
| | | |
|-----------------------|--|--|
| ESCALA: 1:1 | TITULO DEL PLANO OREJETA DE ANCLAJE | Nº P. : 1.01.05 Nom.conjunto: Torre |
|-----------------------|--|--|



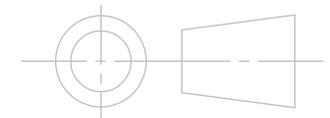
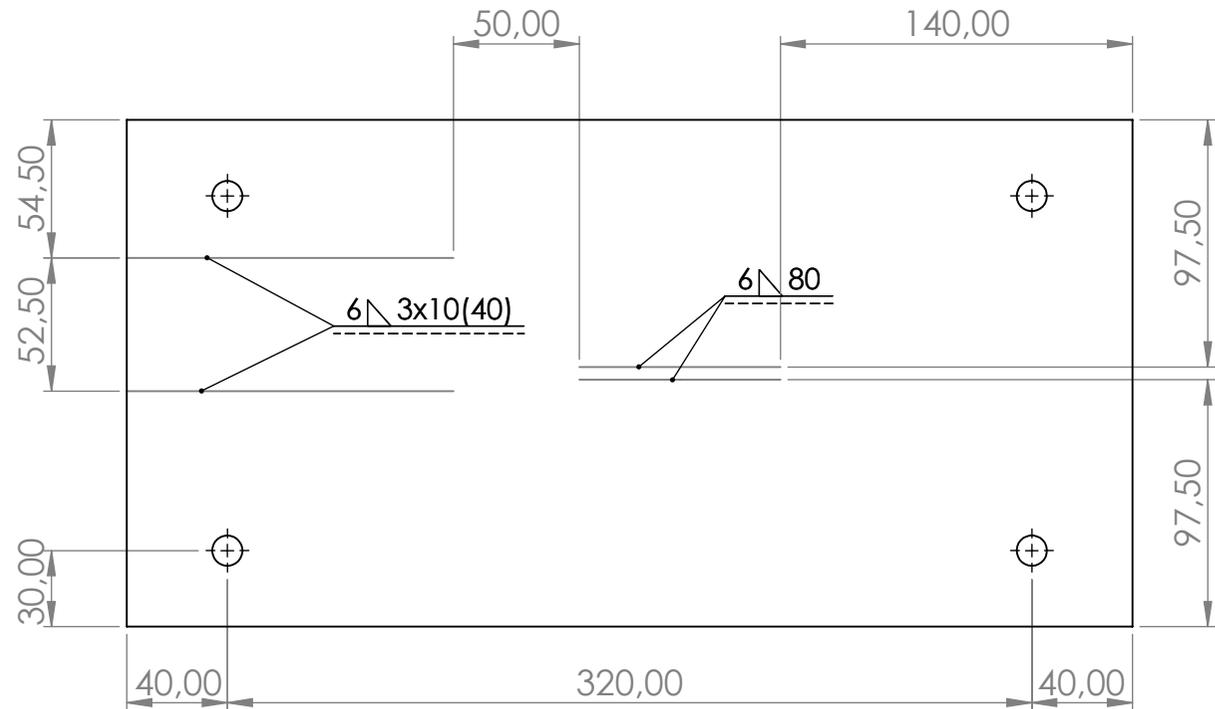
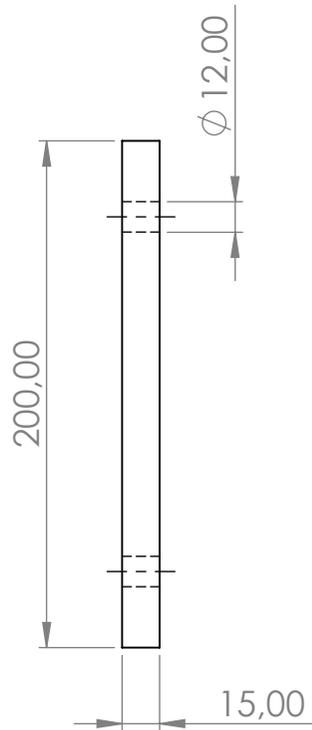
| | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|---------------|---|---|-----------------|
| 10 | Pilar | | 2 | | S275 |
| Nº | Nombre | | Cantidad | Norma | Material/Modelo |
| TRANSPORTE POR CABLE - PILAR | | | | | |
| Fecha | | Autor |  | ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna | |
| 03/06 | Nombre | ERIK | | | |
| 2021 | Apellidos | RAMOS NAVARRO | | | |
| Id. s. normas | UNE - EN - DIN | | | | |
| ESCALA: | TITULO DEL PLANO | | | Nº P. : 1.01.06 Nom.conjunto: Torre | |
| 1:5 | PILAR | | | | |



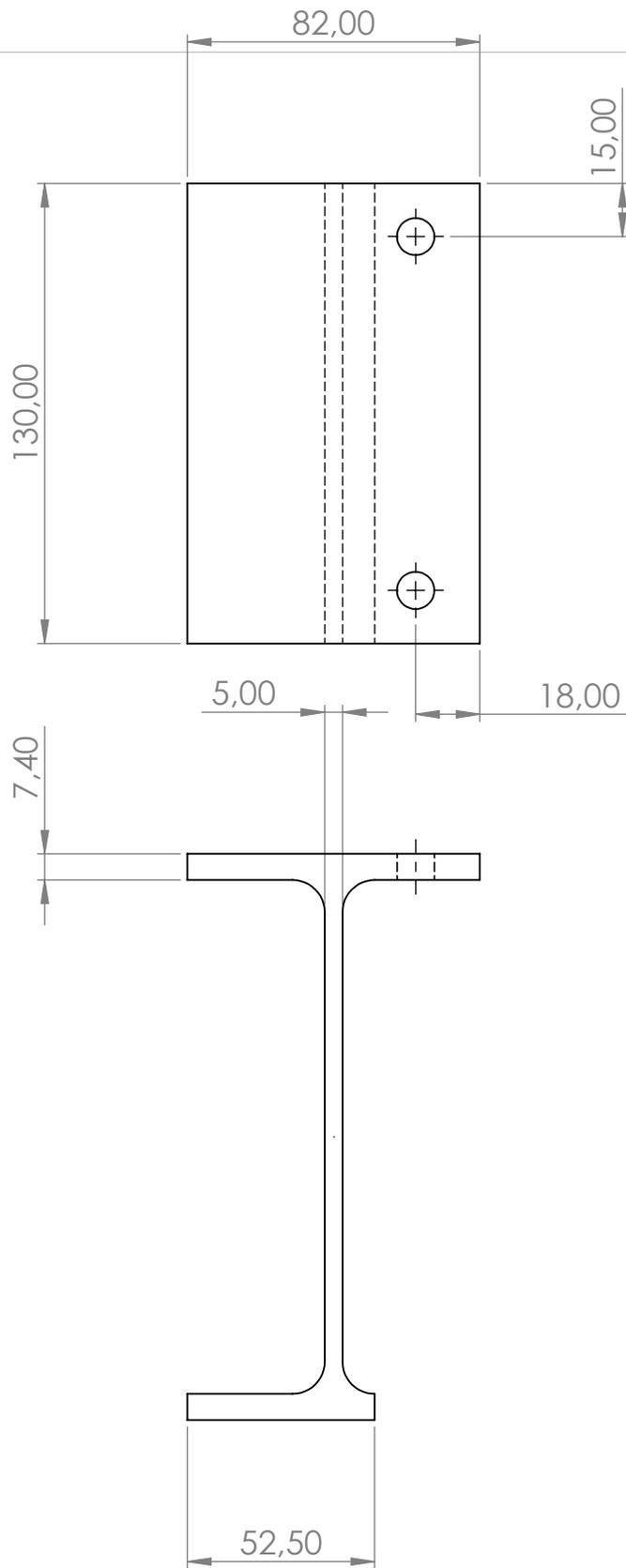
DETALLE ACANALADO
ESCALA 30:1



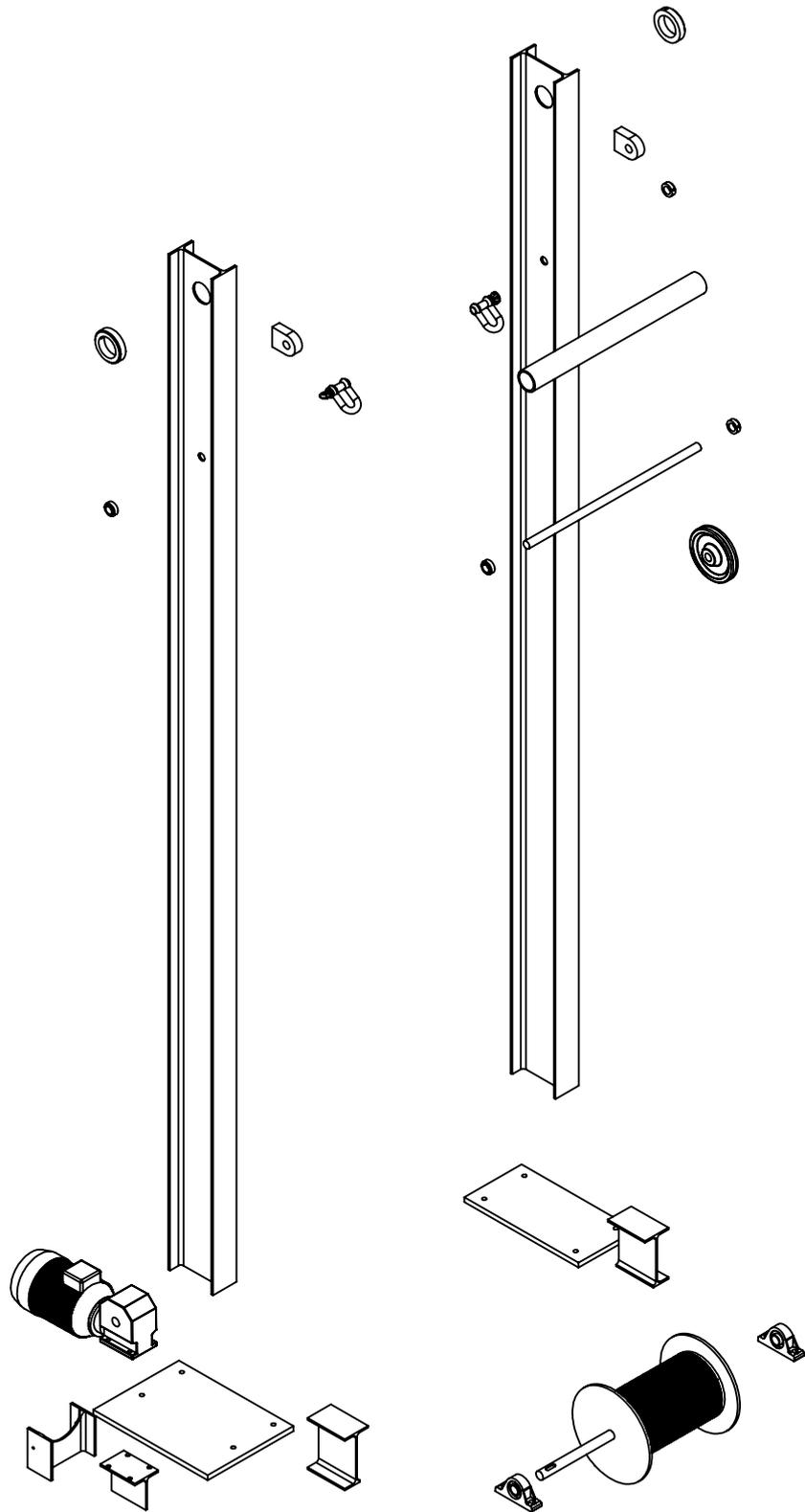
| | | | | |
|---|--------------------------------|---------------|---|-----------------|
| 12 | Tambor de arrollamiento | 1 | | S355 / F1140 |
| Nº | Nombre | Cantidad | Norma | Material/Modelo |
| TRANSPORTE POR CABLE - TAMBOR DE ARROLLAMIENTO | | | | |
| Fecha | | Autor |  ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna | |
| 03/06 | Nombre | ERIK | | |
| 2021 | Apellidos | RAMOS NAVARRO | | |
| Id. s. normas | UNE - EN - DIN | |  | |
| ESCALA: | TITULO DEL PLANO | | Nº P. : 1.01.07 Nom.conjunto: Torre | |
| 1:4 | TAMBOR DE ARROLLAMIENTO | | | |



| | | | | |
|--|-----------------------------------|---------------|--|-----------------|
| 13 | Placa de anclaje del pilar | 1 | | S355 |
| Nº | Nombre | Cantidad | Norma | Material/Modelo |
| TRANSPORTE POR CABLE - PLACA DE ANCLAJE DEL PILAR | | | | |
| Fecha | | Autor |  ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna | |
| 03/06 | Nombre | ERIK | | |
| 2021 | Apellidos | RAMOS NAVARRO | | |
| Id. s. normas | UNE - EN - DIN | | | |
| ESCALA: | TITULO DEL PLANO | | Nº P. : 1.01.08 | |
| 1:3 | PLACA DE ANCLAJE DEL PILAR | | Nom.conjunto: Torre | |

