



DISEÑO DEL MONTACARGAS DE UN PEQUEÑO ALMACÉN CON CAPACIDAD PARA SALVAR UN PISO DE ALTURA Y CON UNA CARGA MÁXIMA DE 3.000 kg.

TITULACIÓN: Ingeniería Técnica Industrial.

Esp. Mecánica.

ALUMNO: Isidro Núñez Camacho.

DIRECTOR: Miguel Lucas Rodríguez.

MEMORIA

ÍNDICE

MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 ANTECEDENTES	.....	1
1.2 OBJETO	.....	1
1.3 NORMAS DE APLICACIÓN	.....	1
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	.....	2
1.5 EMPLAZAMIENTO DEL MONTACARGAS	.....	3
1.6 DESCRIPCIÓN GENERAL	.....	4
1.6.1 ESPACIO FÍSICO	.....	4
1.6.2 UNIDAD TRANSPORTADORA DE CARGA	.....	4
1.6.2.1 BASTIDOR INFERIOR	.....	4
1.6.2.2 SUELO DE LA U.T.C	.....	5
1.6.2.3 ESTRUCTURA DE SEGURIDAD	.....	5
1.6.3 SISTEMA DE ELEVACIÓN	.....	5
1.6.4 SISTEMA DE GUIADO	.....	6
1.6.5 CABLES DE TRACCIÓN	.....	6
1.6.6 ESTRUCTURA METÁLICA	.....	7
1.6.7 INSTALACIÓN ELÉCTRICA	.....	8
1.6.8 CERRAMIENTO	.....	8
1.6.9 AMORTIGUADORES	.....	9
1.6.10 TORNILLERÍA	.....	9
1.7 ESTUDIO GEOTÉCNICO	.....	10
1.8 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	.....	10
1.9 PRESUPUESTO	.....	10
1.10 AGRADECIMIENTOS	.....	10
1.11 BIBLIOGRAFÍA	.....	11

1.12	DOCUMENTOS DE QUE CONSTA EL PROYECTO	12
1.13	CONCLUSIÓN	12
ANEJO I: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS		
1.	BASTIDOR INFERIOR	1
1.1	PREDIMENSIONADO DEL BASTIDOR	1
1.2	PESOS MUERTOS DE LA PLATAFORMA DESCARGADA Y EQUIPO	2
1.2.1	SUELO DE LA PLATAFORMA	2
1.2.2	MEDIDAS DE SEGURIDAD. PASAMANOS	4
1.3	BASTIDOR INFERIOR	7
1.3.1	ESTADO DE CARGA: CARGA NOMINAL + SUELO	7
1.3.2	ESTADO DE CARGA: TENSIÓN DE LOS CABLES DE TRACCIÓN	8
1.3.3	ESTADO DE CARGA: ESTRUCTURA DE SEGURIDAD	8
1.3.4	ESTADO DE CARGA: PESO PROPIO	9
1.3.5	ESTADO DE CARGA: COMBINADO	9
1.4	UNIÓN DE ELEMENTOS	11
1.4.1	BASTIDOR INFERIOR-PLANCHA DE ACERO	11
1.4.2	UNIÓN PLANCHA- ESTRUCTURA DE SEGURIDAD	12
1.4.3	UNIÓN BASTIDOR- SISTEMA DE RODADERAS	12
2.	SISTEMA DE GUIADO	13
2.1	DISEÑO DE GUÍAS	14
2.2	PARÁMETROS PREVIOS	15
2.3	DISEÑO DE GUÍAS. CÁLCULOS DE LOS ESFUERZOS SOBRE LAS GUÍAS	16
2.3.1	FUNCIONAMIENTO DEL PARACÁIDAS	16
2.3.2	UTILIZACIÓN NORMAL, FUNCIONAMIENTO	20

2.3.3 UTILIZACIÓN NORMAL, CARGA	23
2.4 RODADERAS	25
2.4.1 GUIADO SUPERIOR	25
2.4.2 GUAIDO INFERIOR	25
2.4.3 RESISTENCIA DEL SISTEMA DE GUIADO	26
3. SUSPENSIÓN	26
3.1 TIPO DE SUSPENSIÓN	26
3.2 TIPOLOGÍA DE CABE DE ALAMBRE DE ACERO	26
3.3 DISEÑO DEL CABLE DE ACERO	27
3.3.1 CALIDAD	27
3.3.2 ALMA	27
3.3.3 LUBRICACIÓN	27
3.3.4 CONSTRUCCIÓN	27
3.3.5 TOLERANCIAS EN EL DIÁMETRO	28
3.3.6 FUERZA DE ROTURA	28
3.3.7 DIMENSIONADO DE CABLES	28
3.4 UNIÓN CABLE – BASTIDOR	30
3.4.1 MONTAJE	30
3.4.2 ESFUERZOS SOBRE LA UNIÓN	30
3.4.3 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS	30
3.5 UNIÓN CABLE – HORMIGÓN	32
4. CERRAMIENTO	33
4.1 PUERTAS DE EMBARQUE	35
5. GRUPO HIDRÁULICO	35

5.1 PISTÓN HIDRÁULICO	35
5.1.1 DIMENSIONADO DE CILINDRO Y PISTÓN	36
5.1.2 CÁLCULOS	36
5.2 CABEZAL DEL PISTÓN	40
5.2.1 POLEAS Y RODAMIENTOS	40
5.2.2 PIEZA DE UNIÓN EJE-PISTÓN	42
5.3 SELECCIÓN DE LA CENTRAL HIDRÁULICA	44
5.3.1 SELECCIÓN DEL MOTOR Y CENTRAL HIDRÁULICA	44
5.3.2 FLUIDO HIDRÁULICO	46
5.3.3 NÚMERO DE ARRANQUES POR HORA	46
6. AMORTIGUADORES	47
7. PILARES	48
8. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	51
8.1 INSTALACIONES ELÉCTRICAS PREMONTADA	52
8.1.1 CUADRO DE MANIOBRAS	52
8.1.2 INSTALACIÓN EN EL HUECO	53
8.1.3 INSTALACIÓN EN LA U.T.C.....	53
8.1.4 CUADRO DE MANDO	53
8.2FUNCIONAMIENTO	54
ANEJO II: FIGURAS, TABLAS Y CATÁLOGOS.	
1. ESTRUCTURA DE SEGURIDAD.....	1
1.1 T.E.V.M Y DIAGRAMAS DE ESFUERZOS	1
2. BASTIDOR INFERIOR	4

2.1 ESFUERZOS SOBRE TODOS LOS ELEMENTOS DEL BASTIDOR	4
2.2 MOMENTOS TORSORES Y T.E.V.M SOBRE TODOS LOS ELEMENTOS DEL BASTIDOR	7
2.3 DIAGRAMAS DE ESFUERZO Y T.E.V.M	10
2.4 DEFORMACIÓN DEL BASTIDOR	13
3. SISTEMA DE GUIADO	14
3.1 GUIADO SUPERIOR	14
3.2 GUIADO INFERIOR	14
4. CILINDROS SIMPLES DE ACCIÓN INDIRECTA	16
4.1 DIMENSIONES	16
4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS CILINDROS	17
4.3 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	17
5. GRUPO HIDRÁULICO	18
5.1 POTENCIA DEL MOTOR	18
5.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO IMPULSOR MP	18
5.3 ARMARIO DEL GRUPO HIDRÁULICO	19
5.4 TABLAS PARA COEFICIENTES E1,E2 Y E3	20
5.5 ESQUEMA HIDRÁULICO	20
6. PILARES METÁLICOS. ESTRUCTURA Y ANÁLISIS	21
7. PLACA DE ANCLAJE	22
7.1 POSICIÓN DE LAS BARRAS CORRUGADAS	22
7.2 COEFICIENTE NUMÉRICO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ACERO	22
8. INSTALACIÓN ELÉCTRICA. CUADRO DE MANIOBRAS	22



**Documento Nº 1: MEMORIA.
Memoria Descriptiva.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
1 de 12

1. MEMORIA DESCRIPTIVA.

1.1 Antecedentes.

Por encargo de Miguel Lucas Rodríguez, profesor de la Universidad Politécnica de Cartagena, en representación del Departamento de Ingeniería Mecánica de la misma y como propuesta de Proyecto de Fin de Carrera para la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Mecánica, el alumno Isidro Núñez Camacho procede a la redacción del presente Proyecto de **“DISEÑO DE UN MONTACARGAS DE UN PEQUEÑO ALMACÉN CON CAPACIDAD PARA SALVAR UN PISO DE ALTURA Y CON UNA CARGA MÁXIMA DE 3.000 kg”**, después de la toma de datos y recogida de información necesaria para su redacción.

1.2 Objeto.

El presente proyecto tiene por objeto el diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000 kg para su puesta en funcionamiento en un comercio de alimentación en la localidad de Totana, provincia de Murcia, así como la solicitud, si procede, de Autorizaciones administrativas y Permisos que fueran necesarios para llevarlo a cabo. Así mismo, es objeto, el desarrollo y justificación de todos y cada uno de los elementos para llevar a cabo la correcta ejecución del montacargas, dando cumplimiento a todas las disposiciones técnicas actualmente en vigor.

1.3 Normas de aplicación.

En la redacción del proyecto, se ha observado el cumplimiento de la Normativa Vigente que le es de aplicación, y en especial, la siguiente:

Dibujo.

- UNE 1032: principios generales de representación.
- UNE 1166-1 Documentación técnica de productos vocabulario.
- UNE-EN ISO 6433 Referencia de los elementos.
- UNE 1135 Lista de elementos.
- UNE 1039 Acotación, principios generales, definición y métodos.
- UNE-EN ISO 6410-1 Roscas y piezas roscadas. Parte 1.
- UNE-EN ISO 6410-2 Roscas y piezas roscadas. Parte 2.
- UNE-EN ISO 6410-3 Roscas y piezas roscadas. Parte 3.
- UNE-EN 225533 Uniones soldadas.
- UNE 1037 Indicadores de los estados superficiales en los dibujos.

Tolerancia, ajustes y mecanizado.

- DIN 7154 Ajustes ISO para agujero único.
- DIN 7155 Ajuste ISO para eje único.
- DIN 7157 Ajuste para eje único.
- UNE 1037-75 ISO 1032 Signos de mecanizado.



**Documento Nº 1: MEMORIA.
Memoria Descriptiva.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
2 de 12

Hidráulica.

- UNE 101-101-85 Gama de presiones.
- UNE 101-149-86 Símbolos de gráficos.
- UNE 101-360-86 Diámetros de vástagos y los cilindros del pistón.
- UNE 101-362-86 Cilindros gama básica de presiones Normales.
- UNE 101-363-86 Serie básica de carreras de pistón.

Tornillería, roscas y elemento de sujeción.

- DIN 13 Rosca métrica ISO.
- DIN 127

Soldadura.

- UNE 14-009-84 Representación simbólica de las soldaduras.
- UNE 14-044-88 Uniones soldadas de las estructuras metálicas.

Seguridad.

- UNE-EN 81-31 Reglas de seguridad para la fabricación e instalación de montacargas. Montacargas únicamente para el transporte de mercancías. Parte 31: Montacargas accesibles sólo para cargas.
- UNE-EN 12385-5 Cables de acero. Seguridad. Parte 5: Cables de cordones para ascensores.

Motor eléctrico.

- UNE 20113 Valores nominales y características de funcionamiento.
- UNE 20106 Dimensiones y potencias normalizadas.
- UNE 21121 Límites de ruido admisible.

Elementos de mando y control.

Los elementos de accionamiento y mando tendrán un grado de protección IP54. Las cámaras de contactos tendrán los contactos separados, galvánicamente y estarán diferenciados por cubiertas de distintos colores.

Finales de carrera.

- DIN 43697.
- DIN 40050.
- DIN 40430.
- DIN 69639.

1.4 Justificación de la solución adoptada.

La solución propuesta obedece a los requisitos del promotor. La situación del montacargas se ha realizado aprovechando al máximo el espacio físico existente y obedeciendo las recomendaciones de las normas de diseño, que orientan de forma idónea.



Dentro de las ventajas que ofrece la propuesta de un montacargas hidráulico se encuentran las siguientes:

- El aprovechamiento del espacio destinado a situar el montacargas es total, ya que no se precisa cuarto de máquinas y además el grupo impulsor puede situarse en cualquier parte del edificio.
- Menor mantenimiento de sus componentes y además el fluido hidráulico no se consume.
- Más suavidad en las paradas y gran capacidad de carga.

En comparación con otros tipos de soluciones posibles éste es más caro y tiene capacidad de recorridos más cortos, pero se compensa debido a su ahorro energético en la bajada y a que en la situación del proyecto no se requieren alturas demasiado grandes.

Como resumen se puede decir que se han tenido en cuenta los siguientes parámetros:

- Indicaciones del promotor sobre las necesidades de la empresa.
- La normativa general aplicable.
- Normativa específica que regula esta tipo de proyectos.

1.5 Emplazamiento del montacargas.

La ubicación de la empresa solicitante del proyecto, se encuentra en el municipio de Totana, concretamente en el Polígono Industrial El Saladar, en la Calle Naranja Nº7.



Figura 1: Emplazamiento de la empresa solicitante del proyecto.

Actualmente la disposición de la nave se divide en dos niveles, uno inferior o sótano y otro nivel de planta baja, preparados con el hueco en el que se ubicará el montacargas.



**Documento Nº 1: MEMORIA.
Memoria Descriptiva.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
4 de 12

1.6 Descripción general.

Todas y cada una de las actuaciones a realizar responderán a las características reflejadas en planos y mediciones, describiéndose a continuación y de forma detallada cada una de las partidas previstas en el presente proyecto.

1.6.1 Espacio físico.

En primer lugar, se procederá a la toma de medidas en el emplazamiento físico donde irá situado el montacargas, siendo éste:

- Distancia entre forjados de 4 m.
- Dimensiones del hueco: 2,50 x 1,80m.
- Disponibilidad de foso.

El montacargas exige la existencia de un foso con una profundidad de 460 mm, necesario para el emplazamiento de los amortiguadores.

1.6.2 Unidad transportadora de carga.

La *U.T.C* o cabina, estará compuesta por un bastidor inferior, una plancha de acero, que constituirá el suelo, y una estructura de seguridad.

1.6.2.1 Bastidor inferior.

En el diseño del bastidor inferior se han tenido en cuenta las dimensiones disponibles, expuestas en el apartado anterior, así como la exigencia del promotor de que el montacargas tenga la capacidad de elevar dos Euro-pallets simultáneamente, por lo que se ha decidido diseñar un bastidor de dimensiones 2,30 x 1,40 m.

Este bastidor estará formado por perfiles de sección rectangular hueca soldados entre sí, fabricados en acero S355JR, y de diferentes dimensiones, dispuestos en una tipología que deja una luz de 0,322m². La elección de estos parámetros se debe a:

- El bastidor estará sometido a esfuerzos de torsión y los perfiles seleccionados tiene buen comportamiento frente a éstos.
- La combinación de perfiles de diferentes dimensiones proporcionará una disminución del peso de éste.
- La malla formada por la tipología de bastidor reparte el esfuerzo y deja una luz admisible.
- La elección del tipo de acero se debe a que el bastidor estará muy solicitado por la carga nominal establecida. La diferencia de utilizar un acero más barato y de menor resistencia se compensa con la necesidad de un mayor número de barras.



Finalmente, el bastidor inferior quedará formando por los siguientes perfiles:

- Perfil 70x50x4mm
- Perfil 160x80x4mm
- Perfil 120x100x4mm
- Perfil 100x50x6mm
- Perfil 80x60x4mm

Además, el bastidor estará diseñado con una serie de perfiles complementarios para:

- Ubicar los sistemas de guideras de la *U.T.C*.
- La unión de la *U.T.C* con los cables de tracción.
- Barras inferiores para disminuir el vuelco.

Para la unión de todos estos elementos, además del suelo de la *U.T.C* y de la estructura de seguridad, se realizarán agujeros pasantes en el bastidor, en la posición correcta que indiquen los planos.

1.6.2.2 Suelo de la U.T.C

El suelo de la *U.T.C* está formado por una plancha de acero S275JR, acero óptimo para resistir los esfuerzos a los que está sometida la plancha. Se dispondrán sobre la misma cuatro agujeros pasantes para su posterior unión atornillada con tuerca con el bastidor inferior.

1.6.2.3 Estructura de seguridad.

La estructura de seguridad se basa en un pasamanos de formado por perfiles cuadrados huecos fabricados en acero S235JR soldados entre sí, rodeando todas las caras del bastidor excepto una. La estructura no está sometida a grandes esfuerzos por lo que la elección del acero establecido es óptima.

Se selecciona el perfil cuadrado hueco de 45x2mm, y dispuestos de la siguiente forma:

- Barra a 0,15 m del suelo de la plataforma como protección de pie.
- Barra intermedia a 0,650 m del suelo de la plataforma.
- Barra superior situada a 1,10 m del suelo de la plataforma.

Esta estructura se soldará con la plancha de acero que forma el suelo de la plataforma, quedando configurada así la *U.T.C*.

1.6.3 Sistema de elevación.

El sistema de elevación será de tipo hidráulico de suspensión diferencial 2:1. Este tipo de sistema es óptimo cuando las necesidades de carga son elevadas y para alturas iguales o superiores a 4 m.



**Documento N° 1: MEMORIA.
Memoria Descriptiva.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
6 de 12

Se procederá al dimensionado del cilindro-pistón necesario y posteriormente se procederá a la elección de la central hidráulica (grupo motor-bomba) con las características que se adapten perfectamente a las necesidades del montacargas.

Se ha seleccionado una central hidráulica con un motor trifásico de 8CV capaz de aportar 210 l/min de caudal.

Para la unión de la cabeza del pistón y los cables de tracción, se ha diseñado un conjunto de piezas específicas para el caso, ya que el fabricante del grupo hidráulico no facilita cabezales aptos para el diseño del montacargas. Se trata de una pieza en forma de "U" fabricada en acero AISI 4140 con agujeros pasantes para la colocación, y unión mediante soldadura, de un eje no giratorio que sujetará las poleas.

El eje diseñado esta fabricado en acero AISI 4340, con un diámetro de 45mm y una longitud de 304mm.

El eje soporta en cada uno de sus extremos las poleas por las cuales discurrirá los cables de acero.

Todas las piezas, junto con los rodamientos necesarios para las poleas, se comportan como un conjunto no desmontable, unido a la cabeza del pistón por la unión especificada por el fabricante del mismo.

1.6.4 Sistema de guiado.

El guiado de la *U.T.C* se realiza mediante dos guías de perfil T, concretamente la guía T 140-3B de acero trefilado. La elección de este tipo de guías se debe a la especificación de las normas vigentes y además a la necesidad de una guía suficientemente resistente para resistir las fuerzas provocadas por la carga nominal del montacargas.

Para guiar la *U.T.C* a lo largo de las guías en los movimientos de ascenso y descenso, se han colocado en el bastidor un sistema de rodaderas, dos superiores y dos inferiores, ambas con uniones atornilladas especificadas por los fabricantes de los mismos, para evitar el posible balanceo de la *U.T.C*.

Las guías de perfil T se colocarán verticalmente a lo largo de la estructura metálica, dispuesta para ello, mediante uniones atornilladas, así lo especifica el fabricante de las guías.

1.6.5 Cables de tracción.

El sistema de tracción del montacargas se basa en dos cables de acero de configuración "Seale" 8x19Sx1, ambos cables de acero estarán unidos al bastidor y al suelo del foso, y pasando por las poleas. Mediante la elevación del pistón, se ejecutará la elevación de la *U.T.C*.



**Documento N° 1: MEMORIA.
Memoria Descriptiva.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
7 de 12

La unión de cada cable con el bastidor está realizada con una serie de elementos normalizados:

- Cáncamo: irá atornillado a los perfiles dispuestos para ello en el bastidor inferior.
- Grillete: se colocará unido al cáncamo y por el cual pasa el cable de acero con la ayuda de un guardacabo, para evitar un mayor desgaste del cable.
- Grapas de seguridad: se colocarán para asegurar el lazo del cable de acero sobre el grillete.

Cada unión de cable de acero con el hormigón del foso estará realizada mediante:

- Dos anclajes metálicos de tipo argolla específicos para su utilización en hormigón y resistentes a los esfuerzos sobre ellos aplicados.
- Una eslinga con una bifurcación a 45°. Esta bifurcación permite la división del esfuerzo que actúa en cada anclaje metálico. Cada bifurcación posee un gancho en su extremo para su unión con el anclaje metálico de tipo argolla.

Los fabricantes de los elementos aseguran su resistencia frente a los esfuerzos a los que estarán sometidos.

De esta manera queda configurado el sistema de tracción.

1.6.6 Estructura metálica.

La estructura metálica se basa en la unión mediante soldadura de perfiles HEB 200, fabricados en acero S275JR. La elección de este tipo de acero reside en la normativa DB SE. Esta estructura recorre la distancia desde el suelo del foso hasta una distancia extra de la parte superior del forjado.

La estructura se basa en dos perfiles colocados verticalmente unidos al hormigón mediante una placa de anclaje diseñada para tal fin, y otro perfil colocado horizontalmente en la parte superior uniendo los perfiles verticales mediante soldadura.

Las placas de anclaje, fabricadas en acero S275JR, tienen unas dimensiones de 300x300x8 mm con unos agujeros pasantes para la colocación de pernos de acero corrugado B-400-S de 200mm de longitud.

Los perfiles metálicos colocados verticalmente llevarán realizados unos agujeros pasantes en la cara interior para la colocación de las guías.



**Documento Nº 1: MEMORIA.
Memoria Descriptiva.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
8 de 12

1.6.7 Instalación eléctrica.

Para el funcionamiento óptimo del montacargas es necesaria la presencia de unos dispositivos eléctricos y electrónicos.

Se procederá a la elección de un cuadro de maniobras compatible con maniobras oleodinámicas y con motores trifásicos.

Una vez seleccionado el cuadro, se procederá al cableado necesario tanto del hueco del montacargas como en la *U.T.C.* y la colocación de los elementos electrónicos a lo largo del hueco y en las guías, que rigen el movimiento del montacargas así como la seguridad del mismo:

- Paracaídas instantáneo.
- Paradores electromecánicos de final de carrera para ambos niveles.
- Paradores electromecánicos de cambio de velocidad.
- Mando de llamada.
- Luz en el hueco.
- Antefinales de carrera.
- Kit de posicionamiento de la cabina por imanes.
- Caja de revisión.
- Pulsador de emergencia.

Además de estos elementos, se añaden los dispositivos de las puertas de embarque para evitar el movimiento de la *U.T.C* si alguna de las puertas no se encuentra cerrada.

1.6.8 Cerramiento.

El cerramiento consta de una estructura de barras de perfil cuadrado hueco soldadas entre sí, fabricados en acero S235JR. La estructura no estará sometida a esfuerzos elevados por lo que la elección del acero es acertada.

En el nivel inferior, la estructura estará formada por cuatro barras de perfil cuadrado de dimensiones 50x4mm colocados verticalmente en las cuatro esquinas que delimitan el hueco del montacargas.

En cada cara de la estructura se dispondrá de barras de perfil cuadrado hueco de dimensiones 45x2mm, colocadas horizontalmente, con 1 m de distancia vertical entre ellas y soldadas con las barras verticales, excepto en la cara de la puerta de embarque, que dispondrán de barras horizontales solo a partir de 2m de altura.

Se ejecutará la estructura del nivel superior igual que la del nivel inferior, con la diferencia que en este nivel solo tendrá 2 m de altura.



**Documento Nº 1: MEMORIA.
Memoria Descriptiva.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
9 de 12

Una vez realizada la estructura del cerramiento, se procederá a soldar una malla de alambre electro soldada en la luz que deja el cerramiento, para evitar cualquier interacción de elementos con el montacargas.

La estructura del cerramiento está preparada para la colocación de las puertas homologadas seleccionadas.

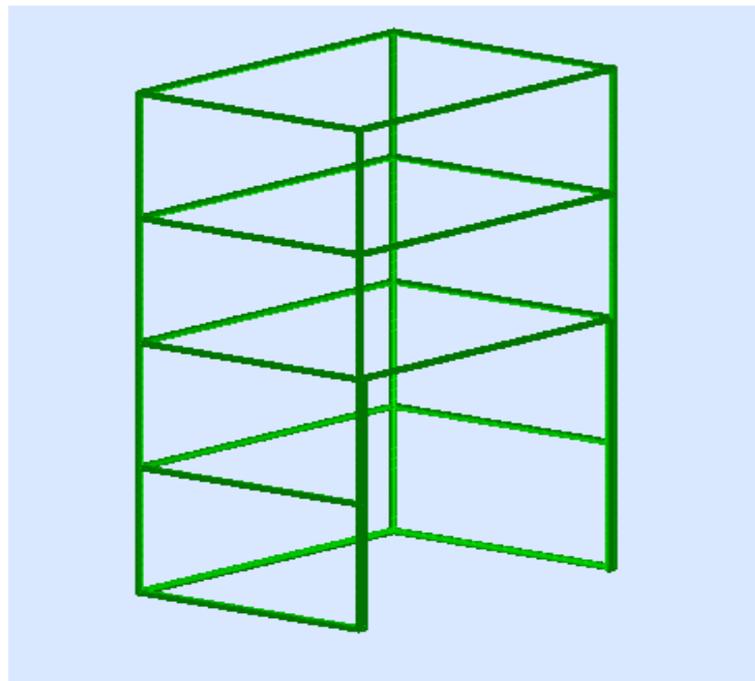


Figura 2: Estructura de cerramiento del montacargas, nivel inferior.

1.6.9 Amortiguadores.

El foso del montacargas está previsto de amortiguadores tipo buffer, atornillados mediante anclaje metálico M16 para hormigón.

1.6.10 Tornillería.

La unión de las rodaderas superiores al bastidor se ejecutará con tornillos de cabeza hexagonal DIN 931 Clase 5.8 M18 con tuerca.

La unión de las rodaderas inferiores al bastidor se ejecutará con tornillos de cabeza hexagonal DIN 931 Clase 5.8 M16.

La unión de la plancha de acero al bastidor se ejecutará con tornillos de cabeza hexagonal DIN 931 Clase 5.8 M12 con tuerca.

La unión de la guía y el perfil metálico se ejecutará con tornillos de cabeza hexagonal DIN 931 Clase 5.8 M20 con tuerca.

El eje estará preparado en sus extremos para la colocación de anillas de seguridad DIN 471 para evitar los posibles desplazamientos de las poleas.



**Documento Nº 1: MEMORIA.
Memoria Descriptiva.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
10 de 12

1.7 Estudio geotécnico.

Debido a la naturaleza del proyecto a ejecutar no se hace precisa la realización de un estudio geotécnico.

1.8 Estudio de seguridad y salud.

El contratista viene obligado a adoptar, en la ejecución de los distintos trabajos, todas las medidas de seguridad que resulten indispensables para garantizar la ausencia de riesgo para el personal, tanto propio como ajeno de la obra, siendo a tales efectos responsable de los accidentes que, por inadecuación de las medidas adoptadas, pudieran producirse durante el desarrollo de las mismas.

Se incluye en el presente proyecto un Estudio Básico de Seguridad y Salud, conforme a lo indicado en el Real Decreto 1.627/1.997 de 24 de Octubre y la Ley 31/1.995 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

El contratista deberá adoptar un plan de obra en acuerdo con la Dirección de Obra, así como el Plan de Seguridad y Salud, en base al Estudio Básico de Seguridad y Salud del presente proyecto, con carácter previo al inicio de las obras, para su aprobación.

1.9 Presupuesto.

El Presupuesto de Ejecución Material asciende a la cantidad de **VEINTE Y UN MIL CIENTO NOVENTA EUROS CON NOVENTA Y UN EURO CON SESENTA Y TRES CÉNTIMOS (21.191,63€)**.

El Presupuesto General que corresponde al de Ejecución Material más el 10,00% de beneficio industrial asciende a la cantidad de **VEINTITRES MIL TRESCIENTOS DIEZ EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS (23.310,79€)**.

1.10 Agradecimientos.

Quiero agradecer sinceramente el apoyo que he recibido por parte de toda mi familia, especialmente a mis padres, hermanos y mi sobrino, que siempre han estado ahí en los momentos buenos, dándome su confianza y ánimo, y en los no tan buenos, y sobretodo por haberme soportado en los momentos de más estrés. También recordar a mis amigos y amigas, que siempre estuvieron animándome y distrayéndome al mismo tiempo.

Quisiera mencionar también al profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica de la U.P.C.T Miguel Lucas Rodríguez, que me ha estado guiando a lo largo del todo el proyecto y por el tiempo que ha dedicado a ayudarme en los distintos problemas que han ido surgiendo.

Quiero terminar dando las gracias a todo el mundo que ha estado ahí desde el principio, sin ellos hubiera sido mucho más difícil llegar hasta aquí.



**Documento Nº 1: MEMORIA.
Memoria Descriptiva.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
11 de 12

1.11 Bibliografía.

1.11.1 Bibliografía Consultada.

JORGE RIPOLL, *“Apuntes de Diseño de Máquinas”*, Universidad Politécnica de Cartagena.

FRANCISCO MELGAREJO, *“Apuntes de Oficina Técnica”*, Universidad Politécnica de Cartagena.

“Apuntes de Diseño industrial”, Universidad Politécnica de Cartagena.

RAFAEL VILLAR, JOSE L. MORALES *“Apuntes de Elasticidad y resistencia de materiales”*, Universidad Politécnica de Cartagena.

JOSE L. MORALES *“Apuntes de Teoría de Estructuras”*, Universidad Politécnica de Cartagena.

MOTT, ROBERT L. *“Diseño de elementos de máquinas”*, Ed. Pearson Educación, 2006.

Normativa *“UNE-EN 81.31: Reglas de seguridad para la fabricación e instalación de montacargas. Montacargas únicamente para el transporte de mercancía. Parte 31: montacargas accesibles sólo para cargas”*. Ed. AENOR, 2011.

Normativa *“UNE-EN 12385-5: Cables de acero. Seguridad. Parte 5: Cables de cordones para ascensores”*, Ed. AENOR, 2004.

REBT, *“Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”*.

MACLA, *Catálogo de componentes de ascensor*.

TENSO, *Catálogo de componentes para elevación*.

NBS, *Catálogo de rodamientos*.

SUMINSUR, S.L, *Suministros industriales. Catálogo general de Tornillería*.

WURTH, *Catálogo de elementos industriales*.

PIVIDAL S.L, *Catálogo de estructura y perfiles metálicos*.

1.11.2 Páginas Web.

[[http:// www.incafe2000.es](http://www.incafe2000.es)], *Almacén de hierro virtual*.

[[http:// www.five.es](http://www.five.es)], *Consejería de infraestructuras*.

[[http:// www.minetur.gob.es](http://www.minetur.gob.es)], *Ministerio de Industria, energía y turismo*.

[[http:// www.tenso.es](http://www.tenso.es)], *Empresa del sector de elementos de elevación*.

[[http:// www.mpascensores.com](http://www.mpascensores.com)], *Empresa del sector de la elevación*.

[[http:// www.wurth.es](http://www.wurth.es)], *Empresa fabricante de elementos industriales*.



**Documento Nº 1: MEMORIA.
Memoria Descriptiva.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
12 de 12

[[http:// www.tallerescled.es](http://www.tallerescled.es)], *Empresa especializada en la fabricación de poleas.*

[[http:// www.edelsl.es](http://www.edelsl.es)], *Electrónica para elevadores.*

[[http:// www.acerlormittal.com](http://www.acerlormittal.com)], *Empresa dedicada a la fabricación de perfiles metálicos.*

[[http:// www.eurobearings.es](http://www.eurobearings.es)], *Rodamientos cilíndricos.*

[[http:// www.google.es](http://www.google.es)], *Buscador de internet.*

[[http:// www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)], *Código técnico de la seguridad estructural.*

[[http:// www.construmatica.com](http://www.construmatica.com)], *Enciclopedia de la construcción.*

[[http:// www.percosa.com](http://www.percosa.com)], *Fabricante de perfiles metálicos.*

1.12 Documentos de que consta este proyecto.

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA.

MEMORIA DESCRIPTIVA.

ANEJOS A LA MEMORIA.

ANEJO I: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

ANEJO II: FIGURAS, TABLAS Y CATÁLOGOS DE FABRICANTES.

DOCUMENTO Nº 2. PLANOS.

DOCUMENTO Nº 3. PLIEGO DE CONDICIONES.

DOCUMENTO Nº 4. PRESUPUESTO.

MEDICIONES.

CUADRO DE PRECIOS.

CUADRO DE PRECIOS Nº 1.

CUADRO DE PRECIOS Nº 2.

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.

PRESUPUESTO GENERAL.

1.13 Conclusión.

Estimando que para la redacción del proyecto se han tenido en cuenta las prescripciones de la legislación vigente, y que, de acuerdo con ellas, se ha cubierto las condiciones impuestas por la especificación entregada por el profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica de Cartagena D. Miguel Lucas Rodríguez, se somete a la aprobación de los organismos oficiales, dando por terminado en Totana a uno de Julio de 2013.

ISIDRO NÚÑEZ CAMACHO

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL



1. Bastidor inferior.

El bastidor inferior será la estructura que soporte directamente la carga nominal del montacargas así como el peso propio de la unidad transportadora de carga compuesta por una plancha de acero, que forma el suelo, y las medidas de seguridad exigidas.

En el extracto de la norma *UNE-EN 81-31*, apartado 5.5.1 *Unidad de transporte de carga*, se establecen los esfuerzos que debe soportar la estructura:

“La relación de la carga nominal y el área disponible de la U.T.C no debe ser inferior a 200 kg/m² para impedir una sobre carga (se considerará sobrecarga cuando exceda un 20% de la carga nominal).”

Debe soportar los pesos muertos de la plataforma, considerando que éstos son el peso propio de las barras que forman el bastidor, la plancha de acero que constituye el suelo de la plataforma y las barras de seguridad.

Además deberá soportar los esfuerzos originados por el peso de la carga a ser transportada y de los equipos utilizados en las operaciones de carga y descarga.

1.1 Predimensionado del bastidor.

El bastidor consiste en un conjunto de barras de acero de perfil rectangular, formando una malla de dimensiones: 2.300x1.400mm (*Fig.1*).

La elección de estas medidas reside en las exigencias previas del proyecto, que consisten en la necesidad de transportar simultáneamente dos euro-pallets de dimensiones 1.200x800mm cada uno y además, el espacio físico donde se debe ubicar el montacargas:

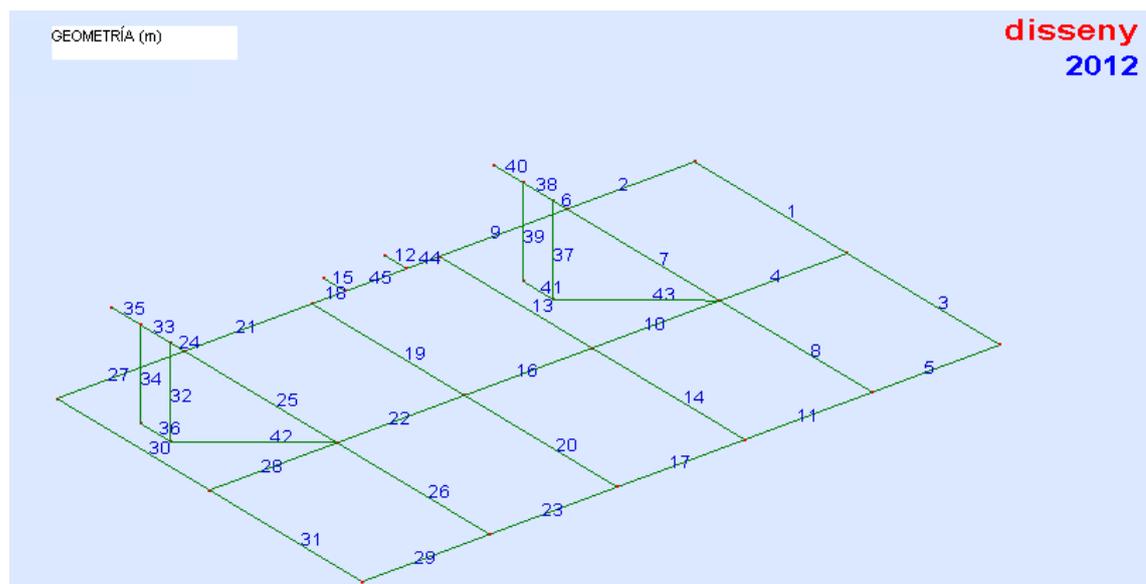


Figura 1: Esquema de la disposición y dimensiones de las barras del bastidor. (Azul: Elementos).