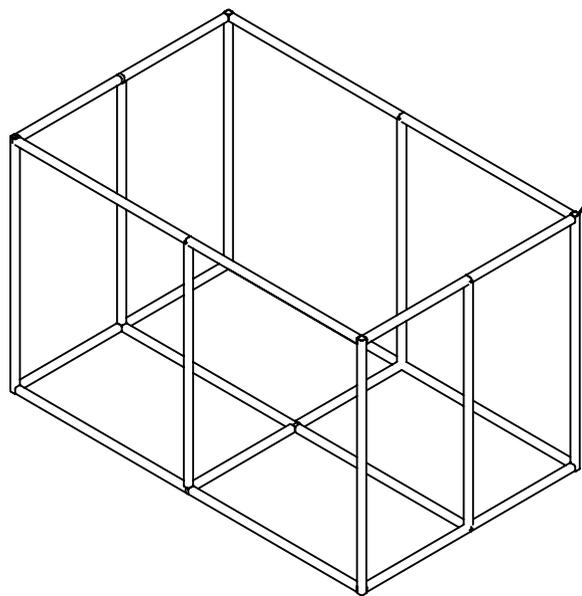
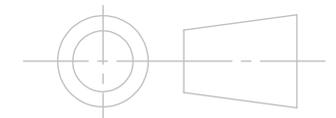
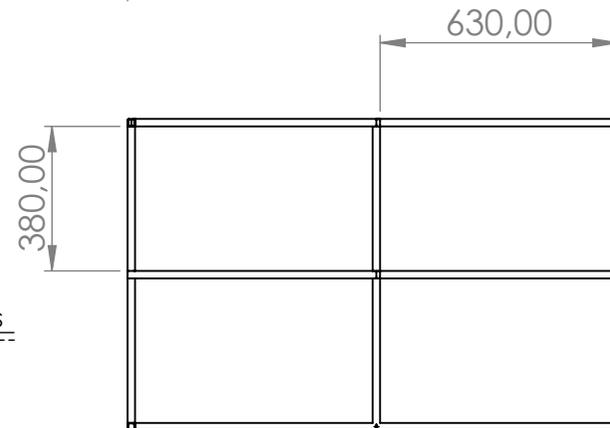
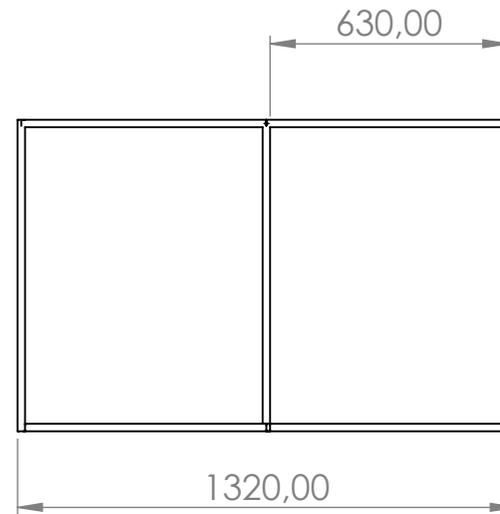
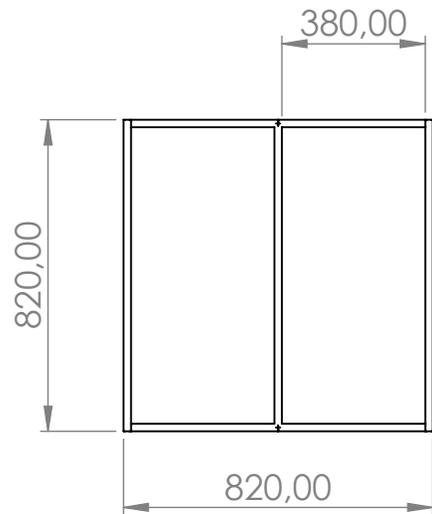


| | | | | |
|---|-------------------------|---------------|--|-----------------|
| 15 | Anclaje de la chumacera | 2 | | S275 |
| Nº | Nombre | Cantidad | Norma | Material/Modelo |
| TRANSPORTE POR CABLE - ANCLAJE DE LA CHUMACERA | | | | |
| Fecha | | Autor |  Escuela Superior Ingeniería y Tecnología Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna | |
| 03/06 | Nombre | ERIK | | |
| 2021 | Apellidos | RAMOS NAVARRO | | |
| Id. s. normas | UNE - EN - DIN | | | |
| ESCALA: | TITULO DEL PLANO | | Nº P. : 1.01.09 Nom.conjunto: Torre | |
| 1:2 | ANCLAJE DE LA CHUMACERA | | | |



TRANSPORTE POR CABLE- TORRE

| | | | | |
|-----------------|---|---------------|-----------------------------|--|
| Fecha | | Autor | ULL | ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA |
| 03/06 | Nombre | ERIK | Universidad de La Laguna | Grado en Ingeniería Mecánica |
| 2021 | Apellidos | RAMOS NAVARRO | | Universidad de La Laguna |
| Id. s. normas | UNE - EN - DIN | | | |
| ESCALA: 1:18 | TITULO DEL PLANO VISTA EXPLOSIONADA- TORRE | | | Nº P. : 1.02 Nom.conjunto: Torre |



a6 En todas las uniones

TRANSPORTE POR CABLE - CESTA

| | | | | |
|---------------|----------------|---------------|---|---|
| Fecha | | Autor |  | ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna |
| 03/06 | Nombre | ERIK | | |
| 2021 | Apellidos | RAMOS NAVARRO | | |
| Id. s. normas | UNE - EN - DIN | | | |

| | | |
|-----------------|---------------------------|---------------------------------|
| ESCALA: 1:20 | TITULO DEL PLANO CESTA | Nº P. : 2.01 Conjunto: Cesta |
|-----------------|---------------------------|---------------------------------|

DISEÑO DE UN TRANSPORTE POR CABLE

ANEXO IV: ELEMENTOS COMERCIALES

ERIK RAMOS NAVARRO

ÍNDICE

| | |
|---|----------|
| 1. CABLES | |
| 1.1. CABLES DE ACERO..... | TABLA 1 |
| 1.2. GUARDACABOS DIN 6899..... | TABLA 2 |
| 1.3. TENSOR DIN 1480..... | TABLA 3 |
| 1.4. ANILLA EN1677..... | TABLA 4 |
| 1.5. GRAPA DIN 741..... | TABLA 5 |
| 2. TORRES | |
| 2.1. ANILLO DE RETENCIÓN DIN 705..... | TABLA 6 |
| 2.2. POLEA GÚIA DEL CABLE TRACTOR..... | TABLA 7 |
| 2.3. GRILLETE DE ALTA RESISTENCIA EN 13889..... | TABLA 8 |
| 3. SISTEMA MOTRIZ DE LA CESTA | |
| 3.1. CHUMACERA SY 25 TR..... | TABLA 9 |
| 3.2. MOTORREDUCTOR MR V 325 80C B14R..... | TABLA 10 |
| 3.3. CHAVETA DIN 6885 A..... | TABLA 11 |
| 4. CESTA | |
| 4.1. GRILLETE RECTO DIN 82101..... | TABLA 12 |
| 4.2. POLEA TANDEM SPEED CABLE..... | TABLA 13 |
| 4.3. ANCLAJE MÚLTIPLE PAW M..... | TABLA 14 |
| 5. PROTECCIÓN CONTRA LA INTEMPERIE | |
| 5.1. BLATEPOX PRIMER ANTIOXIDANTE..... | TABLA 15 |
| 5.2. BLATEPOX ACABADO F-13..... | TABLA 16 |

»» CABLE DE ACERO ALMA DE FIBRA / METÁLICA

En Cargo Flet Blasant distribuimos:

Cable acero inoxidable, Cable de acero engrasado, Cable de acero galvanizado, Cables para grúas, Cordones espiroidales, Cables antigiratorios, Cable de acero alma de fibra/metálica, Cable de acero plastificado, etc.

Cable 6x7 (1+6)+FC = 42 Hilos

| Código | Diámetro (mm) | Peso (kg/m) | Carga de rotura calculada | | Carga de rotura mínima | |
|---------|---------------|-------------|---------------------------|-------|------------------------|-------|
| | | | (kN) | (kp) | (kN) | (kp) |
| 9070200 | 2 | 0,0143 | 2,61 | 266 | 2,35 | 239 |
| 9070300 | 3 | 0,0322 | 5,88 | 598 | 5,29 | 538 |
| 9070400 | 4 | 0,0572 | 10,50 | 1.060 | 9,41 | 957 |
| 9070500 | 5 | 0,0894 | 16,30 | 1.660 | 14,70 | 1.500 |
| 9070600 | 6 | 0,1290 | 23,50 | 2.390 | 21,10 | 2.150 |
| 9070700 | 7 | 0,1750 | 32,00 | 3.260 | 28,80 | 2.930 |
| 9070800 | 8 | 0,2290 | 41,80 | 4.250 | 37,60 | 3.830 |
| 9070900 | 9 | 0,2890 | 52,90 | 5.380 | 47,60 | 4.840 |
| 9071000 | 10 | 0,3570 | 65,30 | 6.640 | 58,80 | 5.980 |
| 9071100 | 11 | 0,4320 | 79,10 | 8.040 | 71,10 | 7.240 |
| 9071200 | 12 | 0,5150 | 94,10 | 9.570 | 84,70 | 8.610 |

Ø 2 A 12 MM



6 x 7 + 1

DIN3055

Cableado cruzado derecha - galvanizado

APLICACIONES

Usos generales, vallas, separaciones, quitamiedos, tornos manuales

Cable 6x19 Estandar (1+6+12)+FC = 114 Hilos

| Código | Diámetro (mm) | Peso (kg/m) | Carga de rotura calculada | | Carga de rotura mínima | |
|--------|---------------|-------------|---------------------------|--------|------------------------|--------|
| | | | (kN) | (kp) | (kN) | (kp) |
| 922030 | 3 | 0,0311 | 5,69 | 579 | 4,9 | 498 |
| 922040 | 4 | 0,0554 | 10,10 | 1.030 | 8,7 | 885 |
| 922050 | 5 | 0,0865 | 15,80 | 1.610 | 13,6 | 1.380 |
| 922060 | 6 | 0,1250 | 22,80 | 2.320 | 19,6 | 1.990 |
| 922070 | 7 | 0,1700 | 31,00 | 3.150 | 26,7 | 2.710 |
| 922080 | 8 | 0,2210 | 40,50 | 4.120 | 34,8 | 3.540 |
| 922090 | 9 | 0,2800 | 51,20 | 5.210 | 44,1 | 4.480 |
| 922100 | 10 | 0,3460 | 63,30 | 6.420 | 54,4 | 5.530 |
| 922110 | 11 | 0,4190 | 76,50 | 7.780 | 65,8 | 6.690 |
| 922120 | 12 | 0,4980 | 91,10 | 9.260 | 78,3 | 7.970 |
| 922130 | 13 | 0,5850 | 107 | 10.900 | 91,9 | 9.350 |
| 922140 | 14 | 0,6780 | 124 | 12.600 | 107 | 10.800 |
| 922160 | 16 | 0,8860 | 162 | 16.500 | 139 | 14.200 |
| 922180 | 18 | 1,1200 | 205 | 20.800 | 176 | 17.900 |

Ø 3 A 18 MM



6 x 19 + 1 ESTANDAR

DIN3060

Cableado cruzado derecha galvanizado - alma de fibra

APLICACIONES

Cables estándar, industria en general, eslingas...