La tipología del bastidor proporciona una luz admisible de $0,322\text{m}^2$ para soportar las cargas. Además un aumento del número de barras del bastidor también conllevaría un aumento en el peso del mismo.

Para la construcción del bastidor se ha de seleccionar materiales que aporten la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos, siendo lo más ligeros posible. Entre los aceros estructurales de construcción más comunes de uso general se encuentran los S235, S275 y S355.

Características mecánicas mínimas de los aceros UNE EN 10025

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy °C
	Tensión de límite elástico f_y (N/mm ²)			Tensión de rotura f_u (N/mm ²)	
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
S235JR					20
S235J0	235	225	215	360	0
S235J2					-20
S275JR					20
S275J0	275	265	255	410	0
S275J2					-20
S355JR					20
S355J0	355	345	335	470	0
S355J2					-20
S355K2					-20 ⁽¹⁾
S450J0	450	430	410	550	0

⁽¹⁾ Se le exige una energía mínima de 40J.

Fuente: CTE DB SE-A, 2006

Figura 2: Características mecánicas mínimas de los aceros.

El acero S235 tiene escasa utilización y siempre en elementos poco solicitados; el acero S275 es de uso general, normalmente en perfiles y chapas medianamente solicitadas y el S355 se usa en casos en donde el elemento debe soportar altos esfuerzos. Todos ellos son soldables por todos los procedimientos, siendo el más soldable el S235 y el menos el S355.

1.2 Pesos muertos de la plataforma descargada y equipo.

Para dimensionar las barras que formarán el bastidor se deben conocer todos los esfuerzos que producen las cargas.

1.2.1 Suelo de la plataforma.

Para el cálculo de la plancha de acero que formará el piso de la plataforma se ha de localizar el lugar dónde la aplicación de la carga sea más desfavorable. Este lugar será aquel que se encuentre más alejado de las barras del bastidor, es decir, en el centro de la luz.

El bastidor de $3,22\text{m}^2$ debe soportar una carga de 3.000kg (29.430N). Teniendo en cuenta la luz que deja el bastidor, se aplica una carga de 2.943N sobre una superficie de $0,322\text{m}^2$.



Puesto que la plancha debe resistir un peso considerable, se ha optado por escoger el acero S275, con límite de fluencia de $S_y=275\text{MPa}$. Además la norma *UNE-EN 81-31* exige un factor de seguridad de 2,5.

El objetivo es encontrar el espesor necesario de la plancha de acero que soporte los esfuerzos descritos anteriormente y además proporcione el factor de seguridad. Este espesor determinará el peso de la plancha, por lo que deberá ser lo más ajustado posible.

Con el programa *MEFI*, que permite el análisis de elementos finitos, se obtendrá la tensión equivalente de Von Mises en el elemento. Con un método basado en sucesivas iteraciones se prueban distintos espesores hasta encontrar el espesor óptimo:

$$\frac{S_y}{\sigma_e} \geq 2,5 \text{ (Ec.1)}$$

Se fijan las caras laterales de la plancha de acero y se aplica a la luz más alejada, una carga de 2.943N (*Fig.3*):

MEFI

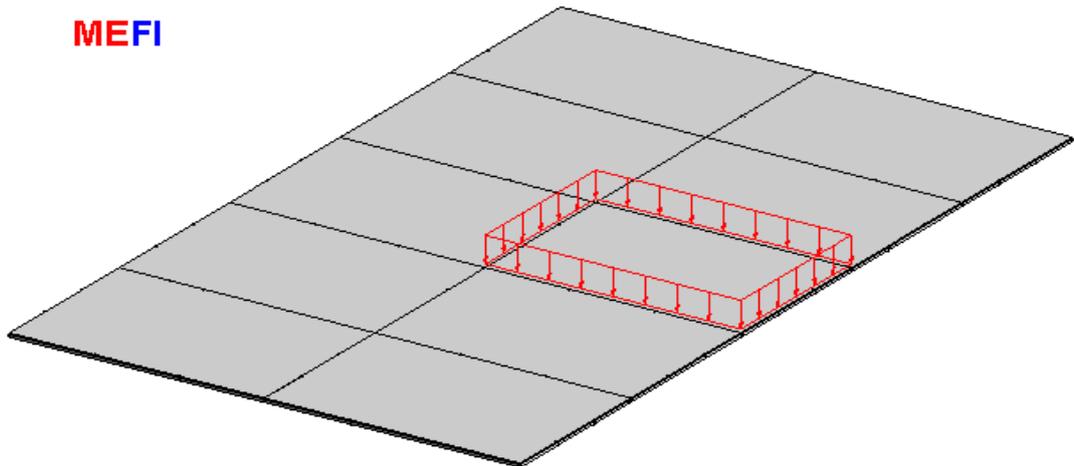


Figura 3: Sección de la plancha de acero sometida a la carga de 2.943N.

Una vez introducida la hipótesis de esfuerzo, se varía los espesores de la plancha hasta obtener el espesor óptimo. En la *Figura 4*, se muestra la σ_e dada por el programa, sobre el elemento de 8mm de espesor, siendo ésta de $\sigma_e = 98,746\text{MPa}$. Aplicando la Ec.1, se obtiene el siguiente factor de seguridad:

$$\frac{S_y}{\sigma_e} = \frac{275}{98,746} = 2,785 \geq 2,5$$



Tensión equivalente von Mises

MEFI

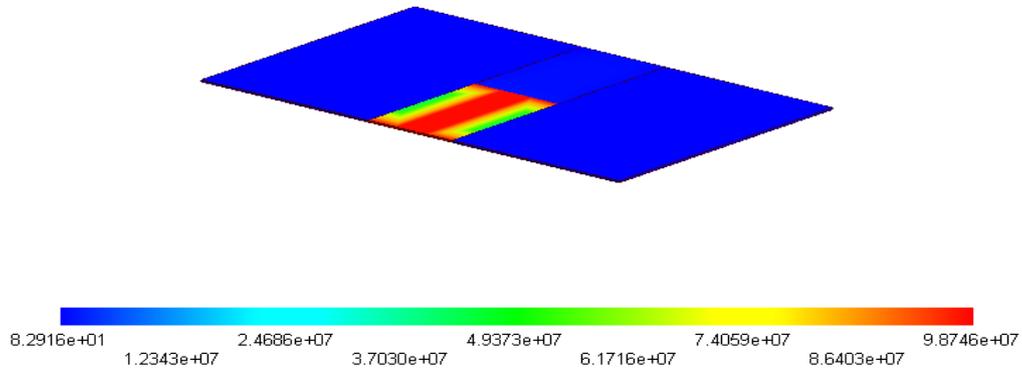


Figura 4: Tensión equivalente de Von Mises en una placa de espesor 8mm.

Para el espesor seleccionado, el volumen de la placa es $V_{plancha} = 0,02576m^3$. Se asume la densidad del acero de $7.800kg/m^3$, el peso de la plancha es de:

$$Q_{plancha} = V_{plancha} \cdot \text{Densidad} = 0,02576 \cdot 7.800 = 200,93kg.$$

1.2.2 Medidas de seguridad. Pasamanos.

Las medidas de seguridad de la *U.T.* Cexigen la existencia de un pasamanos de 1,10m de altura, formado por una barra protectora de pie a una altura de 0,15 m y una barra intermedia a 0,625 m según norma *UNE-EN 81-31*; además, deberá soportar una carga de 1.000N en la posición más desfavorable.

Para dimensionar las barras que forman el pasamanos, se recurre al el programa *DISSENY*:

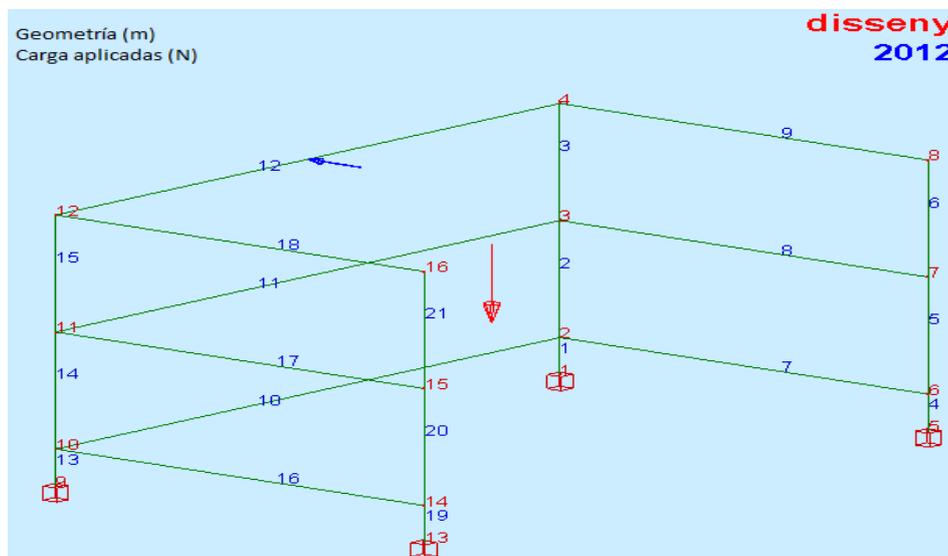


Figura 5: Estructura de seguridad: Restricciones y cargas aplicadas



Se dispondrá una estructura de barras unidas mediante soldadura, considerando los nudos de ésta como nudos rígidos y con las restricciones de desplazamiento en los nudos unidos al suelo, tal y como se muestra en la *Figura 5*.

Se añade la carga de 1.000N en la posición más desfavorable del pasamanos (*Fig.5*). El programa *DISSENY* tiene en cuenta el peso propio de las barras.

En este caso, las barras que forman la estructura serán de perfil cuadrado hueco y se dimensionarán ante los esfuerzos con un factor de seguridad de 2,5.

Una vez obtenido el perfil adecuado, el peso de esta estructura será añadido al bastidor inferior en forma de cargas puntuales.

Para el estado de cargas presentado en la *Figura 5*, y para un perfil de dimensiones de 45x2mm de acero S235 (acero óptimo para su uso en elementos poco solicitados), las barras más solicitadas se presentan en la *Tabla 1*.

Barra	Nudo	Mx (N·m)	My (N·m)	Mz (N·m)	Txy (N·m)	Txz (N·m)	TEVM (MPa)
12	4	71.071 E-15	1.348 E+00	-214.775 E+00	19.597 E-09	19.597 E-09	49.073
	P.INT	71.071 E-15	1.348 E+00	360.225 E+00	19.597 E-09	19.597 E-09	81.997
	12	71.071 E-15	1.348 E+00	-214.775 E+00	19.597 E-09	19.597 E-09	49.073
9	4	-16.183 E+00	-68.483 E+00	136.208 E+00	4.462 E+06	4.462 E+06	47.087
	8	-16.183 E+00	68.483 E+00	-7.394 E+00	4.462 E+06	4.462 E+06	17.852
5	6	-655.644E-03	-74.131E+00	-82.702E+00	180.784E+03	180.784E+03	36.008
	7	-655.644E-03	-17.604E+00	36.549E+00	180.784E+03	180.784E+03	12.766
4	5	-2.040E+00	-87.688E+00	-80.477E+00	562.632E+03	562.632E+03	38.667
	6	-2.040E+00	-68.869E+00	-43.095E+00	562.632E+03	562.632E+03	25.945

Tabla 1: Análisis de resultados: Esfuerzos de las barras más solicitadas del pasamanos.

Al ser una estructura simétrica, los esfuerzos en las barras 18,19 y 20 soportarán los mismos esfuerzos que las barras 4, 5 y 9 pero con signo contrario.

La sección más solicitada se encuentra en la barra 12, en el punto de aplicación de la carga de 1.000N, es en este punto donde se produce la máxima tensión equivalente de Von Mises (*Anejo II: Fig. 1*), con un valor igual a $\sigma_e = 81,997\text{MPa}$. Teniendo en cuenta el factor de seguridad exigido y aplicando la Ec.1:

$$\frac{S_y}{\sigma_e} = \frac{235}{81,997} = 2,865 \geq 2,5$$

La norma *UNE-EN 81-31*, también exige que la deformación producida por la fuerza de 1.000N no sea superior a 10mm. La *Tabla 2*, muestra los desplazamientos de todos los nudos de la estructura de seguridad, no siendo ninguno de éstos superior a 10mm.

Los diagramas de esfuerzos proporcionados por el programa se exponen en el *ANEJO II* del documento.



EC	Nudo	DX	DY	DZ	GX	GY	GZ
5	1	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	2	-1.413E-09	-36.620E-06	-963.527E-09	443.212E-06	3.939E-06	-186.890E-06
5	3	-884.294E-09	-479.731E-06	-3.250E-06	974.048E-06	20.558E-06	-1.176E-03
5	4	-830.612E-09	-1.002E-03	-4.283E-06	773.835E-06	74.281E-06	-4.007E-03
5	5	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	6	43.879E-06	-36.657E-06	429.403E-09	443.991E-06	562.508E-06	23.211E-06
5	7	609.873E-06	-479.683E-06	1.578E-06	969.112E-06	1.606E-03	46.828E-06
5	8	1.461E-03	-997.349E-06	2.083E-06	762.509E-06	1.792E-03	313.154E-06
5	9	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	10	1.413E-09	-36.620E-06	-963.527E-09	443.212E-06	-3.939E-06	186.890E-06
5	11	884.294E-09	-479.731E-06	-3.250E-06	974.048E-06	-20.558E-06	1.176E-03
5	12	830.612E-09	-1.002E-03	-4.283E-06	773.835E-06	-74.281E-06	4.007E-03
5	13	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	14	-43.879E-06	-36.657E-06	429.403E-09	443.991E-06	-562.508E-06	-23.211E-06
5	15	-609.873E-06	-479.683E-06	1.578E-06	969.112E-06	-1.606E-03	-46.828E-06
5	16	-1.461E-03	-997.349E-06	2.083E-06	762.509E-06	-1.792E-03	-313.154E-06

Tabla 2: Desplazamiento de los nudos de la estructura de seguridad para el E.C analizado (m).

Dimensionada la estructura que formará el pasamanos para satisfacer las exigencias dictadas por la norma, se aplica al bastidor inferior la carga que supondrá el peso de éste.

La estructura diseñada tiene una longitud de 19,70m de barras de perfil 45x2mm, y el peso para este perfil se estable en 2,59kg/m, de modo que el peso completo de la estructura es de 51,023kg.

El programa *DISSENY* tiene en cuenta el peso propio de la estructura, por lo que se transmitirá las reacciones obtenidas al bastidor pero en sentido contrario.

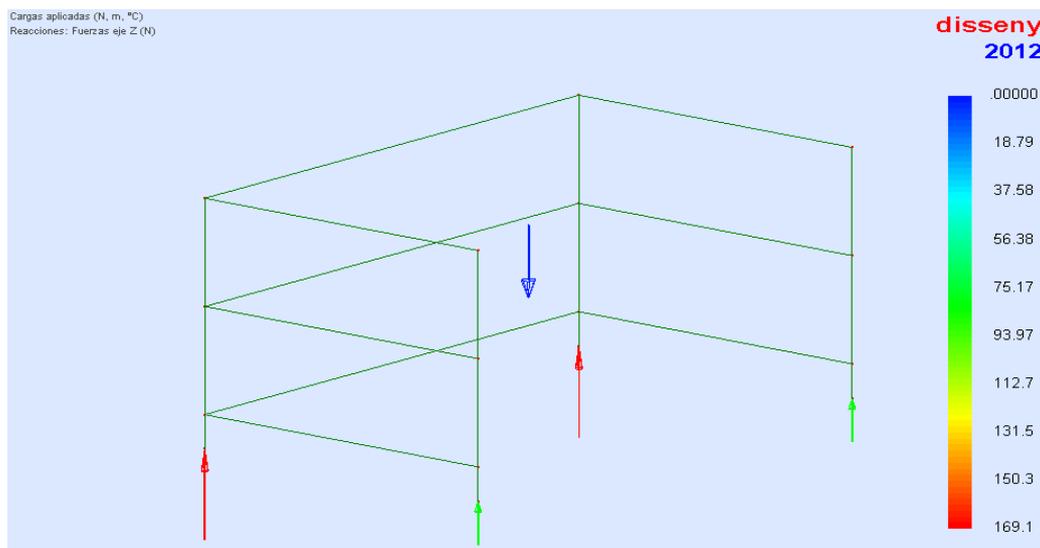


Figura 6: Reacciones producidas según eje Z por el peso de la estructura (N).



La *Tabla 3* muestra los valores de las reacciones producidas por el peso de la estructura. En los nudos 1 y 20 del bastidor inferior (*Fig.1*) se aplica, en forma de carga puntual 169,154N; mientras, de igual forma, se aplica en los nudos 3 y 22 una fuerza de 81,428N.

NUDO	FUEZA EJE Z (N)
1	169.154 E+00
5	81.428 E+00
9	169.154 E+00
13	81.428 E+00

Tabla 3: Valores de las reacciones según eje Z. Peso propio (N).

1.3 Bastidor inferior.

Para el cálculo de los perfiles que formarán el bastidor inferior se añaden los pesos anteriormente calculados además de la carga nominal establecida, por lo que el bastidor estará sometido a los siguientes estados de carga.

1.3.1 Estado de carga: "Carga nominal + suelo".

La carga nominal exigida en nuestro proyecto es de 3.000kg, al que hay que añadir los 200,93kg de la plancha de acero que constituye el suelo de la plataforma, lo que hace un total de 3.200,93kg (31.401,12N). La longitud total de barras del bastidor es $L = 15,3\text{m}$. Asumiendo que la carga establecida actúa como una carga lineal repartida por todas las barras del bastidor:

$$\text{Carga lineal} = \frac{31.401,12}{15,3} = 2.052,361 \text{ N/m}$$

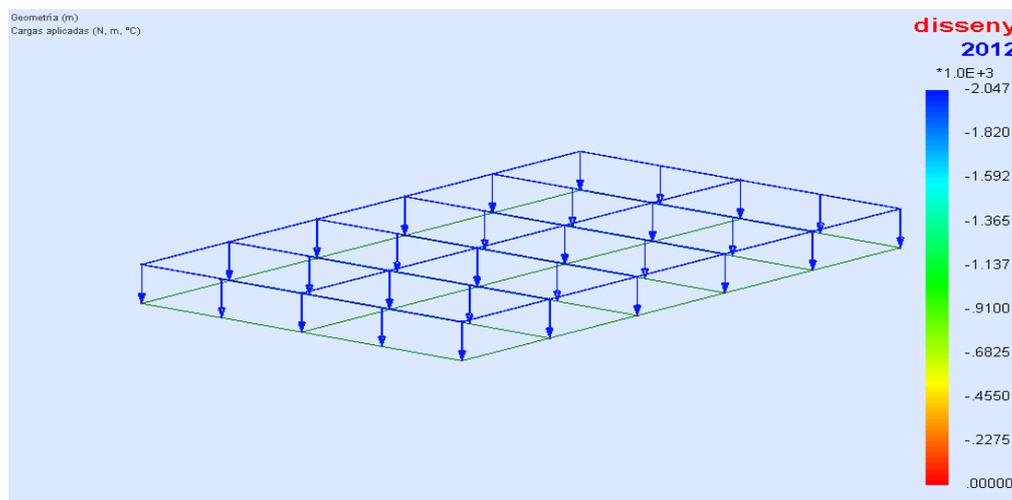


Figura 7: Carga lineal de 2.052,361 N/m distribuida por las barras del bastidor.



La norma *UNE-EN 81-31* hace referencia a los cálculos de diseño de la *U.T.C.*, donde se deben considerar no solo la carga sino también el peso de dispositivos de manejo de carga, que pueden entrar en la unidad transportadora de carga con un cierto nivel de seguridad: 2,5.

1.3.2 Estado de carga: “Tensión de los cables de tracción”.

La suspensión consistirá en dos cables de acero y estarán situados en las barras diseñadas para ello. El valor de la tensión de cada cable será la mitad de la carga total del punto 1.3.1 más el peso de la estructura de seguridad, que también es soportado por los cables de tracción, lo que deja una tensión por cable, actuando como carga de puntual, de:

$$T_1 = T_2 = 15.950,83N$$

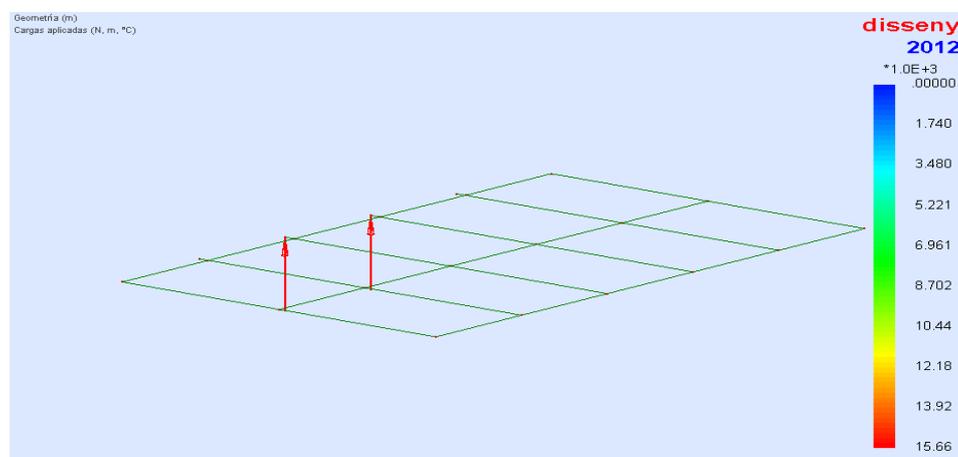


Figura 8: Cargas puntuales producidas por los cables de tracción.

1.3.3 Estado de carga: “Estructura de seguridad”.

Se aplica el peso del pasamanos como cargas puntuales en los puntos del bastidor donde está situado:

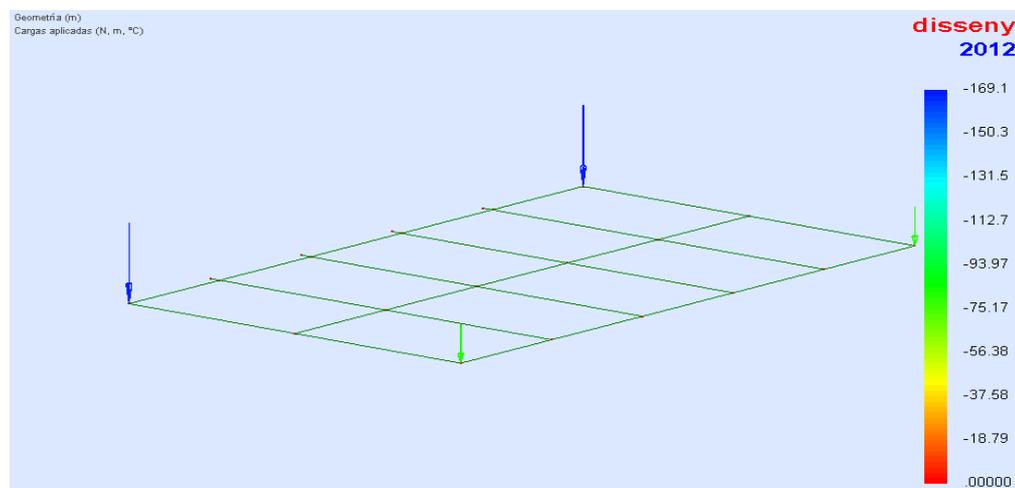


Figura 9: Cargas puntuales producidas por el peso del pasamanos.



1.3.4 Estado de carga: “Peso propio”.

El programa *DISSENY* tiene en cuenta para los cálculos de los esfuerzos el peso propio de las barras.

1.3.5 Estado de carga: “Combinado”.

El estado de carga a analizar es una combinación de todos los anteriores actuando simultáneamente, puesto que hay que diseñar la estructura en la situación más desfavorable. En este caso las barras del bastidor estarán muy solicitadas por lo que se ha escogido el acero S355 para su diseño. Además, para reducir peso, el bastidor estará formado por diferentes perfiles, puesto que no todas las barras estarán solicitadas con los mismos esfuerzos.

En la hipótesis de esfuerzo se considera el bastidor como una estructura de nudos rígidos con restricciones de empotramiento en las barras donde se sitúan el sistema de rodaderas.

Mediante sucesivas iteraciones se probará la combinación de diferentes perfiles hasta obtener un diseño óptimo del bastidor con el factor de seguridad que exige la norma.

Se han seleccionado perfiles de sección rectangular hueca ya que tienen un comportamiento eficiente frente a esfuerzos de torsión:

Barra	Nudo	T.E.V.M (MPa)	Perfil (mm)	$\eta_s = \frac{355}{T.E.V.M}$
Barras del bastidor más solicitadas.				
9	5	76,435	120x100x4	4,64 > 2,5
	9	50,361		7,05 > 2,5
18	12	78,089	120x100x4	4,54 > 2,5
	13	45,040		7,81 > 2,5
21	13	49,820	120x100x4	7,12 > 2,5
	17	76,128		4,66 > 2,5
44	9	45,585	120x100x4	7,78 > 2,5
	8	78,291		4,53 > 2,5
45	8	78,291	120x100x4	4,53 > 2,5
	12	78,089		4,54 > 2,5
25	17	90,218	120x100x4	3,93 > 2,5
	18	34,606		>> 2,5
7	5	90,234	120x100x4	3,93 > 2,5
	6	34,607		>> 2,5
8 (ídem 26)	6	121,009	120x100x4	2,93 > 2,5
	7	10,637		>> 2,5



Barra	Nudo	T.E.V.M (MPa)	Perfil (mm)	$\eta_s = \frac{355}{T.E.V.M}$
Barras: Sistema de guiado.				
6	4	99,603	160x80x4	3,56 > 2,5
	5	106,091		3,34 > 2,5
38	4	63,226	160x80x4	5,61 > 2,5
	26	29,208		>> 2,5
40	26	Despreciable	160x80x4	>> 2,5
	30	Despreciable		>> 2,5
Las barras 6-38-40 corresponden a una sola barra de perfil indicado				
Barra (35-33-24) ídem a barra (40-38-6) por simetría.				
Barras: Disminución de vuelco y rodaderas.				
39	26	87,480	70x50x4	4,05 > 2,5
	28	66,061		5,37 > 2,5
37	4	120,803	70x50x4	2,93 > 2,5
	23	82,265		4,31 > 2,5
41	23	99,229	70x50x4	3,57 > 2,5
	28	88,805		3,99 > 2,5
43	23	29,112	70x50x4	>> 2,5
	6	57,792		6,14 > 2,5
Ídem para las barras 34-32-36-42				

Tabla 4: T.E.V.M en las principales barras del bastidor.

Al ser una estructura simétrica, tanto las barras donde apoya el sistema de guiado y las barras para la disminución de vuelco y rodaderas serán iguales en ambos lados de la estructura.

Las barras donde se sitúan el sistema de guiado superior se comportan como una sola barra de perfil 160x80x4, siendo la T.E.V.M mayor en la sección más cercana a la condición de empotramiento al que se ha sometido en la hipótesis.

En el ANEJO II: Apartado 2 del documento se expone información complementaria: esfuerzos sobre todas las barras, diagramas de esfuerzo y diagrama de Tensión Equivalente de Von Mises. En el Plano Nº 5 del documento se expone la configuración del bastidor formada por los perfiles escogidos.



La máxima deformación que se produce en el bastidor para el estado de carga combinado es de 6,058mm en sentido negativo del eje Z, siendo inferior a los 10mm como máximo que especifica la norma.

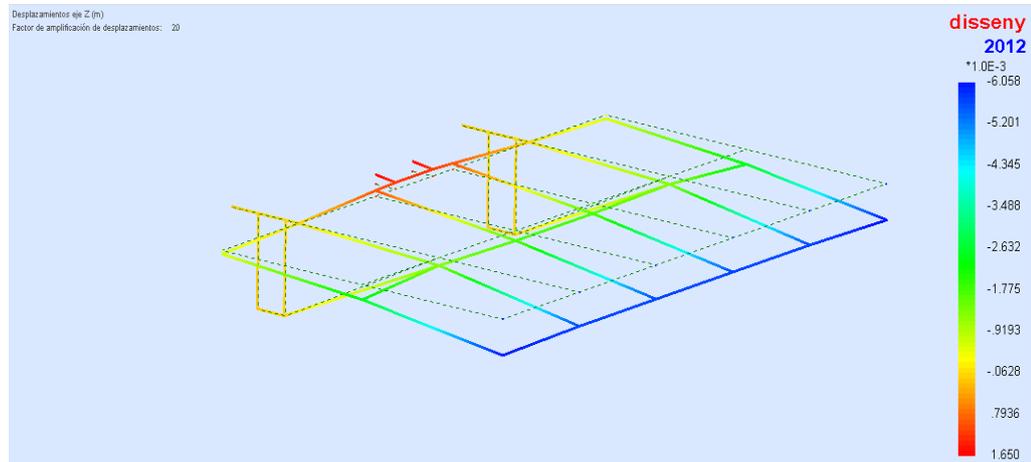


Figura 10: Deformación del bastidor en sentido negativo según eje Z (m).
Factor de amplificación de desplazamientos 25.

Una vez diseñado el bastidor para satisfacer las exigencias de la norma, el peso total de éste asciende a 142,05Kg.

1.4 Unión de elementos.

Una vez dimensionada la plataforma se seleccionará el método por el cual se van a unir todos sus elementos.

1.4.1 Bastidor inferior – Plancha de acero.

La plancha de acero irá unida al bastidor mediante cuatro tornillos M12 con tuerca. Para ello se ejecutarán cuatro agujeros de 13mm de diámetro sobre el bastidor inferior. Para dimensionar esta unión se ha establecido la hipótesis en la cual toda la carga nominal actúa como una fuerza cortante sobre los tornillos, siendo ésta la hipótesis más desfavorable.

La longitud de los tornillos es de 70mm (la longitud de la junta es de 58mm), de grado métrico 5.8 y colocados sin arandela.

El esfuerzo cortante es de 29.430N, por lo que cada tornillo deberá soportar 7.357,5N, suponiendo que no actúa otra fuerza:

$$\tau = \frac{4 \cdot V}{3 \cdot A}$$

El diámetro del área coincide con la métrica, ya que en la separación de la junta no está situada la parte roscada del tornillo.

$$\tau = \frac{4 \cdot V}{3 \cdot A} = \frac{4 \cdot 7.357,5}{3 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 12^2}{4}\right)} = 86,74 \text{ MPa}$$



**Documento Nº1. MEMORIA:
ANEJO I. Cálculos justificativos.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
12 de 55

Aplicando la expresión:

$$\sigma_e = \frac{Sp}{\eta_s} \text{ (Ec.2)}$$

Siendo:

$$\sigma_e = \sqrt{3} \cdot \tau^2 = \sqrt{3 \cdot 86,74^2} = 150,24 \text{ MPa.}$$

Sp (Resistencia de prueba) Grado 5.8 = 380 MPa.

Sustituimos en la Ec.2:

$$\sigma_e = \frac{Sp}{\eta_s}; \eta_s = \frac{380}{150,24} = 2,52$$

$\eta_s > 2,5$; por lo tanto es válido.

Para dejar la unión con posibilidades de desmontajes posteriores el apriete inicial debe ser:

$$P_i \leq 0,75 \cdot A_t \cdot Sp = 0,75 \cdot 84,3 \cdot 380 = 24.025,5 \text{ N.}$$

1.4.2 Unión Plancha – Estructura de Seguridad.

La estructura de seguridad se colocará tras la unión del bastidor inferior con la plancha de acero e irá situada encima de ésta última, anclada mediante soldadura por arco eléctrico en ángulo con espesor de garganta de 1,4mm.

1.4.3 Unión Bastidor – Sistema de rodaderas.

La unión de la placa de las rodaderas superiores con el bastidor se realiza mediante cuatro tornillos M18 con tuerca por cada placa mientras que la unión en las rodaderas inferiores se realiza mediante un tornillo M16 de longitud 150mm por rodadera (ambas uniones preparadas por el fabricante).

El esfuerzo cortante máximo al cual están sometidos las uniones se produce acorde el apartado 2.3.1 *Funcionamiento del paracaídas: Caso 1* de este mismo documento en el cual la fuerza cortante es $F_x = 33.319,91$ (sentido eje X, *Figura 11*). Dividiendo F_x entre cuatro (dos sistemas de guiado superiores y dos inferiores) cada unión debe soportar una fuerza total de:

$$F_x = 8.329,97 \text{ N}$$

Aunque las uniones están especificadas por el fabricante y se asumen como válidas, se han comprobado suponiendo que solo actúa la fuerza cortante. El grado métrico de los tornillos no está designado por el fabricante así como la longitud de éstos, por lo cual se ha seleccionado las características que más se adaptan a cada caso:

- Tornillos M18, DIN 931, de longitud 95 mm cada uno, con tuerca M18, DIN 558.
- Tornillos M16, DIN 933, de longitud 150mm cada uno, todo roscado.

Los tornillos seleccionados son de grado métrico 5.8.



- Rodaderas superiores:

La carga se divide entre cuatro $F_x = 2.082,5N$:

$$\tau = \frac{4 \cdot V}{3 \cdot A} = \frac{4 \cdot 2.082,5}{3 \cdot \frac{\pi \cdot 18^2}{4}} = 10,91 \text{ MPa}$$

$$\sigma_e = \sqrt{3} \cdot \tau^2 = \sqrt{3 \cdot 10,91^2} = 18,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma_e = \frac{Sp}{\eta_s}; \eta_s = \frac{380}{18,89} = 20,12$$

$$\eta_s \gg 2,5$$

- Rodaderas inferiores:

La carga para cada tornillo es $F_x = 8.329,97 N$:

$$\tau = \frac{4 \cdot V}{3 \cdot A} = \frac{4 \cdot 8.329,97}{3 \cdot 144} = 77,12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_e = \sqrt{3} \cdot \tau^2 = \sqrt{3 \cdot 77,12^2} = 133,57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_e = \frac{Sp}{\eta_s}; \eta_s = \frac{380}{133,57} = 2,84$$

$$\eta_s > 2,5$$

Para el cálculo de los tornillos M16, la separación de junta coincide con la zona roscada del tornillo, por lo que no coincide el diámetro con la métrica (A_k)

2. Sistema de guiado.

Para dimensionar la guía de la *U.T.C* la norma *UNE-EN 81-31* especifica que las tensiones deben estar limitadas teniendo en cuenta la distribución de carga en la *U.T.C*. La norma *UNE-EN 81-1: Anexo G*, indica un método para determinar esta distribución de carga, siendo los siguientes casos:

- Funcionamiento del paracaídas.
- Utilización normal, funcionamiento.
- Utilización normal, carga.

Una vez conocidas las exigencias a las que se deben adaptar las guías, se elegirá un acero que posea las propiedades mecánicas necesarias. La resistencia última a tracción, R_m , para el acero de las guías debe estar comprendido entre 370MPa y 520MPa. El acero S355 tiene una resistencia última a tracción de $R_m = 470 \text{ MPa}$, por lo que se ha seleccionado éste.



El diseño de las guías se rige por la expresión de la norma *UNE-EN 83-31*:

$$\sigma_{perm} = \frac{R_m}{St} \text{ (Ec. 3)}$$

Siendo:

- R_m : Resistencia última a la tracción.

- St : Factor de seguridad.

El factor de seguridad varía según la elongación del material así como con las clases de carga. El material seleccionado, S355, tiene una capacidad de elongación superior al 17%:

Clases de carga	Alargamiento (A_5)	Coefficiente de seguridad
Carga en uso normal	$A_5 \geq 12 \%$	2,25
	$8\% \leq A_5 \leq 12 \%$	3,75
Funcionamiento del paracaídas	$A_5 \geq 12 \%$	1,8
	$8\% \leq A_5 \leq 12 \%$	3,0

Tabla 5: Coeficientes de seguridad según Norma *UNE-EN 81-31*.