OTROS PRODUCTOS Y SERVICIOS



ESLINGAS DE CABLE



PRUEBAS EN BANCO HOMOLOGADO



DISPONIBLE EN ALQUILER

2.3 GD-Z

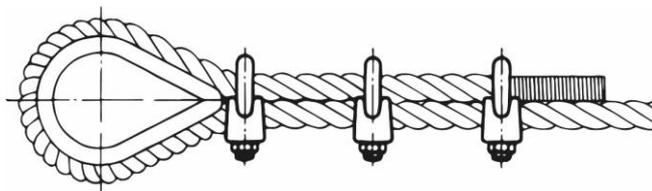
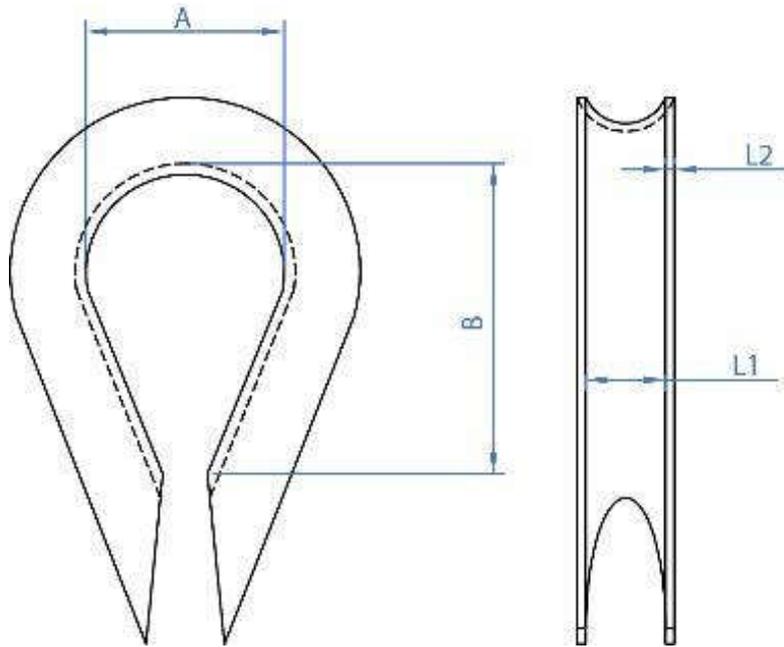
Guardacabos cincado

|  | Recubrimiento | Material Base | | |
|---|---|--|---|---|
| |  |  |  |  |
| | Cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042 | Cable | Cadena | Cuerda |

Datos de Instalación

| CÓDIGO | Ø CABLE | A | B | L1 | L2 | Características |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|---|
| GDZ03 | 3,5 | 12 | 26,5 | 4 | 0,75 | <ul style="list-style-type: none"> - Guardacabos de acuerdo a DIN 6899A - Recubrimiento Cincado - Fácil instalación - Elemento para asegurar la protección del cable ante cualquier rozamiento - Excelente acabado |
| GDZ04 | 4 | 13 | 28,5 | 5 | 0,75 | |
| GDZ05 | 5 | 14 | 30 | 6 | 1 | |
| GDZ06 | 6 | 15 | 33 | 7 | 1 | |
| GDZ08 | 8 | 18 | 39 | 9 | 1,25 | |
| GDZ10 | 10 | 22 | 47,5 | 11 | 1,5 | |
| GDZ13 | 13 | 28 | 61 | 14 | 0,8 | |
| GDZ15 | 15 | 32 | 68,5 | 16 | 2 | |
| GDZ18 | 18 | 40 | 86,5 | 20 | 2,5 | |
| GDZ20 | 20 | 44 | 95 | 22 | 2,5 | |
| GDZ24 | 24 | 48 | 103 | 26 | 4 | |

PLANO



THHI

Tensor tubular horquilla/horquilla inoxidable

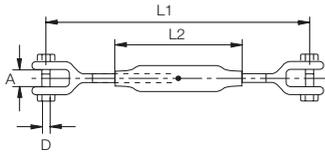


Uso

Gracias a su sistema de horquillas, es el tensor óptimo cuando se precisa el más alto nivel de seguridad y la mayor resistencia de tracción a la hora de tensar o aparejar cables.

Aplicación y consideraciones

Fabricados en acero inoxidable AISI-316 e imprescindibles en ambientes corrosivos o marinos. Nunca sobrepasar la carga de trabajo (C.M.U/WLL) especificada.



| Medida | Medida Equiva. | Denom. | Referencia | Carga Trabajo WLL (Kg) | A | D Ø Bulón | L1 | L2 | L. Máx. Extensión | Envase | Embalaje |
|--------|----------------|----------|------------|------------------------|-----|-----------|-----|-----|-------------------|--------|----------|
| 5 | 3/16" | THHI 105 | 0952901-4 | 250 | 6 | 5,2 | 125 | 80 | 185 | 10 | 80 |
| 6 | 1/4" | THHI 106 | 0952902-2 | 300 | 7,5 | 6,2 | 155 | 95 | 225 | 10 | 80 |
| 8 | 5/16" | THHI 108 | 0952903-0 | 600 | 10 | 8,7 | 180 | 105 | 255 | 10 | 80 |
| 10 | 3/8" | THHI 110 | 0952904-9 | 900 | 12 | 9,7 | 220 | 125 | 310 | 5 | 40 |
| 12 | 1/2" | THHI 112 | 0952905-7 | 1200 | 14 | 12,6 | 255 | 150 | 370 | 5 | 40 |
| 14 | 9/16" | THHI 114 | 0952906-5 | 1500 | 14 | 12,6 | 270 | 165 | 390 | 1 | 10 |
| 16 | 5/8" | THHI 116 | 0952907-3 | 2000 | 16 | 16 | 320 | 190 | 460 | 1 | 25 |
| 20 | 3/4" | THHI 120 | 0952908-1 | 3000 | 20 | 19 | 355 | 210 | 505 | 1 | 5 |

Material: Acero inoxidable AISI-316



Estos artículos son para uso industrial, unión para cable y cadena (No son un Equipo de Protección Individual).



AMO

Anilla maestra oval

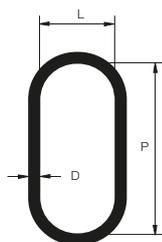


Uso

Es indispensable para aquellas aplicaciones donde se precise ensamblar eslingas de cadena o cable. Gracias a la calidad del material con el que está realizado, puede soportar grandes cargas de trabajo.

Aplicación y consideraciones

Es un elemento práctico, sencillo y rápido para ensamblajes. Para no poner en riesgo la seguridad, nunca hay que sobrepasar la carga de trabajo (C.M.U/WLL) que tiene especificada para cada medida.



| Denominación | Referencia | Carga Trabajo WLL (Kg) | P | L | D | Para cadena ⊥ | Para cadena ^ | Envase | Embalaje |
|--------------|------------|------------------------|-----|-----|----|---------------|---------------|--------|----------|
| AMO 107 | 0952385-1 | 1600 | 110 | 60 | 13 | 7 | 6 | 5 | 20 |
| AMO 108 | 0952411-7 | 2120 | 110 | 60 | 16 | 8 | 7 | 5 | 20 |
| AMO 110 | 0952412-5 | 3150 | 135 | 75 | 19 | 10 | 8 | 5 | 5 |
| AMO 113 | 0952413-3 | 5300 | 160 | 90 | 23 | 13 | 10 | 2 | 2 |
| AMO 116 | 0952414-1 | 8000 | 180 | 100 | 27 | 16 | 13 | 2 | 1 |

Material: Acero aleado grado 80 | **Acabado:** Rojo



Estos artículos son para uso industrial, unión para cable y cadena (No son un Equipo de Protección Individual).

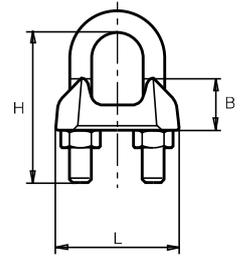




Sujetacable DIN 741 Inoxidable

La estructura maleable del sujetacable permite hacer gazas de cables, conexiones entre cables donde no se pueden prensar ni usar terminales, y uniones temporales de cables. Resulta óptimo para obtener un montaje con necesidades estéticas

CONSEJOS: Al estar fabricado en acero inoxidable AISI-316, garantiza una alta resistencia a la corrosión, imprescindible para su aplicación en ambientes marinos.



SCI

| Ø Cable (mm) | Denom. SCI | Referencia | Envase | Embalaje | D | H | L | B |
|--------------|------------|------------|--------|----------|------|------|----|----|
| 3-4 | SCI 104 | 0952415-0 | 10 | 160 | M 4 | 18,5 | 21 | 10 |
| 5 | SCI 105 | 0952416-8 | 10 | 160 | M 5 | 19 | 23 | 10 |
| 6 | SCI 106 | 0952417-6 | 10 | 160 | M 5 | 23 | 26 | 11 |
| 8 | SCI 108 | 0952418-4 | 10 | 160 | M 6 | 28 | 30 | 15 |
| 10 | SCI 110 | 0952419-2 | 5 | 80 | M 8 | 34 | 34 | 17 |
| 12 | SCI 111 | 0952420-5 | 5 | 80 | M 8 | 36 | 36 | 18 |
| 14 | SCI 114 | 0952421-3 | 5 | 80 | M 10 | 47 | 44 | 22 |
| 16 | SCI 116 | 0952422-1 | 5 | 80 | M 12 | 51 | 50 | 26 |
| 18 | SCI 119 | 0952424-8 | 5 | 80 | M 12 | 63 | 54 | 30 |
| 22 | SCI 122 | 0952425-6 | 1 | 16 | M 14 | 71 | 61 | 34 |
| 25 | SCI 126 | 0952426-4 | 1 | 16 | M 14 | 81 | 65 | 37 |
| 28 | SCI 130 | 0952427-2 | 1 | 16 | M 16 | 94 | 74 | 43 |
| 32 | SCI 134 | 0952428-0 | 1 | 1 | M 16 | 115 | 92 | 46 |

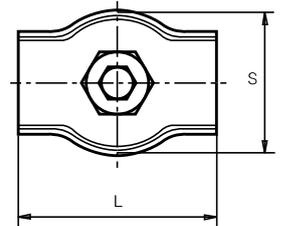
MATERIAL: Acero inoxidable AISI-316



Sujetacable Plano Simple Inoxidable

La estructura rígida del cuerpo, la placa fijatoria adosada en su interior y la funcionalidad del tornillo con tuerca, permiten un rápido, seguro y eficaz montaje del cable. Resulta óptimo para obtener un montaje con necesidades estéticas.

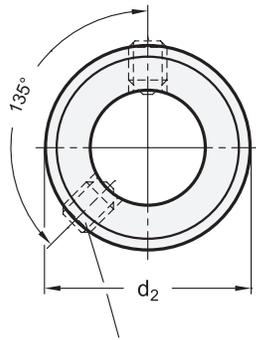
CONSEJOS: Al estar fabricado en acero inoxidable AISI-316, garantiza una alta resistencia a la corrosión, imprescindible para su aplicación en ambientes marinos.



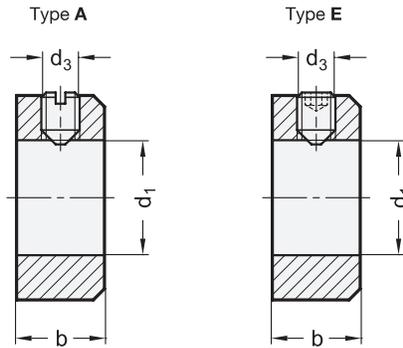
SPSI

| Ø Cable (mm) | Denom. SPSI | Referencia | Envase | Embalaje | M | S | L |
|--------------|-------------|------------|--------|----------|---|----|------|
| 3 | SPSI 203 | 0952435-2 | 10 | 160 | 4 | 14 | 20 |
| 4 | SPSI 204 | 0952436-0 | 10 | 160 | 5 | 17 | 21,5 |
| 5 | SPSI 205 | 0952437-9 | 10 | 160 | 6 | 21 | 26 |
| 6 | SPSI 206 | 0952438-7 | 10 | 160 | 6 | 25 | 30 |

MATERIAL: Acero inoxidable AISI-316



Second set screw from size $d_1 = 80$

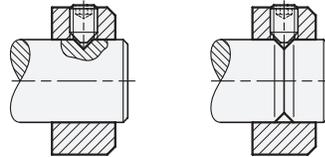


Assembly examples

Positioning through

Dimpled hole

Groove



Metric

SS Stainless Steel

2 Type

- A** Slotted set screw with cone point ISO 7434 (DIN 553)
- E** Hexagon socket set screw with cone point DIN 914

Specification

- Steel, blackened finish —
- Steel, zinc plated, blue passivated finish **ZB**
- Stainless steel **NI**
European Standard No. 1.4305 (AISI 303)
- **RoHS compliant**



Information

GN 705 set screw shaft collars are primarily used as securing rings on round shafts.

The clamping is done radially on the shaft or axle surface. Together with a countersunk hole or a groove on the shaft diameter, the shaft collars can be positioned exactly and, at the same time, damage to the clamping point can be avoided.

The set screw is a standard part of the assembly. A second screw is added from size $d_1 = 80$ mm.

see also...