De modo que se debe aplicar un coeficiente de seguridad de 2,25 para carga en uso normal y de 1,8 para cuando actúe el paracaídas, sustituyendo en la Ec. 3:

$$\sigma_{perm} = \frac{R_m}{St} = \frac{470}{2,25} = 208,89 \text{MPa}; \text{ carga en uso normal.}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{R_m}{St} = \frac{470}{1,8} = 261,11 \text{MPa}; \text{ funcionamiento del paracaídas.}$$

2.1 Diseño de guías.

Atendiendo a las exigencias de la norma *UNE-EN 81-31*, la *U.T.C* debe estar guiada por al menos dos guías de acero rígidas. Debido a una carga nominal elevada (3.000kg) y el peso de toda la *U.T.C* (Bastidor, estructura de seguridad, suelo y conjunto rodaderas), las guías estarán muy solicitadas, por lo que se ha seleccionado unas guías de perfil T junto con un conjunto de rodaderas adaptadas para ésta.

La guía escogida es la denominada *T140-3B*, cuyas características mecánicas se exponen en la siguiente tabla:

Perfil	Sección	Peso	Ixx	Wxx	ixx	Iyy	Wyy	iyy
	cm ²	Kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
T140-3B	58,57	46,00	953	114,6	4,03	486	69,4	2,88

Tabla 6: Propiedades mecánicas del perfil guía seleccionada.



Puesto que las guías tienen un ancho de alma elevado (*Fig.11*), se ha seleccionado un sistema de guiado adaptable para éstas. Se trata de un conjunto de rodaderas *MACLA AR.3* que se adaptan a guías de hasta 33mm de espesor de alma. Las dimensiones del conjunto de rodaderas está expuesto en el apartado 3 del *ANEJO II* del documento.

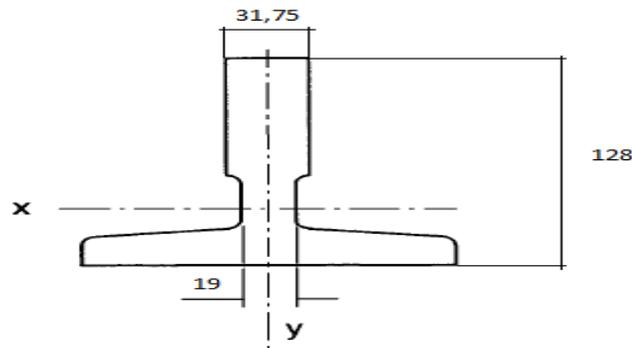


Figura 11: Dimensiones del perfil de guía T140-3B.

2.2 Parámetros previos.

El diseño de las guías se ha realizado teniendo en cuenta el método de cálculo de distribución de carga establecido por la norma *UNE-EN 81: Anexo G*, por lo que era necesario establecer a priori algunos parámetros:

- h : distancia entre las rodaderas de la cabina, $h=1.523\text{mm}$.
- l : distancia máxima entre las fijaciones de las guías, $l= 1.787,4\text{mm}$.
- c : distancia desde el bastidor a la guía, $c= 167,7\text{mm}$.
- X_p : centro de gravedad de la cabina vacía, $X_p= 816,2\text{mm}$.
- P : peso de la cabina vacía, $P =392,68\text{kg}$.

Para el cálculo de los parámetros h y l se han tenido en cuenta las dimensiones de las barras del bastidor así como del sistema de rodaderas y holguras recomendadas por el fabricante. Para el parámetro X_p ha sido determinado por el balance expuesto a continuación:

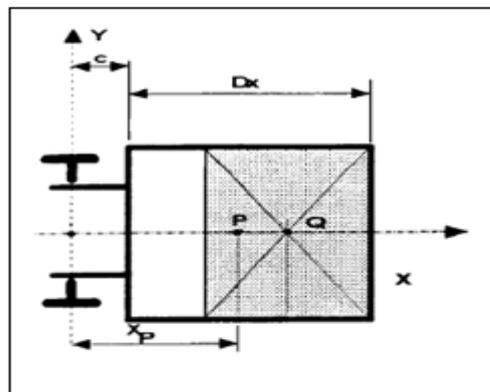


Figura 12: Vista en planta de configuración del sistema de guiado y cabina.



El bastidor tiene unas dimensiones de 2.300x1.400mm, y se ha de añadir a Dx los 355mm debidos a la longitud adicional que poseen las barras que sostienen el sistema de rodaderas. El punto P se encuentra en la coordenada $[X_p, 0]$ (Fig.12), puesto que es simétrico con respecto al eje Y. Para hallar la coordenada X_p se plantea el siguiente balance:

Se supone un apoyo fijo un punto A = $[(c+x), 0]$ y se establece que:

$$\sum F_y(\text{izquierda}) = \sum F_x(\text{derecha})$$

A la derecha del punto A, el peso de la plancha de acero, bastidor y estructura de seguridad se asume como una carga lineal de 2.563,1259N/m, mientras que a la izquierda del punto estará el peso de las barras donde apoyan el sistema de rodaderas y cables de tracción, siendo este peso de 26,8876kg, el balance se expresa mediante la Ec.4:

$$263,76N + (2.563,1259 \cdot X) = (1,4 - X) \cdot 2.563,1259N \text{ (Ec.4)}$$

Despejando X de la Ec.3 se obtiene que $X = 0.6485m$, por lo que:

$$X_p = 648,5mm + 167,7mm = 816,2mm.$$

2.3 Diseño de guías. Cálculos de los esfuerzos sobre las guías.

Dado la configuración del montacargas, se seguirá el método establecido en el Anexo G de la norma como: *Guiado y suspensión en voladizo*.

2.3.1 Funcionamiento del paracaídas.

Caso 1: Distribución de carga con respecto al eje X.

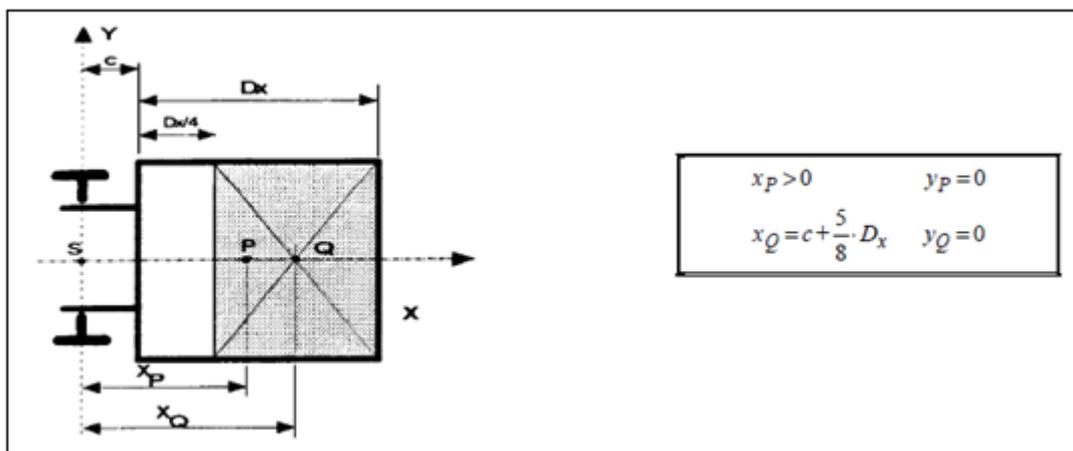


Figura 13: Norma UNE-EN 81-1: Anexo G.7.4.1.1

- $K_1 = 3$; dispositivo de tipo rodillo.

$h = 1.523mm$.

- $X_q = 1.042,7mm$.

$W_y = 69,43cm^3$

- $X_p = 816,2mm$.

$l = 1.787,4mm$.



Flexión.

Esfuerzos de flexión sobre las guías con respecto al eje de las Y, debido a las fuerzas de guiado:

$$F_x = \frac{K_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot X_q + P \cdot X_p)}{n \cdot h} = \frac{3 \cdot 9,81 \cdot (3.000 \cdot 1.042,7 + 392,68 \cdot 816,2)}{2 \cdot 1.523} = 33.319,91 \text{ N}$$

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 33.319,91 \cdot 1.787,4}{16} = 11,6675 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{11,6675 \cdot 10^6}{69,43 \cdot 1.000} = 168,11 \text{ MPa}$$

La fuerza F_y es nula.

Pandeo.

Para realizar los cálculos a pandeo, es necesario obtener el coeficiente de esbeltez λ :

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{178,74}{2,88} = 62,06$$

- Para $R_m = 370 \text{ MPa}$ y $60 < \lambda \leq 85$

$$\omega = 0.00004627 \cdot \lambda^{2.14} + 1 = 1.317$$

- Para $R_m = 520 \text{ MPa}$ y $50 < \lambda \leq 70$

$$\omega = 0.00001895 \cdot \lambda^{2.41} + 1.05 = 1.446$$

- Para $R_m = 470 \text{ MPa}$

$$\omega_R = \left[\frac{\omega_{520} - \omega_{370}}{520 - 370} \cdot (R_m - 370) \right] + \omega_{370}$$

$$\omega_{470} = 1.403$$

$$F_k = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (P + Q)}{n} = \frac{3 \cdot 9,81 \cdot (3.000 + 392,68)}{2} = 49.923,286 \text{ N}$$

$$\sigma_k = \frac{(F_k + K_3 \cdot M) \cdot w}{A} = \frac{49.923,28 \cdot 1,403}{58,57 \cdot 100} = 11,93 \text{ MPa}$$

Esfuerzos combinados.

Los esfuerzos que deben aguantar las guías son los siguientes:

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma = \sigma_m + (F_k/A) \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_m = 168,11 \leq 261,11 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 168,11 + 11,93 = 180,04 \leq 261,11 \text{ MPa}$$



$$\sigma_c = 11,93 + (0,9 \cdot 168,11) = 163,23 \leq 261,11 \text{ MPa}$$

Torsión.

El esfuerzo de torsión se calcula con respecto al parámetro de la anchura de la conexión cabeza-base de la guía:

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot Fx}{c^2} \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot 33.319,91}{19 \cdot 19} = 170,75 \leq 261,11 \text{ MPa}$$

Flechas.

Las flechas admisibles no deben ser superiores a 5mm en ambos sentidos, según norma *UNE-EN 83-31: 5. Requisitos y/o medidas de seguridad:*

$$\delta_x = \frac{0,7 \cdot Fx \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{0,7 \cdot 33.319,91 \cdot 1.787,4^3}{48 \cdot 210 \cdot 1000 \cdot 486 \cdot 10.000} = 2,71 \text{ mm} \leq 5\text{mm.}$$

Caso 2: Distribución de carga con respecto al eje Y.

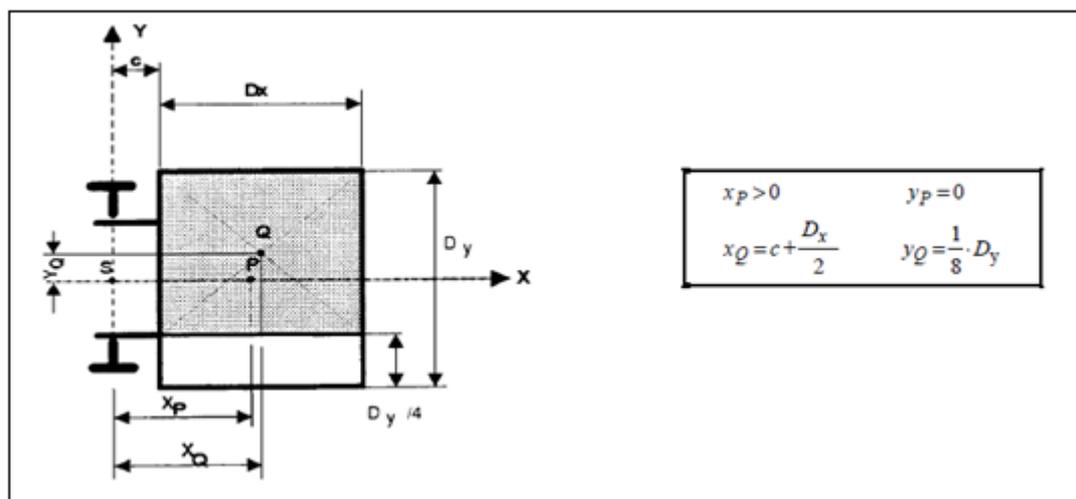


Figura 14: Norma UNE-EN 81-1: Anexo G.7.4.1.1

-K₁ = 3; dispositivo de tipo rodillo.

- h = 1.523mm.

- X_q = 867,7mm.

- X_p = 816,2mm.

-W_y = 69,4 cm³

- W_x = 114,6 cm³

- Y_q = 287,5mm.

- l = 1.787,4mm.

- Y_p = 0.



Flexión.

Esfuerzos de flexión sobre las guías con respecto al eje de las Y, debido a las fuerzas de guiado:

$$F_x = \frac{K1 \cdot gn \cdot (Q \cdot X_q + P \cdot X_p)}{n \cdot h} = \frac{3 \cdot 9,81 \cdot (3.000 \cdot 867,7 + 392,68 \cdot 816,2)}{2 \cdot 1.523} = 28.247,4 \text{ N}$$

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 28.247,4 \cdot 1.787,4}{16} = 9,466 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{9,466 \cdot 10^6}{69,43 \cdot 1.000} = 136,40 \text{ MPa}$$

Esfuerzos de flexión sobre las guías con respecto al eje de las X, debido a las fuerzas de guiado:

$$F_y = \frac{K1 \cdot gn \cdot (Q \cdot Y_q + P \cdot Y_p)}{\frac{n}{2} \cdot h} = \frac{3 \cdot 9,81 \cdot (3.000 \cdot 287,7)}{1.523} = 16.678,3 \text{ N}$$

$$M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 16.678,4 \cdot 1.787,4}{16} = 5,590 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{5,590 \cdot 10^6}{114,6 \cdot 1.000} = 48,8 \text{ MPa}$$

Pandeo.

Los esfuerzos de pandeo en el "Caso 2" son iguales al "Caso 1":

$$F_k = \frac{k1 \cdot gn \cdot (P+Q)}{n} = \frac{3 \cdot 9,81 \cdot (3.000 + 392,68)}{2} = 49.923,286 \text{ N}$$

$$\sigma_k = \frac{(F_k + K3 \cdot M) \cdot w}{A} = \frac{49.923,28 \cdot 1,403}{58,57 \cdot 100} = 11,93 \text{ MPa}$$

Esfuerzos combinados.

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma = \sigma_m + (F_k/A) \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_m = 136,40 + 48,8 = 185,2 \leq 261,11 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 185,2 + 11,93 = 197,1 \leq 261,11 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 11,93 + (0,9 \cdot 185,2) = 178,6 \leq 261,11 \text{ MPa}$$



Torsión.

El esfuerzo de torsión se calcula con respecto al parámetro de la anchura de la conexión cabeza-base de la guía:

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm}$$
$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot 28.247,4}{19 \cdot 19} = 144,8 \text{ MPa} \leq 261,11 \text{ MPa}$$

Flechas.

Las flechas admisibles no deben ser superiores a 5mm en ambos sentidos, según norma *UNE-EN 83-31: 5. Requisitos y/o medidas de seguridad:*

$$\delta_x = \frac{0,7 \cdot F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{0,7 \cdot 28.247,4 \cdot 1.787,4^3}{48 \cdot 210 \cdot 1000 \cdot 486 \cdot 10.000} = 2,307 \text{ mm} \leq 5 \text{ mm.}$$

$$\delta_y = \frac{0,7 \cdot F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} = \frac{0,7 \cdot 16.678,3 \cdot 1.787,4^3}{48 \cdot 210 \cdot 1.000 \cdot 953 \cdot 10.000} = 0,693 \text{ mm} \leq 5 \text{ mm.}$$

2.3.2 Utilización normal, funcionamiento.

En este apartado los cálculos se realizan para los dos casos de distribución de carga expuestos anteriormente, siendo nulos los esfuerzos de pandeo durante la carga en utilización normal.

Caso 1. Distribución de carga *Fig. 13.*

- $k_2 = 1,2$; dispositivo de tipo rodillo.
- $h = 1.523 \text{ mm.}$
- $X_q = 1.042,7 \text{ mm.}$
- $W_y = 69,4 \text{ cm}^3.$
- $X_p = 816,2 \text{ mm.}$
- $l = 1.787,4 \text{ mm.}$
- $X_s = 0.$

Flexión.

Esfuerzos de flexión sobre las guías con respecto al eje de las Y, debida a las fuerzas de guiado:

$$F_x = \frac{K_2 \cdot g_n \cdot [(Q \cdot (X_q - X_s) + P \cdot (X_p - X_s)]}{n \cdot h} = \frac{1,2 \cdot 9,81 \cdot (3.000 \cdot 1.042,7 + 392,68 \cdot 816,2)}{2 \cdot 1.523} = 13.328 \text{ N}$$

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 13.328 \cdot 1.787,4}{16} = 4,466 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{4,466 \cdot 10^6}{69,43 \cdot 1.000} = 64,40 \text{ MPa}$$



Esfuerzos combinados.

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma = \sigma_m + (F_k/A) \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_m = 64,4 \leq 208,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 64,4 \leq 208,89 \text{ MPa}$$

Torsión.

El esfuerzo de torsión se calcula con respecto al parámetro de la anchura de la conexión cabeza-base de la guía:

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot 13.328}{19 \cdot 19} = 68,3 \text{ MPa} \leq 208,89 \text{ MPa}$$

Flechas.

Las flechas admisibles no deben ser superiores a 5mm en ambos sentidos, según norma *UNE-EN 83-31: 5. Requisitos y/o medidas de seguridad:*

$$\delta_x = \frac{0,7 \cdot F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{0,7 \cdot 13.328 \cdot 1.787,4^3}{48 \cdot 210 \cdot 1000 \cdot 486 \cdot 10.000} = 1,1 \text{ mm} \leq 5 \text{ mm.}$$

Caso 2. Distribución de carga Fig.14.

- $K_2 = 1,2$; dispositivo tipo rodillo.
- $X_q = 867,7 \text{ mm.}$
- $X_p = 816,2 \text{ mm.}$
- $h = 1.523 \text{ mm.}$
- $W_y = 69,4 \text{ cm}^3.$
- $W_x = 114,6 \text{ cm}^3.$
- $Y_q = 287,5 \text{ mm.}$
- $X_s = 0.$
- $Y_s = 0.$
- $Y_p = 0.$

Flexión.

Esfuerzos de flexión sobre las guías con respecto al eje de las Y, debido a las fuerzas de guiado:

$$F_x = \frac{K_2 \cdot g_n \cdot [(Q \cdot (X_q - X_s) + P \cdot (X_p - X_s)]}{n \cdot h} = \frac{1,2 \cdot 9,81 \cdot (3.000 \cdot 867,7 + 392,68 \cdot 816,2)}{2 \cdot 1.523} = 11.299 \text{ N}$$

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 11.299 \cdot 1.787,4}{16} = 3,786 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{4,466 \cdot 10^6}{69,43 \cdot 1.000} = 54,60 \text{ MPa}$$



Esfuerzos de flexión sobre las guías con respecto al eje de las X, debido a las fuerzas de guiado:

$$F_y = \frac{K_2 \cdot g_n \cdot [Q \cdot (Y_q - Y_s) + P \cdot (Y_p - Y_s)]}{\frac{n}{2} \cdot h} = \frac{1,2 \cdot 9,81 \cdot (3.000 \cdot 287,7)}{1,523} = 6.671,3 \text{ N}$$

$$M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 6.671,3 \cdot 1.787,4}{16} = 2,235 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{2,235 \cdot 10^6}{114,6 \cdot 1.000} = 19,5 \text{ MPa}$$

Esfuerzos combinados.

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma = \sigma_m + (F_k/A) \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_m = 19,5 + 54,6 = 74,1 \leq 208,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 74,1 \leq 208,89 \text{ MPa}$$

Torsión.

El esfuerzo de torsión se calcula con respecto al parámetro de la anchura de la conexión cabeza-base de la guía:

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot 11.299}{19 \cdot 19} = 57,9 \text{ MPa} \leq 208,89 \text{ MPa}$$

Flechas.

Las flechas admisibles no deben ser superiores a 5mm en ambos sentidos, según norma *UNE-EN 83-31: 5. Requisitos y/o medidas de seguridad:*

$$\delta_x = \frac{0,7 \cdot F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{0,7 \cdot 11.299 \cdot 1.787,4^3}{48 \cdot 210 \cdot 1.000 \cdot 486 \cdot 10.000} = 0,9 \text{ mm} \leq 5 \text{ mm.}$$

$$\delta_y = \frac{0,7 \cdot F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} = \frac{0,7 \cdot 6.671,3 \cdot 1.787,4^3}{48 \cdot 210 \cdot 1.000 \cdot 953 \cdot 10.000} = 0,277 \text{ mm} \leq 5 \text{ mm.}$$



2.3.3 Utilización normal, carga.

El montacargas solo tiene una posibilidad de entrada de carga, por lo que se comprueba los cálculos solamente para la siguiente situación, donde $Y_2 = 575\text{mm}$ (Posición desfavorable):

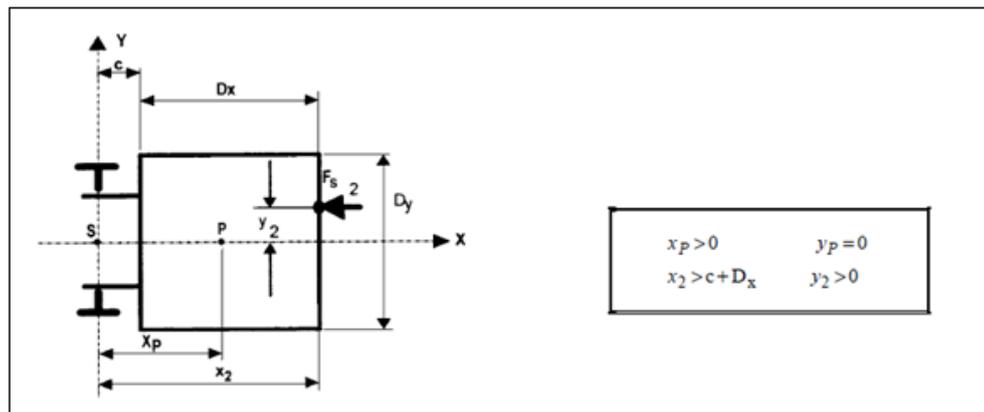


Figura 15: Norma UNE-EN 81-1: Anexo G.7.4.3.

Donde se ha de obtener F_s mediante la ecuación que corresponde a ascensores con carga nominal igual o superior a 2.500Kg:

$$F_s = 0,6 \cdot 9,81 \cdot 3.000 = 17.658 \text{ N}$$

- $X_i = 167,7 + 1.400 = 1.567,7\text{mm}$.

- $h = 1.523\text{mm}$.

- $Y_i = 575\text{mm}$.

- $W_y = 69,4 \text{ cm}^3$.

- $W_x = 114,6 \text{ cm}^3$.

Flexión.

Esfuerzos de flexión sobre las guías con respecto al eje de las Y, debido a las fuerzas de guiado:

$$F_x = \frac{g_n \cdot P \cdot X_p + F_s \cdot x_i}{n \cdot h} = \frac{9,81 \cdot 392,68 \cdot 816,2 + 17.658 \cdot 1.567,7}{2 \cdot 1.523} = 10.120,4 \text{ N}$$

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 10.120,4 \cdot 1.787,4}{16} = 3,391 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{3,391 \cdot 10^6}{69,43 \cdot 1.000} = 48,8 \text{ MPa}$$



Esfuerzos de flexión sobre las guías con respecto al eje de las X, debido a las fuerzas de guiado:

$$F_y = \frac{F_s \cdot Y_i}{\frac{n}{2} \cdot h} = \frac{17.658 \cdot 575}{1.523} = 6.666,7 \text{ N}$$

$$M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 6.666,7 \cdot 1.787,4}{16} = 2,234 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{2,235 \cdot 10^6}{114,6 \cdot 1.000} = 19,5 \text{ MPa}$$

Esfuerzos combinados.

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma = \sigma_m + (F_k/A) \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_m = 19,5 + 48,8 = 68,3 \leq 208,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 68,3 \leq 208,89 \text{ MPa}$$

Torsión.

El esfuerzo de torsión se calcula con respecto al parámetro de la anchura de la conexión cabeza-base de la guía:

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot 10.120,4}{19 \cdot 19} = 51,9 \text{ MPa} \leq 208,89 \text{ MPa}$$

Flechas.

Las flechas admisibles no deben ser superiores a 5mm en ambos sentidos, según norma *UNE-EN 83-31: 5. Requisitos y/o medidas de seguridad*:

$$\delta_x = \frac{0,7 \cdot F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{0,7 \cdot 10.120,4 \cdot 1.787,4^3}{48 \cdot 210 \cdot 1.000 \cdot 486 \cdot 10.000} = 0,8 \text{ mm} \leq 5 \text{ mm.}$$

$$\delta_y = \frac{0,7 \cdot F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} = \frac{0,7 \cdot 6.666,7 \cdot 1.787,4^3}{48 \cdot 210 \cdot 1.000 \cdot 953 \cdot 10.000} = 0,3 \text{ mm} \leq 5 \text{ mm.}$$

Se ha comprobado que la guía seleccionada cumple con todas las exigencias para cada caso de distribución de carga, expuestas por la norma *UNE-EN 81-1*.



2.4 Rodaderas.

2.4.1 Guiado superior.

Se ha seleccionado un conjunto de rodaderas formado por un soporte de aleación de aluminio y tres ruedas “VULKOLLAN/MACLATAN” de elastómero de poliuretano (ANEJO II), con una carga de rotura de 40kN. Las dimensiones del conjunto de rodaderas está expuesto en el apartado 3 del ANEJO II del documento:



Figura 16: Rodaderas tipo AR3 marca “MACLA”.

El soporte integra unos agujeros para una adecuada fijación al bastidor. Este tipo de sistema permite la utilización de guías de hasta 33mm de espesor de alma.

2.4.2 Guiado inferior.

Se han seleccionado rodaderas del mismo material que en el guiado superior, pero sin el soporte de aleación de aluminio (ANEJO II) debido a la falta de espacio físico. Estas rodaderas de elastómero de poliuretano se suministran montadas sobre su eje excéntrico, para una adaptación total a la guía, y con su correspondiente método de fijación, que irán situadas en las barras antivuelco del bastidor, alineadas con el guiado superior:



Figura 17: Rodaderas de elastómero de poliuretano marca “MACLA”.

Para el montaje de las rodaderas inferiores se colocará en primer lugar el tornillo en su posición con la tuerca y tras ésta, una vez fijado el tornillo en su posición, se colocará la rodadera.



2.4.3 Resistencia del sistema de guiado.

El sistema de guiado final se compone de dos guideras superiores y de dos parejas de rodaderas inferiores. Esto permitirá a la *U.T.C* el movimiento ascendente o descendente sin balanceo.

La máxima fuerza sobre las ruedas es debido a F_k (Pandeo) en el caso de funcionamiento del paracaídas. Esta fuerza tiene un valor $F_k = 49.923,286\text{N}$ y se ha de repartir entre los cuatro sistemas de guiado, por lo que:

$$\frac{F_k}{4} = \frac{49.923,268}{4} = 12.480,8 \text{ N}$$

Cada sistema de guiado debe soportar una fuerza de 12.480,8N, siendo ésta muy inferior a su carga máxima de rotura.

3. Suspensión.

3.1 Tipo de suspensión.

Por la elección de un sistema hidráulico como grupo tractor se ha escogido una suspensión de tipo diferencial o indirecta 2:1.

Este tipo de suspensión se adapta a los requisitos del proyecto, ya que se utiliza para cargas superiores a 2.000kg además de ser óptimos para su utilización en alturas de 4m.

3.2 Tipología de cable de alambre de acero.

Un cable de acero es un cable mecánico formado por un conjunto de alambres de acero o hilos de hierro, que pueden estar enrollados de forma helicoidal en una o más capas alrededor de un núcleo o alma, formando los cables de cordones múltiples.

La tipología básica de cables utilizada para ascensores y montacargas son los formados por alambres de acero (cordones) con sus distintas configuraciones. Las configuraciones modifican diferentes características del cable como resistencia a la tracción, fatiga, abrasión o flexibilidad, esto se consigue combinando alambres de diferentes diámetros para la fabricación de cordones. Las principales configuraciones para cables de ascensores y montacargas son:

- Seale: Es la más utilizada y ofrece gran resistencia a la abrasión y es fácil de fabricar (a).
- Warrington: se utiliza donde la fatiga es más importante que la abrasión y para pequeños esfuerzos (b).
- Mixta Warrington-Seale (c).
- Filler-Wire.

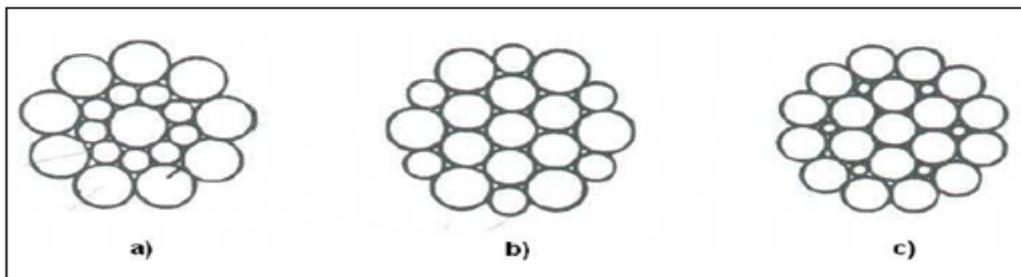


Figura 18: Configuraciones para cables de acero.

Finalmente se ha seleccionado la configuración Seale.

3.3 Diseño del cable de acero.

La norma “UNE-EN 81-1: 5.6.1 Suspensión” indica acudir a la norma UNE-EN 12385-4 para el diseño de los cables de suspensión, donde se establece los requisitos necesarios. Además se utiliza los catálogos de empresas del sector.

3.3.1 Calidad.

La calidad de resistencia a la tracción de los alambres debe estar sujeta a los límites dados en la siguiente tabla:

Calidad del cable	Calidad de resistencia a la tracción de los alambres N/mm ²	
	Mínimo	Máximo
1770	1570	1960
1960	1770	2160
2160	1960	2160

Tabla 7: Norma UNE-EN 12385-4: 5.2.1.

3.3.2 Alma.

El alma según norma UNE-EN 12385-4, debe de ser de uno de estos tipos:

- fibra;
- acero, como por ejemplo, cable independiente (IWRC) o cordón de alambres (WSC);
- compuesto (por ejemplo, acero y fibra o acero y polímero sólido);
- alma plastificada; o
- polímero sólido.

3.3.3 Lubricación y construcción.

El lubricante debe cumplir la norma ISO 4346 y además se debe lubricar como mínimo los cordones en la fabricación del cable.

3.3.4 Construcción.

La construcción del cable deber ser:

- una de las especificadas en las tablas 5 a 17; o



- b) otra construcción de cable de una capa o paralela o resistente al giro tal y como especifica el fabricante y como queda cubierto por las respectivas clases en la Norma *EN 12358-2*.

3.3.5 Tolerancias en el diámetro.

El diámetro medido, *UNE-EN 12385-4*, no debe variar del nominal en una cantidad mayor que los valores dados en la tabla siguiente:

Diámetro nominal del cable mm	Tolerancia expresada como el porcentaje del diámetro nominal del cable.
De 2 a < 4	+8 0
De 4 a < 6	+7 0
De 6 a < 8	+6 0
8 y mayor	+5 0

Tabla 8: Norma *UNE-EN 12385 -4*.

3.3.6 Fuerza de rotura.

El diseño de los cables de tracción se basa en la F_{\min} de rotura (para cables de 2mm a 60mm):

$$F_{\min} = \frac{k \cdot d^2 \cdot R_r}{1.000}$$

Donde:

- F_{\min} : expresada en kN.
- d: diámetro nominal del cable en mm.
- R_r : calidad del cable indicada por el fabricante en N/mm^2 .
- K: factor empírico para la fuerza mínima de rotura para una determinada clase de cable y tipo de alma.

3.3.7 Dimensionado de cables.

Una vez expuestos los requisitos a los que se debe ceñir los cables de tracción, se procede a su diseño.

Los cables deben resistir el peso de la cabina vacía (P) además de la carga nominal establecida (Q) y de todos los elementos que componen la *U.T.C*.

Siendo dos los cables de tracción independientes por exigencia de la norma, la carga se dividirá entre los dos.



ELEMENTO	PESO (kg)
Plancha de acero	200,93
Bastidor	142,05
Estructura de seguridad	51,023
2 Guiaderas superiores	24
4 Guiaderas inferiores	8
Carga Nominal	3.000
2 Cáncamos	1,75
2 Grilletes	2,29

Tabla 9: Peso de elementos que deben soportar los cables.

Peso total = 3.430,04Kg = 33.648,7N.

Carga en cable: 16.824,36 N.

Con este dato se calculará el ratio entre la carga mínima de rotura de un cable y la máxima fuerza en este cable cuando la unidad de transporte de carga esté quieta en el nivel inferior con su carga nominal, siendo al menos de 8 (*UNE-EN: 81-1*).

Se probarán aquellas configuraciones aceptadas por la norma hasta encontrar el cable adecuado. La empresa del sector *TENSO* dispone de la siguiente configuración de cable:

Configuración	8x19Sx1
Nº de cordones	8
Nº de alambres	19
Nº de hilos	152
Peso	1,26 kg/m
Alma	Fibra
Calidad del cable	1.765,8 N/mm ²

Tabla 10: Características del cable de acero seleccionado.

Además de ofrecer un acabado galvanizado y un arrollamiento cruzado derecha (tiene una menor tendencia a destorcerse).

Mediante sucesivas iteraciones se prueban diferentes diámetros de cable. Se comprueba si resiste la carga para un diámetro nominal de cable de 19mm:

$$F_{\min} = \frac{k \cdot d^2 \cdot R_r}{1.000} = \frac{0,293 \cdot 19^2 \cdot 1.765,8}{1.000} = 186,77 \text{ KN}$$

$$\text{Ratio} = \frac{186,77 \cdot 10^3}{16.824,36 \text{ N}} = 11,1$$

El diámetro nominal de cable de 19mm nos proporciona un ratio ≥ 8 , por lo que es válido. Comprobamos ahora las tolerancias y configuración que proporciona este tipo de cable:



La tolerancias que ofrece el cable seleccionado es de +5/0%, para cables con diámetro superiores a 8mm las tolerancias permitidas según norma es de +5/0 %, por lo que es válido.

En cuanto a la configuración 8x19Sx1,también está aceptada por la norma (Tabla 8-Clase8x19 de la *Norma UNE-EN 12385-4*).

3.4 Unión cable-bastidor.

Una vez dimensionado el cable de acero necesario para soportar los esfuerzos al que es sometido, se procede a realizar la unión entre el cable de acero y el bastidor. Para realizar esta unión se han escogido los siguientes elementos: cáncamo rosca macho, grillete y guardacabos con grapas. A continuación se describe la unión.

3.4.1 Montaje.

El cáncamo estará unido al bastidor mediante una unión roscada con tuerca. Una vez colocado el cáncamo, se colocará unido a éste un grillete recto con tuerca y pasador. Por dentro del grillete pasará el cable de acero, por lo que para evitar mayor desgaste, tanto del cable de acero como del grillete, se añadirá un guardacabo de acero inoxidable.

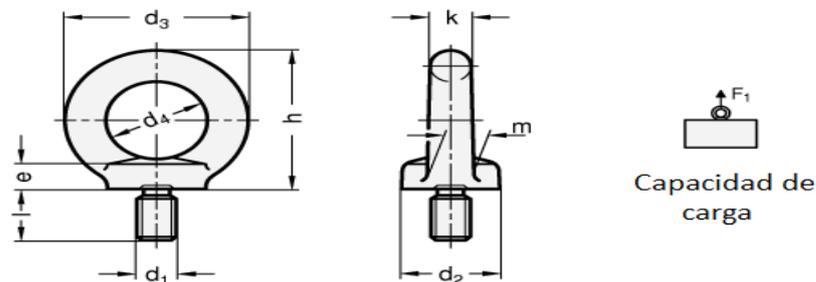
Una vez realizado el lazo del cable sobre el grillete, pasando por el guardacabo, se añadirán grapas de acero normalizadas.

3.4.2 Esfuerzos sobre la unión.

La carga total asciende a 3.430,04kg. Se ha omitido el peso de las grapas y de los guardacabos por ser demagnitud muy pequeña en comparación con los demás elementos.