- *List of Shaft Collar Types*
- *Semi-Split Shaft Collars GN 706.2*

| | |
|---|--|
| <p>How to order (Steel, blackened finish)</p> <p>GN 705-20-A</p> | <p>1 Inner diameter d_1</p> <p>2 Type</p> |
| <p>How to order (Steel, zinc plated)</p> <p>GN 705-10-E-ZB</p> | <p>1 Inner diameter d_1</p> <p>2 Type</p> <p>3 Finish</p> |
| <p>How to order (Stainless steel)</p> <p>GN 705-13-E-NI</p> | <p>1 Inner diameter d_1</p> <p>2 Type</p> <p>3 Finish</p> |

Metric table



| d ₁ H8 Steel, blackened Type A / E | Steel, zinc plated* Type E | Stainless steel Type E | d ₂ | d ₃ Thread | b js14 |
|---|-------------------------------|---------------------------|----------------|--------------------------|------------|
| 5 0.20 | 5 0.20 | 5 0.20 | 10 0.39 | M3 x 4 | 6 0.24 |
| 6 0.24 | 6 0.24 | 6 0.24 | 12 0.47 | M4 x 5 | 8 0.31 |
| 7 0.28 | 7 0.28 | 7 0.28 | 12 0.47 | M4 x 5 | 8 0.31 |
| 8 0.31 | 8 0.31 | 8 0.31 | 16 0.63 | M4 x 6 | 8 0.31 |
| 9 0.35 | 9 0.35 | 9 0.35 | 18 0.71 | M5 x 8 | 10 0.39 |
| 10 0.39 | 10 0.39 | 10 0.39 | 20 0.79 | M5 x 8 | 10 0.39 |
| 11 0.43 | 11 0.43 | 11 0.43 | 20 0.79 | M5 x 8 | 10 0.39 |
| 12 0.47 | 12 0.47 | 12 0.47 | 22 0.87 | M6 x 8 | 12 0.47 |
| 13 0.51 | 13 0.51 | 13 0.51 | 22 0.87 | M6 x 8 | 12 0.47 |
| 14 0.55 | 14 0.55 | 14 0.55 | 25 0.98 | M6 x 8 | 12 0.47 |
| 15 0.59 | 15 0.59 | 15 0.59 | 25 0.98 | M6 x 8 | 12 0.47 |
| 16 0.63 | 16 0.63 | 16 0.63 | 28 1.10 | M6 x 8 | 12 0.47 |
| 18 0.71 | 18 0.71 | 18 0.71 | 32 1.26 | M6 x 8 | 14 0.55 |
| 20 0.79 | 20 0.79 | 20 0.79 | 32 1.26 | M6 x 8 | 14 0.55 |
| 22 0.87 | 22 0.87 | 22 0.87 | 36 1.42 | M6 x 10 | 14 0.55 |
| 24 0.94 | 24 0.94 | 24 0.94 | 40 1.57 | M8 x 12 | 16 0.63 |
| 25 0.98 | 25 0.98 | 25 0.98 | 40 1.57 | M8 x 10 | 16 0.63 |
| 26 1.02 | 26 1.02 | 26 1.02 | 40 1.57 | M8 x 10 | 16 0.63 |
| 28 1.10 | 28 1.10 | 28 1.10 | 45 1.77 | M8 x 12 | 16 0.63 |



Dimensions in: millimeters - inches

| d ₁ H8 Steel, blackened Type A / E | Steel, zinc plated* Type E | Stainless steel Type E | d ₂ | d ₃ Thread | b js14 |
|---|-------------------------------|---------------------------|----------------|--------------------------|------------|
| 30 1.18 | 30 1.18 | 30 1.18 | 45 1.77 | M 8 x 10 | 16 0.63 |
| 32 1.26 | 32 1.26 | 32 1.26 | 50 1.97 | M 8 x 12 | 16 0.63 |
| 34 1.34 | - | 34 1.34 | 50 1.97 | M 8 x 12 | 16 0.63 |
| 35 1.38 | 35 1.38 | 35 1.38 | 56 2.20 | M 8 x 12 | 16 0.63 |
| 36 1.42 | - | 36 1.42 | 56 2.20 | M 8 x 12 | 16 0.63 |
| 38 1.50 | - | 38 1.50 | 56 2.20 | M 8 x 12 | 16 0.63 |
| 40 1.57 | 40 1.57 | 40 1.57 | 63 2.48 | M10 x 16 | 18 0.71 |
| 42 1.65 | - | 42 1.65 | 63 2.48 | M10 x 16 | 18 0.71 |
| 45 1.77 | 45 1.77 | 45 1.77 | 70 2.76 | M10 x 16 | 18 0.71 |
| 48 1.89 | - | 48 1.89 | 70 2.76 | M10 x 16 | 18 0.71 |
| 50 1.97 | 50 1.97 | 50 1.97 | 80 3.15 | M10 x 16 | 18 0.71 |
| 52 2.05 | - | - | 80 3.15 | M10 x 16 | 18 0.71 |
| 55 2.17 | 55 2.17 | - | 80 3.15 | M10 x 16 | 18 0.71 |
| 60 2.36 | 60 2.36 | - | 90 3.54 | M10 x 16 | 20 0.79 |
| 65 2.56 | - | - | 100 3.94 | M10 x 20 | 20 0.79 |
| 70 2.76 | 70 2.76 | - | 100 3.94 | M10 x 20 | 20 0.79 |
| 75 2.95 | - | - | 110 4.33 | M12 x 20 | 22 0.87 |
| 80 3.15 | 80 3.15 | - | 110 4.33 | M12 x 20 | 22 0.87 |

* The tolerances given in accordance with DIN 705 apply to plain shaft collars. The surface treatment normally has no detrimental effect on the proper function.

3.1
3.2
3.3
3.4
3.5
3.6
3.7
3.8
3.9
3.10



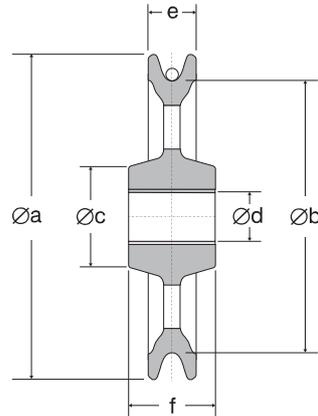


Polea, sin soporte, RZ

Polea de acero sin soporte para transmisión automática y manual

Características:

- Adecuadas para transmisión mecánica y manual.
- Sin mantenimiento.
- Soporte de acero.
- Rodamientos lubricados.



| Modelo | Capacidad (kg) | Diámetro cable (mm) | A (mm) | B (mm) | C (mm) | D (mm) | E (mm) | F (mm) | Peso (kg) | Código |
|--------|----------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------|
| RZ-0.5 | 500 | 5 - 6 | 150 | 125 | 46 | 22 | 22 | 40 | 2.3 | 3063001 |
| RZ-1.0 | 1000 | 8 - 10 | 235 | 200 | 78 | 40 | 32 | 50 | 6.0 | 3063003 |
| RZ-2.0 | 2000 | 12 - 14 | 325 | 280 | 108 | 60 | 41 | 70 | 16.0 | 3063005 |
| RZ-3.0 | 3000 | 16 - 18 | 400 | 340 | 110 | 70 | 51 | 87 | 27.0 | 3063007 |
| RZ-5.0 | 5000 | 20 - 22 | 475 | 410 | 115 | 75 | 55 | 92 | 39.0 | 3063009 |

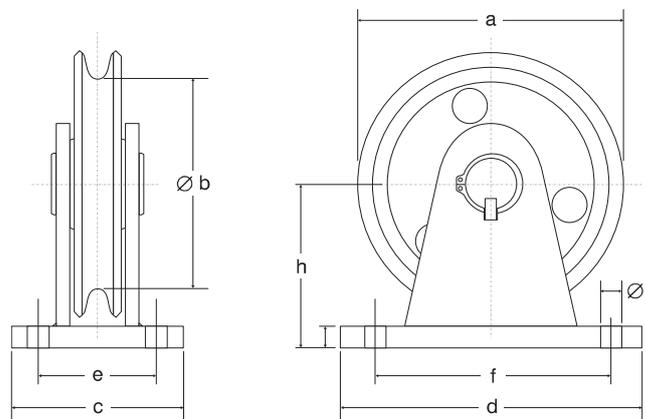


Polea, con soporte, RBZ

Polea de acero con soporte para transmisión automática y manual

Características:

- Adecuadas para transmisión mecánica y manual.
- Sin mantenimiento.
- Soporte de acero.
- Rodamientos lubricados.



| Modelo | Capacidad (kg) | Diámetro cable (mm) | A (mm) | B (mm) | C (mm) | D (mm) | E (mm) | F (mm) | G (mm) | H (mm) | I (mm) | Peso (kg) | Código |
|---------|----------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------|
| RBZ-0.5 | 500 | 5 - 6 | 150 | 125 | 82 | 115 | 55 | 88 | 15 | 92 | 11.5 | 3.25 | 3064001 |
| RBZ-1.0 | 1000 | 8 - 10 | 235 | 200 | 108 | 187 | 70 | 150 | 20 | 138 | 18 | 10.6 | 3064003 |
| RBZ-2.0 | 2000 | 12 - 14 | 325 | 280 | 143 | 260 | 95 | 212 | 25 | 190 | 23 | 31.0 | 3064005 |
| RBZ-3.0 | 3000 | 16 - 18 | 400 | 340 | 188 | 330 | 130 | 242 | 30 | 236 | 28 | 52.0 | 3064007 |
| RBZ-5.0 | 5000 | 20 - 22 | 475 | 410 | 238 | 400 | 178 | 340 | 30 | 275 | 31 | 79.0 | 3064009 |

Grillete recto con punzón alta resistencia

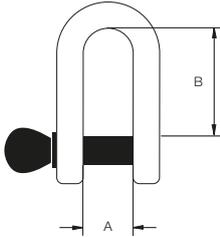


Uso

Es el instrumento de elevación más usado como pieza intermedia entre una anilla, cáncamo o gancho y una eslinga. El bulón y su conexión con el arco mediante una rosca facilita el montaje dentro de la estructura de elevación.

Aplicación y consideraciones

El componente de acero de alta resistencia de su estructura permite la elevación de grandes cargas de trabajo con la elección de un grillete de menor volumen y facilita su manejo. Nunca sobrepasar la carga de trabajo (C.M.U/WLL) establecida.



| Medida Ø Arco | Denominación | Referencia | Carga Trabajo WLL (Kg) | A | B | Ø Bulón | Envase | Embalaje |
|------------------|--------------|------------|---------------------------|----|-----|---------|--------|----------|
| 5 | GRAR 105 | 0952790-8 | 330 | 10 | 19 | 6,4 | 50 | 800 |
| 6 | GRAR 106 | 0952791-6 | 500 | 13 | 22 | 8 | 50 | 400 |
| 8 | GRAR 108 | 0952792-4 | 750 | 14 | 26 | 9,5 | 50 | 300 |
| 10 | GRAR 110 | 0952793-2 | 1000 | 17 | 32 | 10,9 | 50 | 150 |
| 13 | GRAR 112 | 0952795-9 | 2000 | 21 | 42 | 16 | 25 | 75 |
| 16 | GRAR 116 | 0952797-5 | 3250 | 27 | 51 | 19 | 25 | 75 |
| 19 | GRAR 120 | 0952799-1 | 4750 | 32 | 61 | 22 | 5 | 20 |
| 22 | GRAR 122 | 0952800-3 | 6500 | 37 | 72 | 25 | 1 | 8 |
| 28 | GRAR 128 | 0952802-0 | 9500 | 46 | 90 | 32 | 1 | 4 |
| 32 | GRAR 132 | 0952803-8 | 12000 | 51 | 100 | 35 | 1 | 3 |
| 36 | GRAR 135 | 0952804-6 | 13500 | 57 | 110 | 38 | 1 | 1 |
| 45 | GRAR 145 | 0952807-0 | 25000 | 73 | 146 | 51 | 1 | 1 |

Material: Acero alta resistencia | **Acabado cuerpo:** Galvanizado | **Acabado pasador:** Rojo



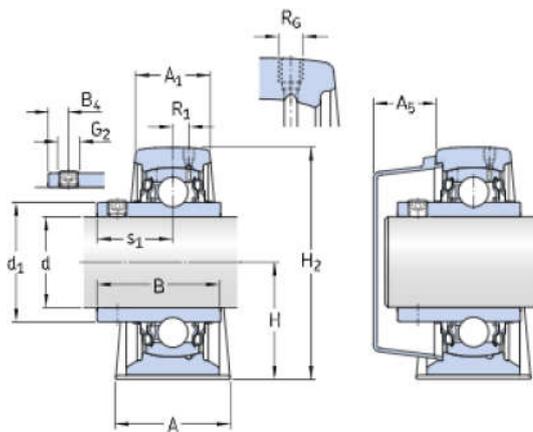
SY 25 TR Soportes de pie con rodamientos de bolas

Soportes de pie con rodamientos de bolas



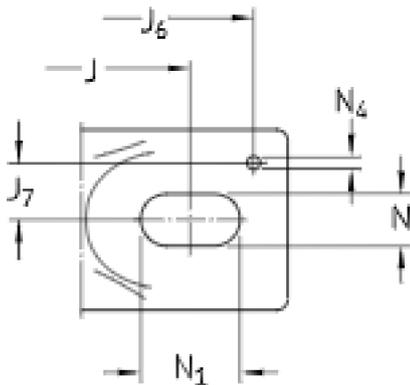
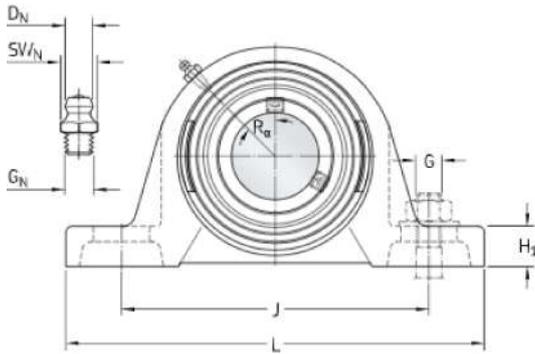
Especificación técnica

| | |
|------------------------------|------------------------------------|
| Cumplimiento con el estándar | ISO |
| Para un propósito específico | For material handling applications |
| Material del soporte | Fundición |
| Sealing solution | Multiple seals |



DIMENSIONES

| | |
|----------------|-------------|
| d | 25 mm |
| d ₁ | ≈ 33.74 mm |
| A | 36 mm |
| A ₁ | 22 mm |
| A ₅ | 20.5 mm |
| B | 34.1 mm |
| B ₄ | 5 mm |
| H | 36.5 mm |
| H ₁ | 16 mm |
| H ₂ | 70 mm |
| J | 102 mm |
| J | max. 110 mm |
| J | min. 94 mm |



| | |
|-------|---------|
| L | 130 mm |
| N | 11.5 mm |
| N_1 | 19.5 mm |
| s_1 | 19.8 mm |

ORIFICIO ROSCADO

| | |
|------------|------------|
| R_G | 1/4-28 UNF |
| R_1 | 2 mm |
| R_α | 45° |

BOQUILLA ENGRASADORA

| | |
|--------|---------------|
| D_N | 6.5 mm |
| SW_N | 7 mm |
| G_N | 1/4-28 SAE-LT |

PASADORES

| | |
|-------|--------|
| J_6 | 120 mm |
| J_7 | 13 mm |
| N_4 | 4 mm |

DATOS DEL CÁLCULO

| | | |
|--|-------|-------------|
| Capacidad de carga dinámica básica | C | 14 kN |
| Capacidad de carga estática básica | C_0 | 7.8 kN |
| Carga límite de fatiga | P_u | 0.335 kN |
| Velocidad límite con tolerancia de eje h6 | | 4 300 r/min |

MASA

| | |
|-------------------|---------|
| Mass bearing unit | 0.73 kg |
|-------------------|---------|

INFORMACIÓN DE MONTAJE

| | | |
|---|----------------|----------|
| Rosca del prisionero | G ₂ | M6x0.75 |
| Tamaño de llave hexagonal para prisionero | | 3 mm |
| Par de apriete recomendado para el prisionero | | 4 N·m |
| Recommended diameter for attachment bolts, mm | G | 10 mm |
| Recommended diameter for attachment bolts, inch | G | 0.375 in |

PRODUCTOS INCLUIDOS

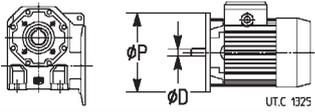
| | | |
|------------|--|-------------|
| Soporte | | SY 505 M |
| Rodamiento | | YAR 205-2RF |

PRODUCTOS ASOCIADOS

| | | |
|--------------|--|---------|
| Tapa lateral | | ECY 205 |
|--------------|--|---------|

9 - Programa de fabricación

9 - Programme de fabrication

| P ₁ | n ₂ | P ₂ | M ₂ | M _{2max} | F _{r2} | i | fs |  | Masa Masse | | | | | | |
|----------------|---|---|----------------|-------------------|-----------------|-------|-------------------------------|--|--------------------------------|----------|-------------------------------|-------------------------------|----------|----|----|
| | | | | | | | | | HF kg | FO kg | | | | | |
| 1,1 | * 30,1 38,2 47,2 59 74,5 91,3 | 0,8 | 255 | 286 | 4 250 | 47 | 0,71 | MR V 430 - 80 C 4 B5* | 19 × 200 | 23 | 26 | | | | |
| | | 0,83 | 208 | 324 | 4 250 | 37 | 0,95 | | | | | | | | |
| | | 0,86 | 174 | 334 | 4 000 | 30 | 1,18 | | | | | | | | |
| | | 0,88 | 143 | 326 | 3 550 | 24 | 1,4 | | | | | | | | |
| | | 0,93 | 119 | 305 | 3 350 | 19 | 1,6 | | | | | | | | |
| | 0,94 | 99 | 314 | 2 800 | 15,5 | 1,9 | | | | | | | | | |
| | ** | 59 | 0,87 | 141 | 173 | 2 240 | 24 | 0,75 | MR V 325 - 80 C 4 B14R | 14 × 105 | 18 | 21 | | | |
| | | 74,5 | 0,92 | 118 | 167 | 2 120 | 19 | 0,9 | | | | | | | |
| | | 91,3 | 0,93 | 98 | 172 | 2 000 | 15,5 | 1 | | | | | | | |
| | | 118 | 0,95 | 77 | 153 | 1 900 | 12 | 1,18 | | | | | | | |
| | | 170 | 0,98 | 55 | 141 | 1 500 | 8,33 | 1,5 | | | | | | | |
| | 184 | 0,96 | 49,8 | 136 | 1 700 | 15,5 | 1,5 | MR V 325 - 80 B 2 B14R | 14 × 105 | 15,5 | 19,5 | | | | |
| | 238 | 0,97 | 39 | 123 | 1 400 | 12 | 1,9 | | | | | | | | |
| | 343 | 0,99 | 27,7 | 113 | 1 120 | 8,33 | 2,24 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,5 | * 12,4 15,6 19,3 24,5 30,2 13 16,4 20,2 25,7 31,7 19,5 24,6 30,3 38,5 47,5 60,6 | 1,03 | 793 | 800 | 7 500 | 73 | 0,75 | MR V 742 - 90 LC 6 B5* | 24 × 200 | 47 | 53 | | | | |
| | | 1,08 | 662 | 1078 | 7 500 | 58 | 1 | | | | | | | | |
| | | 1,12 | 558 | 1123 | 7 500 | 47 | 1,25 | | | | | | | | |
| | | 1,15 | 450 | 1326 | 7 500 | 37 | 1,7 | | | | | | | | |
| | | 1,19 | 375 | 1252 | 7 500 | 30 | 2,12 | | | | | | | | |
| | | 1,03 | 755 | 800 | 7 500 | 73 | 0,8 | | | | | MR V 742 - 100 LA 6 B5 | 28 × 250 | 54 | 61 |
| | | 1,08 | 631 | 1078 | 7 500 | 58 | 1,06 | | | | | | | | |
| | | 1,12 | 531 | 1123 | 7 500 | 47 | 1,32 | | | | | | | | |
| | | 1,15 | 429 | 1326 | 7 500 | 37 | 1,8 | | | | | | | | |
| | | 1,19 | 358 | 1252 | 7 500 | 30 | 2,24 | | | | | | | | |
| | | 1,08 | 526 | 792 | 7 500 | 73 | 1 | | | | | | | | |
| | | 1,12 | 437 | 973 | 7 500 | 58 | 1,4 | | | | | | | | |
| | 1,16 | 366 | 981 | 7 500 | 47 | 1,7 | | | | | | | | | |
| | 1,19 | 295 | 1164 | 7 500 | 37 | 2,24 | | | | | | | | | |
| | 1,22 | 245 | 1103 | 7 100 | 30 | 2,8 | | | | | | | | | |
| | 1,28 | 202 | 949 | 6 700 | 23,5 | 2,8 | | | | | | | | | |
| | 1,13 | 440 | 701 | 6 500 | 37 | 0,95 | MR V 535 - 90 LC 6 B5* | 24 × 200 | 37 | 43 | | | | | |
| | 1,16 | 368 | 686 | 6 300 | 30 | 1,12 | | | | | | | | | |
| | 1,24 | 307 | 596 | 6 000 | 23,5 | 1,25 | | | | | | | | | |
| | 1,26 | 252 | 680 | 5 300 | 19 | 1,5 | | | | | | | | | |
| | 1,28 | 209 | 646 | 4 500 | 15,5 | 1,9 | | | | | | | | | |
| | 1,1 | 426 | 525 | 6 000 | 58 | 0,75 | | | | | MR V 535 - 90 L 4 B5 | 24 × 200 | 35 | 40 | |
| | 1,14 | 358 | 545 | 6 300 | 47 | 0,95 | | | | | | | | | |
| | 1,17 | 289 | 628 | 5 600 | 37 | 1,25 | | | | | | | | | |
| | 1,2 | 241 | 612 | 5 300 | 30 | 1,5 | | | | | | | | | |
| | 1,27 | 199 | 531 | 4 500 | 23,5 | 1,7 | | | | | | | | | |
| | 1,28 | 163 | 594 | 4 000 | 19 | 2 | | | | | | | | | |
| | 1,3 | 135 | 576 | 3 750 | 15,5 | 2,5 | | | | | | | | | |
| | 1,33 | 104 | 580 | 3 550 | 11,7 | 3,15 | | | | | | | | | |
| | 1,36 | 75 | 495 | 3 150 | 8,25 | 4 | | | | | | | | | |
| | 1,17 | 295 | 356 | 3 550 | 24 | 0,8 | MR V 430 - 90 LC 6 B5R | 19 × 200 | 28 | 34 | | | | | |
| | 1,14 | 282 | 324 | 3 550 | 37 | 0,71 | | | | | | | | | |
| | 1,17 | 236 | 334 | 3 550 | 30 | 0,9 | MR V 430 - 90 L 4 B5R | 19 × 200 | 26 | 31 | | | | | |
| | 1,2 | 193 | 326 | 3 550 | 24 | 1,06 | | | | | | | | | |
| | 1,27 | 161 | 305 | 3 350 | 19 | 1,18 | MR V 430 - 80 C 2 B5* | 19 × 200 | 22 | 25 | | | | | |
| | 1,29 | 134 | 314 | 2 800 | 15,5 | 1,4 | | | | | | | | | |
| | 1,3 | 105 | 281 | 2 500 | 12 | 1,6 | | | | | | | | | |
| | 1,34 | 75 | 258 | 2 000 | 8,33 | 2 | | | | | | | | | |
| | 1,32 | 68 | 248 | 2 240 | 15,5 | 2 | | | | | | | | | |
| | 1,31 | 68 | 136 | 1 700 | 15,5 | 1,12 | | | | | MR V 325 - 80 C 2 B14R | 14 × 105 | 17 | 20 | |
| | 1,32 | 53 | 123 | 1 400 | 12 | 1,4 | | | | | | | | | |
| | 1,36 | 37,7 | 113 | 1 250 | 8,33 | 1,6 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1,85 | * 16,4 20,2 25,7 31,7 19,4 24,4 30,1 38,2 47,2 60,2 74,5 | 1,33 | 778 | 1078 | 7 500 | 58 | 0,85 | MR V 742 - 100 LB 6 B5* | 28 × 250 | 57 | 63 | | | |
| | | | 1,39 | 655 | 1123 | 7 500 | 47 | 1,06 | | | | | | | |
| 1,42 | | | 529 | 1326 | 7 500 | 37 | 1,5 | | | | | | | | |
| 1,46 | | | 441 | 1252 | 7 500 | 30 | 1,8 | | | | | | | | |
| 1,33 | | | 654 | 792 | 7 100 | 73 | 0,85 | MR V 742 - 90 LB 4 B5* | | | | | 24 × 200 | 45 | 51 |
| 1,39 | | | 543 | 973 | 7 500 | 58 | 1,12 | | | | | | | | |
| 1,43 | | | 455 | 981 | 7 500 | 47 | 1,32 | | | | | | | | |
| 1,47 | | | 367 | 1164 | 7 500 | 37 | 1,8 | | | | | | | | |
| 1,51 | | | 305 | 1103 | 6 700 | 30 | 2,24 | | | | | | | | |
| 1,58 | | | 251 | 949 | 6 300 | 23,5 | 2,36 | | | | | | | | |
| 1,6 | | | 206 | 1109 | 6 000 | 19 | 3 | | | | | | | | |
| 1,39 | | | 517 | 701 | 6 000 | 37 | 0,8 | MR V 535 - 100 LB 6 B5R | | | | | 24 × 200 | 46 | 52 |
| 1,43 | | 433 | 686 | 5 600 | 30 | 0,95 | | | | | | | | | |
| 1,53 | | 361 | 596 | 5 600 | 23,5 | 1,06 | | | | | | | | | |
| 1,55 | | 297 | 680 | 4 750 | 19 | 1,32 | | | | | | | | | |
| 1,58 | | 246 | 646 | 4 750 | 15,5 | 1,6 | | | | | | | | | |
| 1,62 | | 190 | 681 | 3 550 | 11,7 | 2,12 | | | | | | | | | |
| 1,66 | | 137 | 581 | 3 150 | 8,25 | 2,5 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

* Si, en servicio continuo, la temperatura ambiente es > 30 °C o el funcionamiento es a plena potencia, verificar la potencia térmica.