3.4.3 Descripción de elementos.

Cáncamo :



e [mm]	h[mm]	k[mm]	D ₁ [mm]	D ₂ [mm]	D ₃ [mm]	D ₄ [mm]	m[mm]	l[mm]	F ₁ max (N)
18	90	23	M24	50	90	50	24	36	18·10 ³

Tabla 11: Dimensiones del cáncamo seleccionado.



**Documento N°1. MEMORIA:
ANEJO I. Cálculos justificativos.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

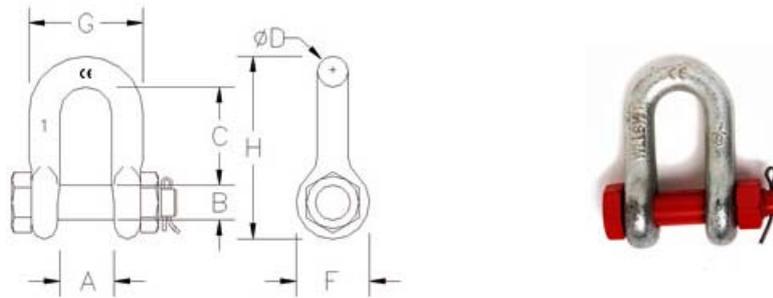
Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
31 de 55

Fabricado con cuerpo recocido de acero AISI 304 forjado. La capacidad de carga del elemento actuando la fuerza en ángulo de 0° con respecto al eje vertical, es de 18.000N, superior a los 16.824,33N existentes.

Grillete:



A[mm]	B[mm]	C[mm]	F[mm]	G[mm]	H[mm]	D[mm]
31.8	22.4	60.5	46	70	115	20.6

Tabla 12: Dimensiones del grillete seleccionado.

Está fabricado conforme a la directiva CE, grado 80 y garantiza para el grillete con un coeficiente de seguridad de 4 que puede soportar cargas de hasta 4.750Kg, superior a los 3.430,04kg existentes.

Guardacabos:

Está fabricado con acero inoxidable para mayor protección al desgaste y a la deformación del ojo del cable y una vida útil más larga. Disponible para cables de 18-20mm de diámetro nominal.



Figura 19: Guardacabo de acero inoxidable seleccionado.

Grapas:

Grapa CROSBY galvanizada en su totalidad. Consta de perno en forma de U y tuercas. Se necesita una grapa para tamaño de cable de 19mm de diámetro nominal (3/4 plg.). Este tipo de grapa tiene una eficiencia del 80% en caso de rotura.



Tanto el cáncamo como el grillete soportarán los esfuerzos con holgura. En cuanto a la utilización de grapas se debe seguir las especificaciones del montaje:

DIAMETRO DE CABLE	Nº MINIMO DE GRAPAS	LONG.CABLE DOBLADO	TORQUE
19mm	4	457,2 mm	95,94 N·m

Tabla 13: Datos técnicos de colocación de grapas según fabricante.



Figura 20: Grapa de seguridad seleccionada.

3.5 Unión cable-hormigón.

La unión con el foso de hormigón se realizará por medio de un anclaje metálico W-HA de tipo O (argolla) M12 de acero cincado bicromatado amarillo (disponible en la empresa *WURTH*). Este tipo de anclaje tiene una resistencia a carga de tracción de 8,5KN y una resistencia a cargade cortadura de 10,5KN (suponiendo que el hormigón del foso \geq H175). Además el fabricante asegura el producto con un coeficiente de seguridad de 3.

La carga del cable asciende a un total de 16.824,36N muy superior al valor de carga a tracción que soportaría el anclaje seleccionado, por lo que se ha de realizar la unión con dos anclajes en lugar de uno para reducir la carga, por lo que cada cable tendrá una bifurcación de dos ramales con ángulo de 45° que se realizará con la ayuda de una eslinga.

Puesto que el anclaje es de tipo argolla, uno de los extremos de la bifurcación será de tipo gancho. *TENSO* ofrece eslingas con esta configuración para cables de 19 mm capaz de soportar 5.200kg con un ángulo de 45° .

La tensión en la bifurcación de 45° es de 11.896,61N, que se divide en una componente vertical y una componete horizontal, ambas con valor de $F_x = F_y = 8.412,17$, de modo que:

$$F_x = 8.412,17 \text{ N} < 10.500\text{N} - \text{Cortadura.}$$

$$F_y = 8.412,17 < 8.500\text{N} - \text{Tracción.}$$

La distancia entre los anclajes de un mismo cable es de 100mm y la eslinga está situada a 200mm del suelo, por lo que la longitud de cable desde la eslinga al anclaje es de 206 mm.



4. Cerramiento exterior.

El cerramiento exterior está constituido por una estructura de barras de perfil cuadrado hueco soldadas entre sí:

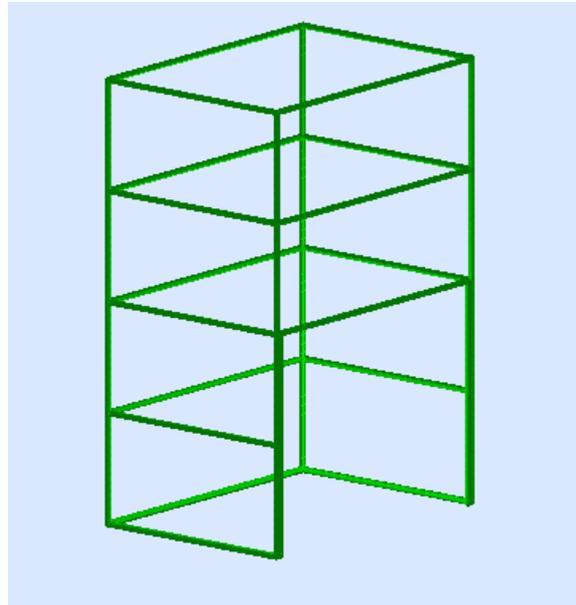


Figura 21: Esquema del cerramiento del montacargas.

La estructura del piso inferior consta de cuatro barras principales de 4 m de longitud (distancia entre forjados) y de dimensiones 50x4mm colocados verticalmente, y de barras colocadas horizontalmente de dimensiones 45x2mm a una distancia de 1m. Estas barras horizontales aportarán rigidez a la estructura.

La selección de estos perfiles se debe a que el principal objetivo del cerramiento es evitar la interacción con el montacargas cuando esté en marcha, con cualquier objeto, por lo que no estará sometida a esfuerzos elevados.

La elección de la colocación de perfiles horizontales a la distancia de 1m también se debe a la necesidad de tener una luz admisible para la posterior colocación de una malla de alambre electrosoldada:

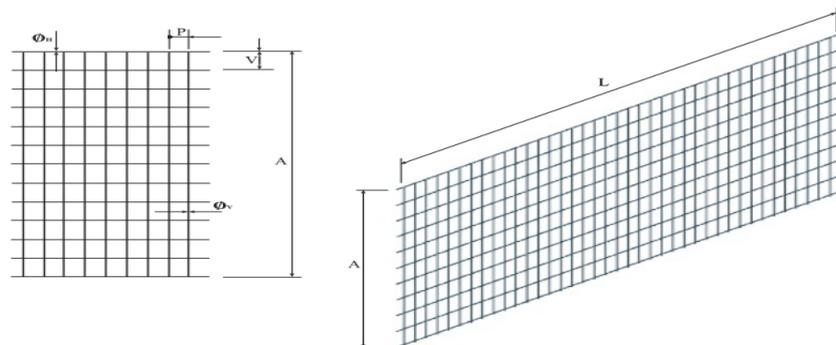


Figura 22: Configuración de la malla de alambre electrosoldada.



Cuyas dimensiones son:

Dimensiones generales	Dimensiones de cuadrícula	Espesor de alambre
LxA	PxV	$\phi_H \times \phi_V$
2.300x1.000mm	50x50mm	4x4mm

Tabla 14: Dimensiones de la malla seleccionada.

La estructura en el piso superior también estará formada por cuatro barras principales de perfil 50x4mm colocadas verticalmente y de una altura de 2,00 m, ya que no es necesario un cerramiento completo, con sus correspondientes barras horizontales separadas 1m.

En cuanto a la resistencia del cerramiento la norma "UNE-EN 81-31: 5.2.6 Resistencia de las paredes" especifica que las paredes deben tener una resistencia mecánica tal que soporta una fuerza de 300N, distribuida uniformemente sobre una superficie de 5cm² de sección cuadrada o redonda, aplicada en ángulo recto en cualquier punto de una u otra cara:

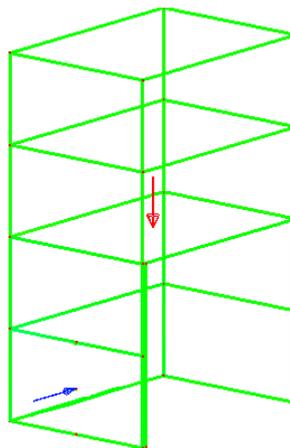


Figura 23: Fuerzas aplicadas a la estructura del cerramiento.

Se ha aplicado la fuerza requerida por la norma en la posición más desfavorable (centro de la luz), siendo la tensión equivalente de Von Mises resultante no superior a 48,56MPa para el estado de fuerzas mostrado en la *Figura 23*, por lo que la estructura, con el acero utilizado, resiste sin problemas.

La malla electrosoldada expuesta anteriormente está construida con un alambre de 50kg/mm² (490,5N/mm²) de resistencia mecánica, según catálogo del fabricante, de modo que supera la resistencia exigida por la norma.

La malla irá soldada a las barras de acero S235; este tipo de acero es soldable con cualquier procedimiento por lo que no supondrá ningún inconveniente.

De modo que el cerramiento de alma no llena quedará constituido por la estructura de barras de perfil cuadrado hueco y malla electrosoldada en ambos pisos.



4.1 Puertas de embarque.

La puerta de embarque constará de dos hojas de bisagra vertical, las cuales abrirán hacia el lado opuesto de la unidad transportadora de carga. Además las hojas de la puerta de embarque deben de ser de alma llena con dispositivo de enclavamiento.

Las puertas de embarque tienen que estar homologadas y adaptadas al montacargas. La empresa *FONHER* tiene a disposición del cliente una serie de puertas especializadas en montacargas.

Ajustando al proyecto, se selecciona una puerta de doble hoja batientes en acero inoxidable cuyas dimensiones serán de 2.400x2.000mm de accionamiento no mecánico. Estas medidas están disponibles en el catálogo de la empresa mencionada. Además se incluyen en la puerta las siguientes características:

- Certificado Parallamas.
- Cerradura ALJO-GERVALL: este tipo de cerraduras integran el sistema de enclavamiento mecánico, exigido por la norma que rige este proyecto.
- Panel de cristal armado.
- Accionamiento manual (accionamiento mecánico no aprobado por la norma que rige este proyecto).
- Bisagras a la vista
- Accesorios necesarios para su montaje.

5. Grupo hidráulico.

El montacargas tiene como componente principal la central hidráulica, cuya función es la de generar la presión necesaria en el aceite para elevar el pistón.

La central está compuesta por cuatro elementos principales: motor, bomba, bloque de válvulas y depósito de aceite. El motor eléctrico acciona la bomba, que impulsa el aceite a presión a través de las válvulas por un tubo hasta el cilindro, cuyo pistón sostiene y empuja la polea en la cual va sujeta la cabina. El aceite es utilizado como fluido para transmitir el movimiento.

5.1 Pistón hidráulico.

El cilindro y su pistón constituyen el accionamiento mecánico, y para este proyecto concreto, es de acción indirecta. El cilindro es un tubo de acero que se instala verticalmente y el pistón se desliza por su interior. El cilindro puede estar formado por dos secciones que se acoplan en la obra si fuera necesario.



- Dentro de los elementos que componen el pistón se encuentran los siguientes:
- Grupo de poleas: en el extremo superior del pistón se encuentran ancladas las poleas, las cuales empujarán la cabina cuando el pistón ascienda.
 - Mocheta: se trata de un pilar sobre el cual se apoya el pistón (incluida por la empresa con el cilindro seleccionado)
 - Válvula paracaídas: es un dispositivo de seguridad hidráulico conectado al cilindro entre la canalización hidráulica de alimentación y éste, que impide la caída libre en caso de fallo en el circuito hidráulico.

5.1.1 Dimensionado de cilindro y pistón.

Para el diseño del cilindro y pistón, los cálculos se deben llevar a cabo según la norma *UNE EN 81-31: ANEXO I*.

Para el cálculo se necesita saber las dimensiones de cilindros comerciales y tras los cálculos, seleccionar el que más se adapte a las condiciones del proyecto. La empresa "MPASCENSORES" dispone de cilindros hidráulicos comerciales aptos para suspensión diferencial 2:1:

Para su diseño se debe comprobar para los siguientes aspectos:

1. Cálculo a resistencia a la presión.
 - 1.1 Cálculo del espesor de las paredes del cilindro, émbolos, canalizaciones rígidas y accesorios.
 - 1.2 Cálculos del espesor del fondo del cilindro.
2. Cálculo a émbolo.

En el *ANEJO II: Apartado 4* se exponen las dimensiones, características técnicas y mecánicas de los cilindros simples comerciales.

El cilindro seleccionado es:

110x5	D	D _i	V=S ₁	d	t	h ₁	r ₁	u ₁	e ₁	P _r	J _n	i _n	A _n
	159	149	5	110	5	14	7	7	17	17	234,63	3.28	16,49

Tabla 15: Dimensiones y características mecánicas del cilindro-pistón seleccionado. Dim. en mm excepto: Pr(kg/m), Jn (cm⁴), in (cm) y An (cm²).

5.1.2 Cálculos.

Cálculo del espesor de las paredes de los émbolos, cilindros, canalizaciones rígidas y accesorios:

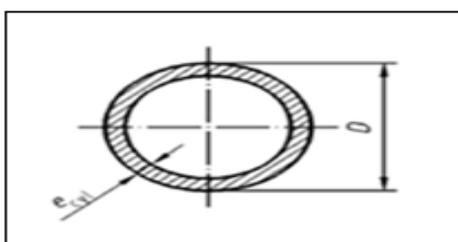


Figura 24: Figura de la norma UNE-EN 83-31.



**Documento Nº1. MEMORIA:
ANEJO I. Cálculos justificativos.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
37 de 55

$$e_{cyl} \geq \frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{R_p \cdot 0,2} \cdot \frac{D}{2} + e_0 \text{ (Ec.5)}$$

Siendo:

- D: diámetro externo del cilindro.
- e_{cyl} : espesor de la pared del cilindro.
- $e_0 = 1\text{mm}$ para las paredes y fondos de los cilindros y las canalizaciones rígidas entre el cilindro y la válvula/ $e_0 = 0,5\text{mm}$ para émbolo.
- 2,3 = coeficiente de seguridad por fricción (1,15) y picos de presión (2);
- 1,7 = coeficiente de seguridad con relación al límite convencional de elasticidad.
- p = presión a plena carga en MPa.

Para realizar el cálculo se ha de calcular primero la presión a plena carga:

$$p = \frac{[(P + Q) + \text{Émbolo} + \text{Poleas}] \cdot 9,81}{\pi \cdot \frac{d^2}{4}}$$

Siendo:

- P + Q: peso de la cabina, accesorios y carga nominal.
- Émbolo: peso del émbolo.
- Cabezal con poleas: el cabezal está formado por un conjunto de dos poleas de 6,43kg cada una, un eje que las soporta (3,47kg) y una pieza porta-eje (4,9kg). Se ha estimado un peso total de 21,23Kg.

$$p = \frac{[(3.430,04) + (17 \cdot 2) + 21,23] \cdot 9,81}{\pi \cdot \frac{110^2}{4}} = 3,60 \text{ MPa.}$$

Sustituyendo en la ecuación Ec.5:

- Cilindro:

$$e_{cyl} = 4,5\text{mm} \geq \frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot 3,6 \cdot 159}{355 \cdot 2} + 1 = 4,152\text{mm.}$$

- Émbolo:

$$e_{cyl} = 5\text{mm} \geq \frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot 3,6 \cdot 159}{385 \cdot 2} + 0,5 = 3,906\text{mm.}$$



Cálculo del espesor del fondo de los cilindros. Caso: Fondo liso con ranuras de desahogo.

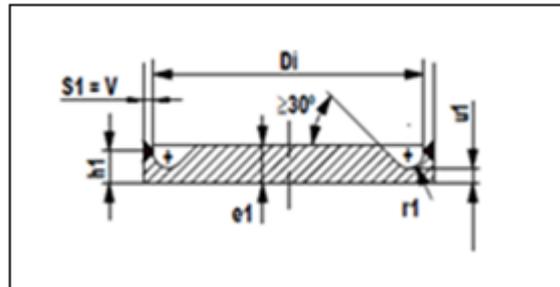


Figura 25: Dimensiones según catálogo del fabricante. Tipología aceptada por la norma UNE-EN 83-31.

1) $r_1 \geq 0,2 \cdot S_1$ y $r_1 \geq 5\text{mm}$.

2) $u_1 \leq 1,5 \cdot S_1$

3) $h_1 \geq u_1 + r_1$

$$e_1 \geq 0,4 \cdot Di \cdot \sqrt{\frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{Rp0,2}} + e_0$$

$$u_1 \geq 1,3 \cdot \left(\frac{Di}{2} - r_1\right) \cdot \frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{Rp0,2} + e_0$$

Siendo:

- S_1 : espesor de la ranura de desahogo.

- r_1 : radio del fondo de la ranura de desahogo.

- e_1 : espesor total del fondo.

- h_1 : espesor del fondo en la parte superior de la ranura de desahogo.

- u_1 : espesor del fondo en el fondo de la ranura de desahogo.

- $e_0 = 1\text{mm}$ para las paredes y fondos de los cilindros.

Cálculos:

1) $r_1 = 7\text{mm} \geq 0,2 \cdot 5 = 1$ y $r_1 \geq 5\text{mm}$.

2) $u_1 = 7\text{mm} \leq 1,5 \cdot 5 = 7,5\text{mm}$.