** Verificar la potencia térmica.

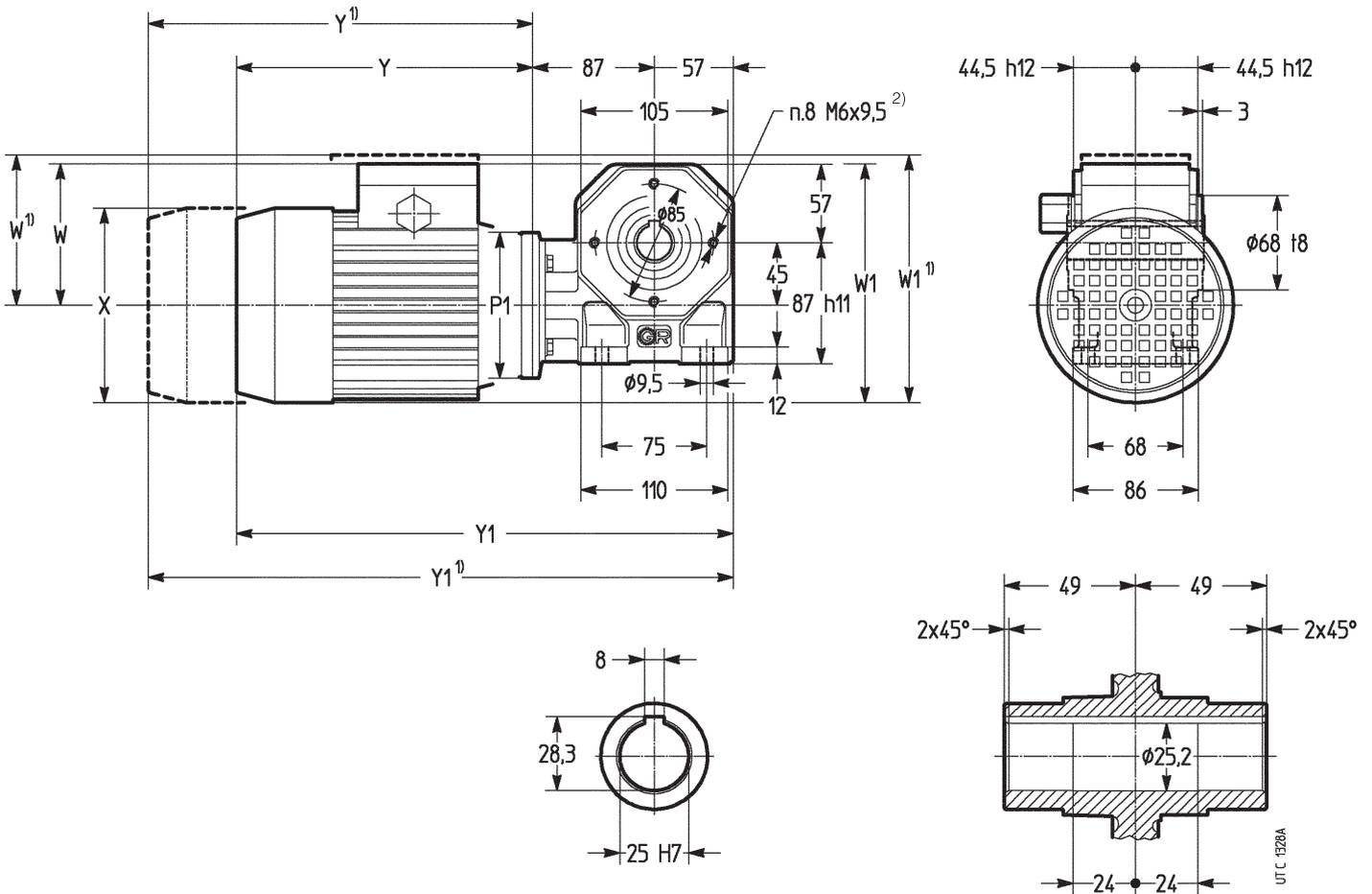
* Potencia o relación potencia-tamaño motor no normalizada.

* Si, en cas de service continu, la température ambiante est > 30 °C ou le fonctionnement est en pleine puissance, vérifier la puissance thermique.

** Vérifier la puissance thermique.

* Puissance ou correspondance puissance-grandeur moteur pas normalisée.

Tam. **325**
Grand.



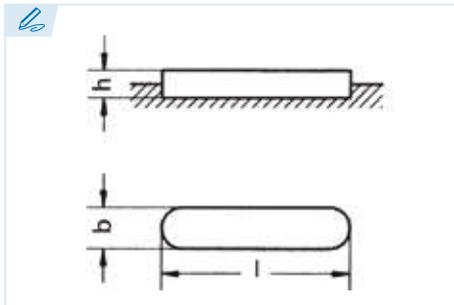
| Tam. motor Grand. moteur | P1 Ø | X Ø | Y ≈ | Y1 ≈ | W ≈ | W1 ≈ |
|-----------------------------|---------|--------|--------|---------|--------|---------|
| | | 1) | 1) | 1) | 1) | 1) |
| 71 B14 | 105 | 140 | 230 | 374 | 118 | 188 |
| 80 B14R | | 159 | 252 | 396 | 137 | 217 |

1) Valores validos para motor freno F0.
2) N. 4 taladros sobre cadauna de las 2 caras B14.

1) Valeurs valables pour moteur frein F0.
2) N. 4 trous sur chaque surface des 2 surfaces de la B14.



DIN 6885 A



Chaveta paralela de ajuste
Parallel keys
Clavette parallèle d'ajustage
Chaveta paralela de ajuste

Acero C45+C (F-114)
Steel C45+C (F-114)
Acier C45+C (F-114)
Aço C45+C (F-114)

Tolerancia b: h9
b Tolerance: h9
Tolérance b: h9
Tolerância b: h9

Tolerancia h: h9 o h11 según DIN 6880
h Tolerance: h9 or h11 according DIN 6880
Tolérance h: h9 ou h11 suivant DIN 6880
Tolerância h: h9 ou h11 conforme a norma DIN 6880

Resistencia mínima a la tracción: 600 N/mm²
Minimum tensile strength: 600 N/mm²
Résistance minimum à la rupture: 600 N/mm²
Resistência mínima à tração: 600 N/mm²

• Medidas fuera de norma DIN.
Dimensions outside DIN standard.
Dimensions hors norme DIN
Medidas fora da norma DIN.

INOX También disponibles en stock en acero inoxidable.
We also have stainless steel available in stock.
Également disponible sur demande et en stock.
Também disponíveis em estoque em aço inoxidável.

Otras medidas bajo consulta y en stock.
Other dimensions in stock and on request.
Autres dimensions sur demande et en stock.
Outras medidas, disponíveis sob consulta e em estoque.

! Las longitudes en negrita son las más utilizadas.
Bold numbers represent the most commonly used lengths.
En noir les dimensions les plus utilisées.
Os comprimentos em negrito são os mais utilizados.

Ref: ?

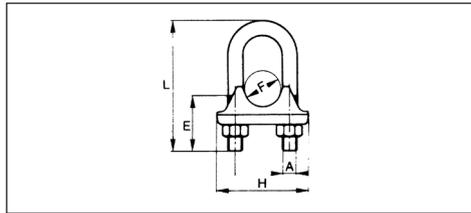
ejemplo
example
exemple
exemplo

Ref. = 51A - **XX** - **XX** - **XXX**
 b h l

DIN 6885 A 8x7x50
Ref. = 51A-8-7-50

| b | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|----|
| h | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 | 4 | 6 | 5 | 7 | 6 | 8 | 6 | 8 | 6 | 9 | 7 | 10 | 7 | 11 | 8 | 12 | 9 | 14 |
| 06 | 06 | 08 | 12 | 10 | 14 | •10 | 18 | •12 | 22 | •14 | 28 | •20 | 36 | •25 | 45 | •30 | 50 | •45 | 56 | •55 | 63 | •60 | |
| 08 | 08 | 10 | 14 | 12 | 16 | •12 | 20 | •14 | 25 | •15 | 32 | •22 | 40 | •28 | 50 | •32 | 56 | •50 | 63 | •56 | 70 | •63 | |
| 10 | 10 | 12 | 16 | 14 | 18 | 14 | 22 | •15 | 28 | •16 | 36 | •25 | 45 | •30 | 56 | •35 | 63 | •55 | 70 | •60 | 80 | •65 | |
| 12 | 12 | 14 | 18 | •15 | 20 | •15 | 25 | •16 | 32 | •18 | 40 | •28 | 50 | •32 | 63 | •36 | 70 | •56 | 80 | •63 | 90 | •70 | |
| 14 | 14 | •15 | 20 | 16 | 22 | 16 | 28 | 18 | 36 | •20 | 45 | •30 | 56 | •35 | 70 | •40 | 80 | •60 | 90 | •65 | 100 | •75 | |
| •15 | •15 | 16 | 22 | 18 | 25 | 18 | 32 | 20 | 40 | 22 | 50 | 32 | 63 | 36 | 80 | 45 | 90 | 63 | 100 | 70 | 110 | 80 | |
| 16 | 16 | 18 | 25 | 20 | 28 | 20 | 36 | 22 | 45 | 25 | 56 | •35 | 70 | 40 | 90 | 50 | 100 | •65 | 110 | •75 | 125 | •85 | |
| 18 | 18 | 20 | 28 | 22 | 32 | 22 | 40 | 25 | 50 | 28 | 63 | 36 | 80 | 45 | 100 | •55 | 110 | 70 | 125 | 80 | 140 | 90 | |
| 20 | 20 | 22 | 32 | 25 | 36 | 25 | 45 | 28 | 56 | •30 | 70 | 40 | 90 | 50 | 110 | 56 | 125 | •75 | 140 | •85 | 160 | •95 | |
| •22 | 22 | 25 | 36 | 28 | 40 | 28 | 50 | •30 | 63 | 32 | 80 | 45 | 100 | •55 | 125 | •60 | 140 | 80 | 160 | 90 | 180 | 100 | |
| •25 | 25 | 28 | 40 | •30 | 45 | •30 | 56 | 32 | 70 | •35 | 90 | 50 | 110 | 56 | 140 | 63 | 160 | •85 | 180 | •95 | 200 | 110 | |
| •28 | 28 | •30 | 45 | 32 | 50 | 32 | 63 | •35 | 80 | 36 | 100 | •55 | 125 | •60 | 160 | •65 | 180 | 90 | 200 | 100 | 220 | •120 | |
| •30 | •30 | 32 | 50 | •35 | 56 | •35 | 70 | 36 | 90 | 40 | 110 | 56 | 140 | 63 | 180 | 70 | 200 | •95 | 220 | 110 | 250 | 125 | |
| •32 | 32 | •35 | 56 | 36 | 63 | 36 | 80 | 40 | 100 | 45 | 125 | •60 | 160 | •65 | | •75 | | 100 | | •120 | | •130 | |
| •35 | •35 | 36 | | 40 | 70 | 40 | 90 | 45 | 110 | 50 | 140 | 63 | | 70 | 80 | | 110 | | 125 | | 140 | | |
| •36 | 36 | 40 | | 45 | | 45 | | 50 | | •55 | | •65 | | •75 | | •85 | | •120 | | •130 | | •150 | |
| | | 45 | | 50 | | 50 | | •55 | | 56 | | 70 | | 80 | | 90 | | 125 | | 140 | | 160 | |
| | | •50 | | •55 | | •55 | | 56 | | •60 | | •75 | | •85 | | •95 | | •130 | | •150 | | •170 | |
| | | | | 56 | | 56 | | •60 | | 63 | | 80 | | 90 | | 100 | | 140 | | 160 | | 180 | |
| | | | | •60 | | •60 | | 63 | | •65 | | •85 | | •95 | | 110 | | •150 | | •170 | | 200 | |
| | | | | •63 | | 63 | | •65 | | 70 | | 90 | | 100 | | •120 | | 160 | | 180 | | 220 | |
| | | | | •65 | | •65 | | 70 | | •75 | | •95 | | 110 | | 125 | | •170 | | 200 | | 250 | |
| | | | | | | 70 | | •75 | | 80 | | 100 | | •120 | | •130 | | 180 | | 220 | | | |
| | | | | | | •75 | | 80 | | •85 | | 110 | | 125 | | 140 | | 200 | | | | | |
| | | | | | | | | •85 | | 90 | | •120 | | •130 | | •150 | | | | | | | |
| | | | | | | | | 90 | | •95 | | 125 | | 140 | | 160 | | | | | | | |
| | | | | | | | | •95 | | 100 | | •130 | | •150 | | 180 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | •100 | | 110 | | 140 | | •200 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | •110 | | •120 | | •150 | | •180 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | •120 | | •125 | | •160 | | •200 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | •125 | | •130 | | •180 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | •130 | | •140 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | •140 | | •150 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | •150 | | •160 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | •180 | | •200 | | | | | | | | | | | |

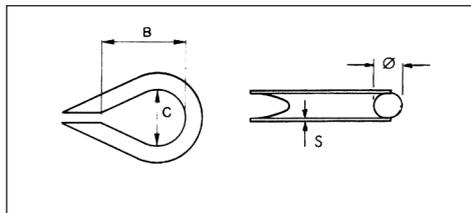
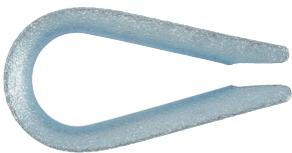
SUJETA CABLES DIN EN 13411-5



- En acero bicromatado.
- DIN EN 13411-5.

| Para Ø de cable | Métrica Rosca/E | Medidas (mm) | | | Medidas en pulgadas | Art. N° |
|-----------------|-----------------|--------------|----|-----|---------------------|-----------------|
| | | E | H | L | | |
| 5 | M 5 | 12 | 21 | 25 | 3/16" | 0520 05 |
| 6,5 | M 6 | 14 | 25 | 32 | 1/4" | 0520 065 |
| 8 | M 8 | 18 | 30 | 41 | 5/16" | 0520 08 |
| 10 | M 10 | 20 | 33 | 46 | 3/8" | 0520 010 |
| 13 | M 12 | 27 | 38 | 64 | 1/2" | 0520 013 |
| 16 | M 14 | 32 | 45 | 76 | 5/8" | 0520 016 |
| 22 | M 16 | 40 | 53 | 96 | 7/8" | 0520 022 |
| 26 | M 20 | 46 | 60 | 111 | 1" | 0520 026 |
| 30 | M 20 | 54 | 64 | 127 | 1 1/8" | 0520 030 |

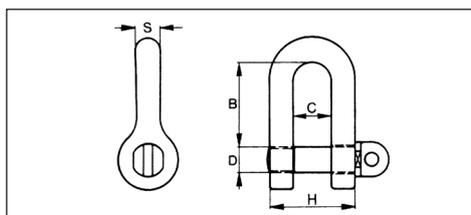
GUARDACABOS DIN 6899



- En acero cincado.
- DIN 6899.

| Medidas (mm) | | | | Art. N° |
|--------------|----|------|-----|----------------|
| B | C | S | Ø | |
| 21,5 | 10 | 0,50 | 2-3 | 0522 35 |
| 26,5 | 12 | 0,75 | 4 | 0522 4 |
| 28,5 | 13 | 0,75 | 5 | 0522 5 |
| 30 | 14 | 1,00 | 6 | 0522 6 |
| 35 | 16 | 1,25 | 8 | 0522 8 |
| 43 | 20 | 1,25 | 10 | 0522 10 |

GRILLETE RECTO TIPO NAVAL DIN 82101



- En acero cincado.
- DIN 82101.

| Diámetro D (mm) | Medidas (mm) | | | | Carga de rotura (KN) | Art. N° |
|-----------------|--------------|----|----|----|----------------------|-----------------|
| | B | C | H | S | | |
| 6 | 21 | 8 | 18 | 6 | 1,6 | 0523 016 |
| 8 | 28 | 11 | 25 | 8 | 2,5 | 0523 025 |
| 10 | 35 | 14 | 30 | 10 | 4,0 | 0523 04 |
| 12 | 42 | 17 | 37 | 12 | 6,3 | 0523 06 |
| 16 | 57 | 21 | 47 | 15 | 10,0 | 0523 1 |
| 20 | 71 | 27 | 61 | 19 | 16,0 | 0523 16 |
| 24 | 85 | 33 | 75 | 23 | 25,0 | 0523 25 |

Made in France



3 year guarantee
 Garantie 3 ans
 Garantie 3 Jahre
 Garanzia 3 anni
 Garantía 3 años

TANDEM SPEED P21 SPE

TANDEM CABLE P21 CAB

Double pulley with fixed cheeks
Poulie double à flasque fixe
 Doppelseilrolle mit festen Seitenplatten
 Carrucola doppia a flange fissa
 Polea doble con placa fija
 Dubbele katrol met vaste flanken

CE 0082

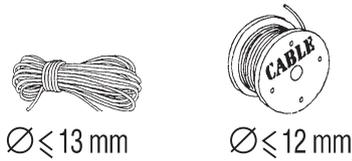
EN 12278

UIAA



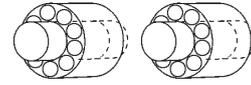
270 g TANDEM SPE
 258 g TANDEM CAB

individually tested



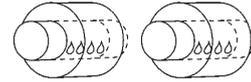
TANDEM SPEED P21 SPE

Ball bearings
Roulements à billes
 Kugellager
 Cuscinetti a sfera
 Rodamientos de bolas
 Kogellager

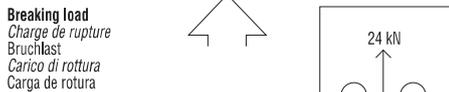
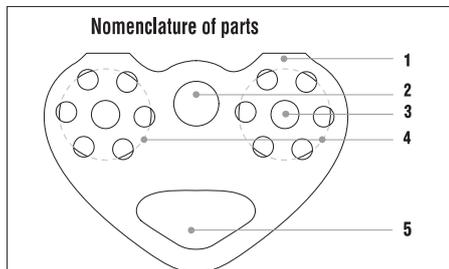


TANDEM CABLE P21 CAB

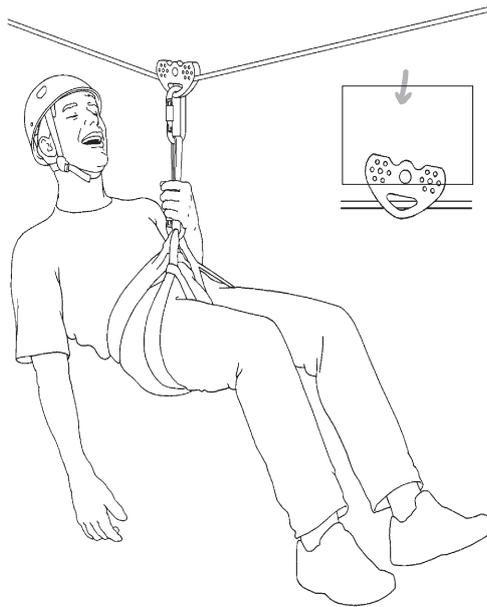
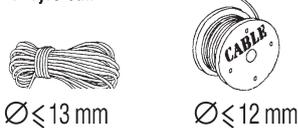
Self-lubricating bushings
Coussinets autolubrifiés
 Gleitlagerschale
 Cuscinetti autolubrificanti
 Cojinetes autolubricantes
 zelfoliënd lager



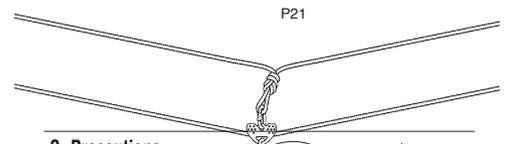
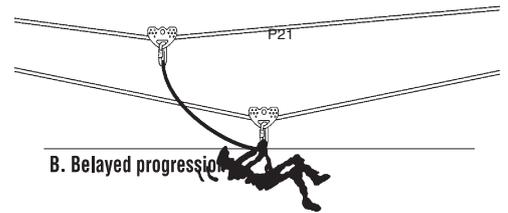
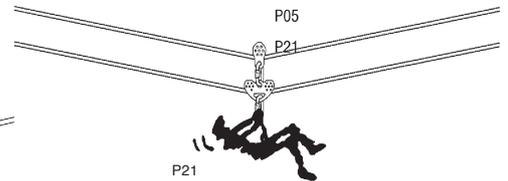
PETZL / F 38920 Crolles
 www.petzl.com
 ISO 9001
 Copyright Petzl
 Printed in France



1. Tyrolean



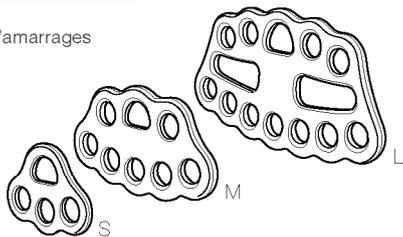
A. The anchors are always separated



PAW - S/M/L

CE 0082 NFPA

Rigging plate
Multiplicateur d'amarrages



WARNING / ATTENTION

Activities involving the use of this equipment are inherently dangerous. You are responsible for your own actions and decisions.

Before using this equipment, you must:

- Read and understand all instructions for Use.
- Get specific training in its proper use.
- Become acquainted with its capabilities and limitations.
- Understand and accept the risks involved.



FAILURE TO HEED ANY OF THESE WARNINGS MAY RESULT IN SEVERE INJURY OR DEATH.

Les activités impliquant l'utilisation de cet équipement sont par nature dangereuses. Vous êtes responsable de vos actes, de vos décisions et de votre sécurité.

Avant d'utiliser cet équipement, vous devez :

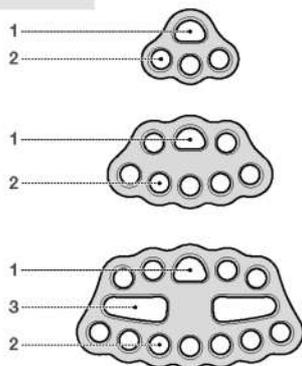
- Lire et comprendre toutes les instructions d'utilisation.
- Vous former spécifiquement à l'utilisation de cet équipement.
- Vous familiariser avec votre équipement, apprendre à connaître ses performances et ses limites.
- Comprendre et accepter les risques induits.



LE NON-RESPECT D'UN SEUL DE CES AVERTISSEMENTS PEUT ÊTRE LA CAUSE DE BLESSURES GRAVES OU MORTELLES.

1. Field of application (text part) Champ d'application (partie texte)

2. Nomenclature



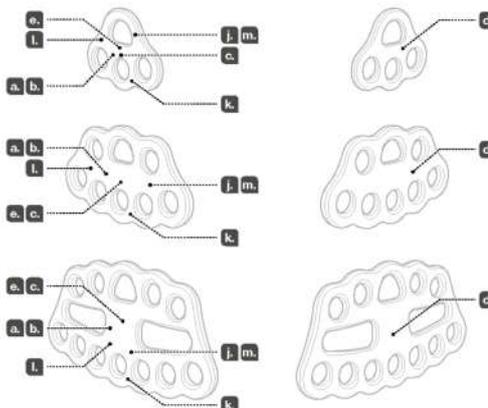
3. Inspection, points to verify Contrôle, points à vérifier



PPE checking
Vérification EPI
PETZL.COM



Traceability and markings Traçabilité et marquage



a. CE b. 0082
APAVE SUDEUROPE SAS
8 rue Jean-Jacques Vernazza
Z.A.C. Saumaty-Séon - CS 60 103
13322 Marseille CEDEX 16 France
N°0082

e. Individual number / Numéro individuel
YY M 0000000 000
f.
g.
h.
i.

NFPA CERTIFICATION

THESE ANCHOR PLATES MEET THE AUXILIARY EQUIPMENT REQUIREMENTS OF NFPA 1983, STANDARD ON LIFE SAFETY ROPE AND EQUIPMENT FOR EMERGENCY SERVICES, 2017 EDITION.

MINIMUM BREAKING STRENGTH AND RATING ARE DETERMINED AT THE CONFIGURATION OF LOWEST STRENGTH PER MANUFACTURER'S INSTRUCTIONS.

EMERGENCY SERVICES AUXILIARY EQUIPMENT IN ACCORDANCE WITH NFPA 1983-2017.



PAW S MBS 36 kN
PAW M MBS 45 kN
PAW L MBS 50 kN

G (GENERAL USE)

MEETS NFPA 1983 (2017 ED.)

After removing the notice from the equipment, make a copy of it and keep the original as part of a permanent record that includes the usage and inspection history for the equipment. Keep the copy of the notice with the equipment and refer to it before and after each use. Additional information regarding auxiliary equipment can be found in NFPA 1500, Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program, and NFPA 1983, Standard on Fire Service Life Safety Rope and System Components.



Latest version
Dernière version



Other languages
Autres langues



Technical tips
Conseils techniques



PPE checking
Fiche de contrôle EPI

Warning symbols
Panneaux d'alertes



PETZL
FR-38920 Crolles
Cidex 105A
PETZL.COM



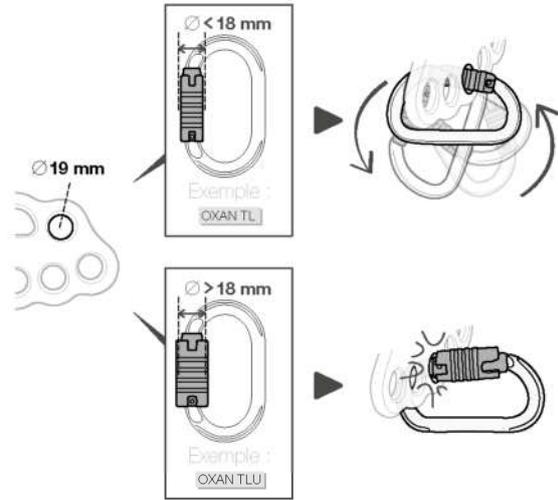
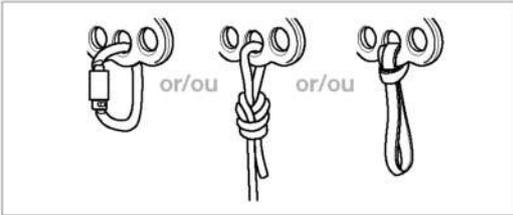
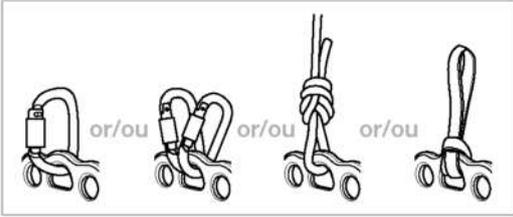
Fondation

Sustaining our Community
Au service de la Communauté
FONDATION-PETZL.ORG

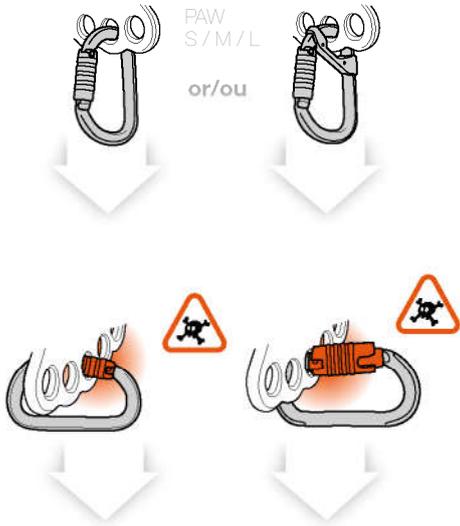
ISO 9001 © Petzl

4. Compatibility
Compatibilité

PAW
S/M/L



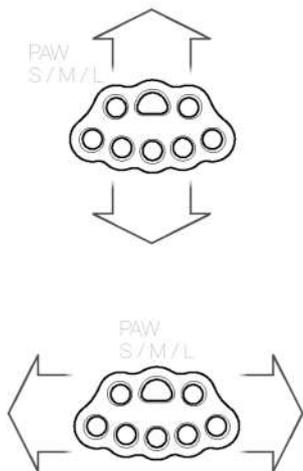
5. Precautions for use
Précaution d'utilisation



6. Strength / Direction of use
Résistance / Sens d'utilisation

Breaking load
 Charge de rupture

PAW S: **36 kN**
 PAW M: **45 kN**
 PAW L: **50 kN**



7. Additional information
Informations complémentaires

A. Lifetime / Durée de vie

unlimited
 illimitée

B. Acceptable T°
 T° tolérées

+ 80°C / + 176°F
 - 40°C / - 40°F

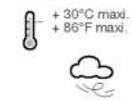
C. Precautions for use / Précautions d'usage



D. Cleaning / Nettoyage



E. Drying / Séchage



F. Storage - Transport
 Stockage - transport



G. Maintenance
 Entretien



H. Modifications - Repairs
 Modifications - Réparations



I. FAQ - Contact
 Questions - Contact





Evolución Constante

Ctra. Masía del Juez, 36 46909 TORRENT (Valencia) SPAIN TEL: (34) 961 550 073 FAX: (34) 961 573 720 E-mail: blatem@blatem.com visitenos en: www.blatem.com

Fichas Técnicas

BLATEPOX PRIMER ANTIOXIDANTE



DESCRIPCION

Imprimación epoxi anticorrosiva.

PROPIEDADES

Imprimación para acero en ambientes agresivos.
 Excelentes propiedades anticorrosivas.
 Buena cubrición, dureza y adherencia.
 Rápido secado.
 Repintable con poliuretanos, epoxis, clorocauchos y vinílicos.
 Adherencia sobre acero, aluminio, galvanizado y otros.

APLICACIONES

Imprimación epoxi, formulada como capa de sistemas de pintado de alta calidad para acero estructural y elementos industriales.

CARACTERISTICAS TECNICAS

Color: Gris, rojo y blanco.
 Aspecto: Satinado.
 Densidad: $1,65 \pm 0,10$ gr/cc (UNE-EN-ISO 2811-1 y 2).
 Sólidos en volumen: $52 \pm 2\%$.
 Secado (tacto): 1 hora.
 Repintado:
 Mínimo: 8 horas.
 Máximo: 15 días.
 Punto de inflamación: 24°C .
 Espesor recomendado:
 Húmedo: 70-100 micras.
 Seco: 40-60 micras.
 Rendimiento: $8 \text{ m}^2/\text{Kg}$ (50 micras).
 Datos para producto mezclado a 25°C .
 Nº de capas: 1-2.
 Proporción de mezcla:
 Peso: 4/1.
 Volumen: 10/4.
 Catalizador: Catalizador Blatepox Primer Antioxidante.
 Vida mezcla: 10 horas.

Estabilidad en el envase (lugar fresco y seco; 15-30°C, RH-60%C: 1 año en envase original cerrado).

PREPARACION DE SUPERFICIES

Acero chorreado hasta grado sa 2 1/2. (norma sueca SIS 05.59.00-1967).

MODO DE EMPLEO

Brocha/Rodillo: 10-20% Disolvente Blatepox.

Pistola con aire: 15-30% Disolvente Blatepox.

Pistola airless: Tal cual (boquilla 0,17-0,21", 120 kg/cm2).

Condiciones aplicación:

Temperatura $\geq 12^{\circ}\text{C}$ / humedad $\leq 80\%$.

Diluyente: Disolvente Blatepox.

Disolvente limpieza: Disolvente Universal.

RECOMENDACIONES

Remover el contenido de los envases y la mezcla de los dos componentes, hasta homogeneizar el producto; no almacenar envases abiertos o empezados.

Consultar la hojas de seguridad para conocer los datos toxicológicos.

PRESENTACION

En envases de 4 y 16 Kg.

Colores: Gris, rojo y blanco.

ALMACENAJE

Tiempo de almacenamiento: Más de un año en su envase original bien cerrado y resguardado de la intemperie (a cubierto y temperatura entre 5 y 35°C).

INFORMACION DE SEGURIDAD

Es imprescindible seguir las instrucciones de la etiqueta del envase.

Para más información consultar la hoja de seguridad del producto.

FECHA.: 10/05/17

Los datos suministrados en esta ficha técnica han sido realizados por los servicios técnicos de esta empresa y los mismos deben seguirse para una correcta aplicación del producto.

Como quieran que la aplicación se realiza por el cliente fuera de la posibilidad de control de esta empresa, en el supuesto de no seguirse las instrucciones indicadas será exclusiva responsabilidad del cliente.

Será igualmente responsabilidad del cliente no tomar las medidas adecuadas con el objeto de cumplir las legislaciones vigentes.

La información que consta en la presente ficha técnica responde al conocimiento del producto en ensayos realizados por los servicios técnicos de esta empresa. Pero teniendo en cuenta que las pinturas en determinadas circunstancias escapan a nuestro control, sobre todo en su aplicación, no podemos garantizar más que la calidad propia de la pintura, reservándose esta empresa el derecho a modificar el contenido de los datos de esta ficha técnica sin previo aviso.



Evolución Constante

Ctra. Masía del Juez, 36 46909 TORRENT (Valencia) SPAIN TEL: (34) 961 550 073 FAX: (34) 961 573 720 E-mail: blatem@blatem.com visitenos en: www.blatem.com

Fichas Técnicas

BLATEPOX ACABADO F-13



DESCRIPCION

Capa intermedia o final epoxy curada con poliamidas.

PROPIEDADES

Buena adherencia y flexibilidad.
Buena resistencia al agua y a la corrosión.
Repintable con epoxy, clorocaucho, vinílicos y poliuretanos.
Excelente adherencia sobre hormigón.

APLICACIONES

Capa intermedia o final epoxy, en sistemas de pintado de alta calidad para acero estructural y elementos industriales.

CARACTERISTICAS TECNICAS

Color: Gris, Crema, Blanco y Rojo.
Aspecto: Satinado.
Densidad: $1,40 \pm 0,05$ (UNE-EN-ISO 2811-1 y 2).
Sólidos en volumen: $52 \pm 2\%$.
Secado (tacto): 1 hora.
Repintado:
Mínimo: 8 horas.
Máximo: 15 días.
Punto de inflamación: 24°C.
Espesor recomendado:
Húmedo: 70-100 micras.
Seco: 40-60 micras.
Rendimiento: 6-8 m²/Kg (50 micras).
Datos para producto mezclado a 25°C.
Nº de capas: 1-2.
Proporción de mezcla:
Peso: 100/25.
Volumen: 100/40.
Catalizador: Catalizador Blatepox Acabado F-13.
Vida mezcla: 12 horas.
Estabilidad en el envase (lugar fresco y seco; 15-30°C, rh-60%): 1 año en envase original cerrado.

PREPARACION DE SUPERFICIES

Shop primers epoxi o vinílico, imprimación Blatepox Primer Antioxidante.
Imprimación Blatepox Primer ZN 1001.

MODO DE EMPLEO

Pistola con aire: 30" cf4 (boquilla 2 m/m, 3-4 atms).
Pistola airless: Tal cual (0,021", 120 atms).
Brocha /rodillo: 0-10% Disolvente Blatepox.
Condiciones aplicación:
Temperatura $\geq 12^{\circ}\text{C}$ / humedad $\leq 80\%$.
Diluyente: Disolvente Blatepox.
Disolvente limpieza: Disolvente Limpieza L ó 330.

RECOMENDACIONES

Remover el contenido de los envases y la mezcla de los dos componentes, hasta homogeneizar el producto; no almacenar envases abiertos o empezados.
Consultar la hojas de seguridad para conocer los datos toxicológicos.

PRESENTACION

En envases de 4 y 16 Kg.
Colores: Blanco, Crema, Gris y Rojo.

ALMACENAJE

Tiempo de almacenamiento: Más de un año en su envase original bien cerrado y resguardado de la intemperie (a cubierto y temperatura entre 5 y 35°C).

INFORMACION DE SEGURIDAD

Es imprescindible seguir las instrucciones de la etiqueta del envase.
Para más información consultar la hoja de seguridad del producto.

FECHA..: 07/04/16

Los datos suministrados en esta ficha técnica han sido realizados por los servicios técnicos de esta empresa y los mismos deben seguirse para una correcta aplicación del producto.

Como quieran que la aplicación se realiza por el cliente fuera de la posibilidad de control de esta empresa, en el supuesto de no seguirse las instrucciones indicadas será exclusiva responsabilidad del cliente.

Será igualmente responsabilidad del cliente no tomar las medidas adecuadas con el objeto de cumplir las legislaciones vigentes.

La información que consta en la presente ficha técnica responde al conocimiento del producto en ensayos realizados por los servicios técnicos de esta empresa. Pero teniendo en cuenta que las pinturas en determinadas circunstancias escapan a nuestro control, sobre todo en su aplicación, no podemos garantizar más que la calidad propia de la pintura, reservándose esta empresa el derecho a modificar el contenido de los datos de esta ficha técnica sin previo aviso.