3) $h_1 = 14\text{mm} \geq 7 + 7 = 14\text{mm}$.

$$e_1 = 17\text{mm} \geq 0,4 \cdot 149 \cdot \sqrt{\frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot 3,6}{355}} + 1 = 12,867\text{mm}.$$

$$u_1 = 7\text{mm} \geq 1,3 \cdot \left(\frac{149}{2} - 7\right) \cdot \frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot 3,6}{355} + 1 = 4,47\text{mm}.$$



Cálculo de émbolo a pandeo. Cilindro simple.

1) Para $\lambda n \geq 100$:

$$F_5 \leq \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J n}{2 \cdot l^2}$$

2) Para $\lambda n < 100$:

$$F_5 \leq \frac{An}{2} \left[Rm - (Rm - 210) \left(\frac{\lambda n}{100} \right)^2 \right]$$

$$F_5 = 1,4 \cdot gn \cdot [C_m \cdot (P+Q) + 0,64 \cdot Pr + Prh]$$

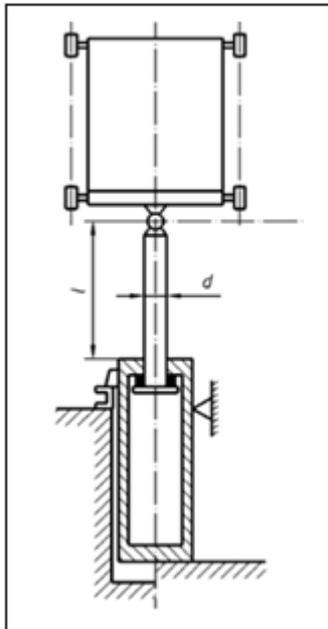


Figura 26: Figura de la norma UNE-EN 83-31.

Siendo:

- d: diámetro externo del pistón.
- l: longitud máxima del pistón sujeta a pandeo.

Al ser el montacargas de suspensión diferencial de tipo 2:1, el pistón tiene que recorrer 2m para que la *U.T.C* recorra 4m, por lo que la longitud sujeta a pandeo es de 2.000mm + 50mm extras (según fabricante):

$$\lambda n = \frac{2.050}{32,8} = 62,5 ; \lambda n < 100$$



**Documento Nº1. MEMORIA:
ANEJO I. Cálculos justificativos.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
40 de 55

$$F_5 = 1,4 \cdot 9,81 \cdot [(2 \cdot 3.430,04) + (0,64 \cdot 34) + 21,22] = 94.806,63N$$

$$F_5 \leq \frac{1.649}{2} \left[550 - (550 - 210) \left(\frac{62,5}{100} \right)^2 \right] = 343.971,09N$$

$$94.692,11N \leq 343.971,09N$$

5.2 Cabezal del pistón.

5.2.1 Poleas y rodamientos.

Una vez dimensionado el conjunto cilindro-pistón se selecciona el cabezal para la sujeción de las poleas. Las poleas se situarán en un eje no giratorio que irá sujeto mediante una pieza a la cabeza del cilindro y serán las encargadas de elevar la U.T.C por medio de la elevación del pistón.

En primer lugar se dimensiona el eje no giratorio en el cual irán sujetas las poleas por medio de un rodamiento. Las tensiones que transmiten las poleas se calculan mediante la expresión:

$$T = t \cdot e^{\alpha\mu}$$

Siendo:

- T: tensión mayor cuando el movimiento de la polea es inminente.

- t: es la tensión en sentido contrario al movimiento (tensión en el lado de la U.T.C, t = 16.824,36N).

- μ : coeficiente de rozamiento. Consideramos acero-acero lubricado (movimiento inminente: estático) $\mu = 0,1$.

- α : ángulo de abrazo entre la cuerda y polea, $\alpha = \pi$ (180°).

$$T = 16.824,36 \cdot e^{0,1 \cdot \pi} = 23.034,34N.$$

En los extremos del eje existe una fuerza cortante de magnitud $(T + t) = 39.858,7N$.

Teniendo en cuenta que la longitud del eje desde el extremo hasta el apoyo es de 97mm y que la fuerza producida por las tensiones de la polea se aplica en el centro de la polea, a 72 mm del apoyo, se calculan los siguientes esfuerzos:

$$\sigma_{\text{flexión}} = \frac{32 \cdot M}{\pi \cdot d^3} \quad (\text{Ec. 6}) \quad \tau = \frac{4 \cdot V}{3 \cdot A} \quad (\text{Ec.7})$$

Se dimensionará con acero AISI 4340, muy utilizado en la fabricación de ejes, material dúctil, se aplica la Teoría de la Energía de Distorsión:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (\text{Ec. 8})$$



En primer lugar se dimensionará sin tener en cuenta el cortante (Ec. 6), y posteriormente se comprobará si el diámetro aguanta los esfuerzos estando actuando el cortante:

$$\sigma_{\text{flexión}} = \frac{32 \cdot M}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 72 \cdot 39.858,7}{\pi \cdot d^3} = \frac{827}{2,5}$$

$$d = 44,541 \text{mm.}$$

Se selecciona el siguiente diámetro más grande comercial, de modo que se comprueban todos los esfuerzos para un diámetro de 45mm:

$$\sqrt{102.904,97 + 3.349,77} = \frac{827}{\eta_s} \text{ (Ec.8)}$$

$$\eta_s = 2,537 > 2,5$$

Se recurre a "Talleres CLED", especializado en la fabricación de poleas de acero, se selecciona la polea modelo A. Este tipo de polea no lleva soldadura por ser alma y garganta la misma pieza, por lo que se evitan tensiones, torceduras, quiebros y alabeos que perjudican la polea y el cable, por estas razones el modelo no se rompe, su recambio es siempre por fatiga. Pueden ser servidas con elementos adicionales como rodamientos.

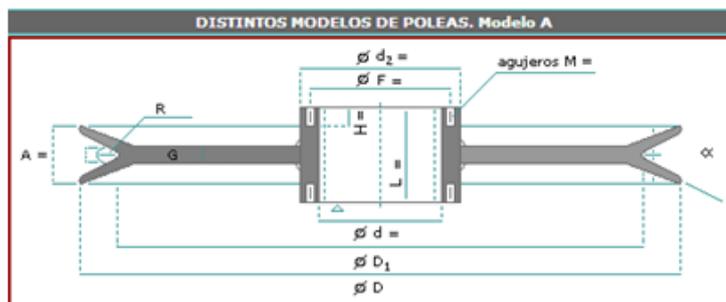


Figura 27: Dimensiones (mm) de las poleas Modelo A – Talleres CLED.

El radio del cable de acero es de R= 9,5mm, por lo que se ha seleccionado la polea de R=10mm. Esta polea tiene las siguientes dimensiones:

A= (mm)	R (mm)	G (mm)	α	D ₁ (mm)	D (mm)	Tensión de cable (N)
40	10	12	45°	300	355	26.800

Tabla 16: Dimensiones de la polea.

Las medidas no especificadas en la tabla se deben a que el fabricante deja la posibilidad de incorporar accesorios como rodamientos.

Se ha seleccionado el rodamiento SL04PP para añadirlo a la polea seleccionada. Este tipo de rodamiento formado por rodillos cilíndricos con ranuras para anillos elásticos se



emplea prioritariamente como soporte para poleas de cables de acero ya que pueden absorber fuerzas radiales y axiales bidireccionales.

Todos los componentes constituyen un único grupo no desmontable. Además se suministran ya engrasados, aunque pueden ser lubricados para su mantenimiento a través de una ranura y unos agujeros presentes en su aro.

Ciñéndose a las dimensiones del eje y poleas seleccionadas, el rodamiento adecuado es el SLO45009-PP:

d (mm)	D(mm)	B(mm)	C(mm)	C ₁ (mm)	D ₁ (mm)	m(mm)	t(mm)	x (mm)
45	75	40	39	34,2	72,8	2,7	0,8	30,5

Tabla 17: Dimensiones del rodamiento.

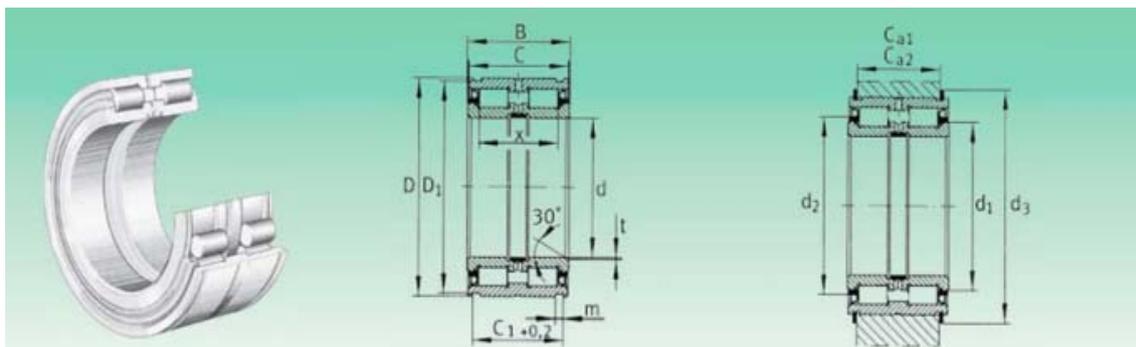


Figura 28: Representación del rodamiento seleccionado. Fabricante NBS.

Este rodamiento es capaz de soportar cargas estáticas de 130.000N y cargas dinámicas de 76.000N, suficiente para la exigencia del montacargas.

5.2.2 Pieza de unión eje-pistón.

Para unir la cabeza del émbolo con el eje que soporta las poleas se ha dimensionado una pieza específica para este caso. Se trata de una pieza de acero en forma de "U" con un agujero pasante para el eje, que va sujeta a la cabeza del émbolo mediante una unión M30 (según fabricante del émbolo):

Como es una pieza específica para el proyecto las dimensiones serán las que más se adapten al caso. La cara inferior tiene unas dimensiones de 110x100x24mm con un agujero en su centro para la unión con émbolo (M30). Por otro lado las caras laterales tienen unas dimensiones de 100x100x24mm con un agujero pasante en su centro preparado para el eje de 47mm de diámetro, debido a un ensanchamiento que posee el eje para evitar desplazamientos de las poleas.

Para su dimensionado se ha utilizado el programa de análisis de elementos finitos *MEFI*. Para el cálculo de los esfuerzos que sufre la pieza se ha considerado que la superficie de



la semicircunferencia interior del agujero pasante de las caras laterales soporta todo el esfuerzo cortante, considerando además restricciones de apoyo en la unión de la base (cara inferior) con la cara lateral, como se aprecia en la siguiente figura:

Cara lateral de la placa (estado 1)

MEFI

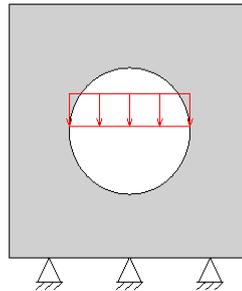


Figura 29: Hipótesis de carga y restricciones aplicadas.

Además de este estado de carga, se ha de añadir el momento flector que existe debido a las poleas, obteniendo de este modo el esfuerzo total (axil y flexión). Siendo la sección crítica la sección donde se encuentra el agujero ($\sigma_e(\text{agujero}) > \sigma_e(\text{unión})$), se aplicará la Teoría de la Energía de Distorsión (Ec.8):

- σ_{axil} :

Cara lateral de la placa (estado 1)

Tensión equivalente von Mises

MEFI

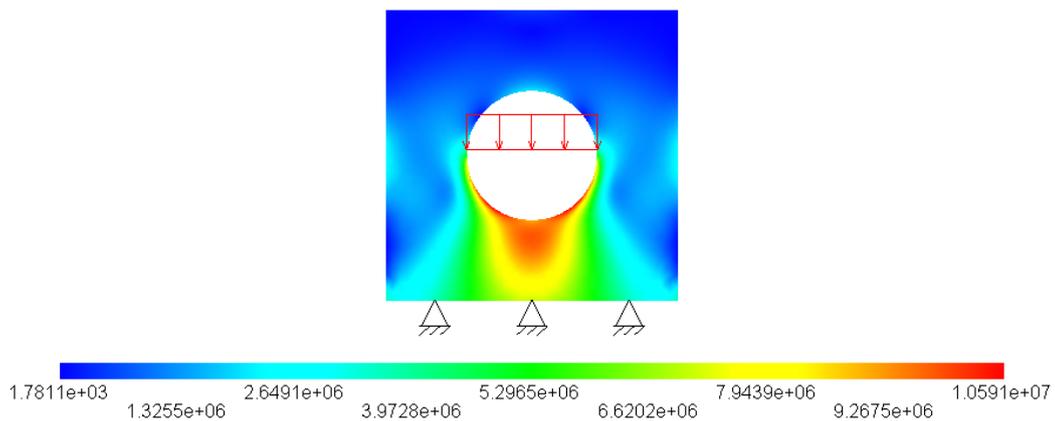


Figura 30: T.E.V.M (N/m²) dada por el programa MEFI.

Siendo el $\sigma_{\text{axil}} = 10,591\text{MPa}$.



- σ flexión:

La fuerza que produce el momento está situada a 72mm (aplicada en el centro de la polea) el esfuerzo de flexión existente en la sección del agujero:

$$\sigma_{\text{flexión}} = \frac{c \cdot M}{I} = \frac{(24/2) \cdot 72 \cdot 39.858,7}{55 \cdot \frac{24^3}{12}} = 543,53 \text{ MPa}$$

- σ Total

$$\sigma_{\text{Total}} = \sigma_{\text{ax}} + \sigma_{\text{flex}} = 554,11 \text{ MPa.}$$

Aplicando la T.E.D:

$$\sigma_e = \sigma_{\text{Total}} = 554,11 = \frac{S_y}{\eta}$$

Para un factor de seguridad de 2.5 y despejando S_y :

$$S_y \geq 1.385,275 \text{ MPa.}$$

Se ha de utilizar un acero con un límite de fluencia igual o superior a 1.385,275 MPa. Actualmente existen una gran gama de aceros con estas características, se ha seleccionado el acero AISI 4140 (templado y revenido a 700°C) con límite de fluencia de 1.460MPa:

$$\eta_s = \frac{1.460}{554,11} = 2,63$$

5.3 Selección de la central hidráulica.

5.3.1 Selección del motor y central hidráulica.

La velocidad de subida del montacargas no debe ser superior a 0,3 m/s, por lo que la velocidad máxima de subida del émbolo debe de ser 0,15 m/s, se debe calcular el caudal necesario para que el émbolo se mueva a esta velocidad. Teniendo en cuenta la superficie del émbolo, así como el catálogo proporcionado por el fabricante del grupo motor, tras sucesivas iteraciones, se calcula el caudal para una velocidad del émbolo de 0,12 m/s:

$$V = \frac{Q}{S}$$
$$Q = V \cdot S = 0,12 \cdot 9,5033 \cdot 10^{-3} = 1,14039 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$
$$Q \cong 68,42 \text{ l/min.}$$

La selección del motor se lleva a cabo teniendo en cuenta el caudal requerido y la presión estática a plena carga. El fabricante proporciona una expresión para determinar la potencia de su producto:

$$P = \frac{P_b \cdot Q}{\varphi \cdot 450} =$$

Siendo:

- P_b : presión a plena carga (bar).

- Q : caudal en l/min.



- ϕ : pérdidas en la instalación (0.78-0.80).

- P: Potencia del motor en CV.

Por lo que la potencia requerida es de:

$$P = \frac{36 \cdot 68,42}{0,78 \cdot 450} = 7,017CV.$$

Se debe escoger un motor con una potencia igual o superior. Se expone a continuación la tabla: “*Motores trifásicos, 2 polos, 50Hz*” donde se refleja las siguientes relaciones:

- 1) Diámetro émbolo - Caudal nominal de la bomba – Velocidad del émbolo.
- 2) Presión estática máxima – Caudal nominal de la bomba – Potencia.

		Caudal nominal de la bomba (l/min)																	
		25	35	55	75	100	125	150	180	210	250	300	360	430					
diámetro émbolo (mm)	60	0.14	0.20	0.30	0.42	0.60	0.70								velocidad émbolo (m/s)				
	70	0.10	0.15	0.22	0.31	0.42	0.52	0.61	0.73										
	80	0.08	0.11	0.17	0.25	0.31	0.40	0.47	0.58	0.67	0.8								
	90	0.06	0.09	0.13	0.18	0.26	0.31	0.37	0.44	0.52	0.60	0.75							
	100	0.05	0.07	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.37	0.43	0.52	0.62	0.73						
	110		0.06	0.09	0.12	0.17	0.20	0.25	0.31	0.36	0.43	0.52	0.62	0.75					
	120		0.05	0.08	0.10	0.15	0.18	0.20	0.25	0.31	0.36	0.43	0.52	0.62					
	130			0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.26	0.31	0.37	0.45	0.52					
	150			0.05	0.06	0.09	0.10	0.13	0.15	0.20	0.23	0.27	0.31	0.40					
Presión Estática Máxima (BAR)	20					6	8	10.5	13	15	20	27	33	40	54	Potencia Motor (CV)			
	21					6	8	10.5	13	15	20	27	33	40	54				
	22					6	8	10.5	13	15	20	27	33	40	54				
	23		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
	24		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
	25		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
	26		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
	27		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
	28		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
	29		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
	30		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
	31		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
	32		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
	33		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
	34		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
	35		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
	36		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54				
37		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54					
38		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54					
39		2.7	4	6	8	10.5	13	15	17.5	20	27	33	40	54					
40	4																		

Tabla 18: Ficha técnica de los motores del proveedor “MPAscensores”.

En la relación 1 se escoge el diámetro del émbolo de 110mm y caudal requerido 75l/min obteniendo una velocidad nominal del émbolo en 0,12 m/s, lo cual dejaría con una velocidad de 0,24 m/s a la U.T.C, que es inferior a la máxima permitida y por lo tanto válida.

En la relación 2, para el caudal de 75 l/min y para la presión estática en la cual se trabaja (36 BAR), nos situamos en un motor de 8CV de potencia.



Una vez seleccionado la potencia del motor, se recurre a la tabla del *ANEJO II: Apartado 5.1*, donde se exponen las intensidades nominales así como las intensidades de arranque directo para motores trifásicos de 50Hz.

Una vez establecido el motor necesario se selecciona la central hidráulica, formada por el conjunto motor-bomba, que se encuentra introducido en el depósito de aceite, el grupo de válvulas, que regula de manera electro-mecánica el caudal de aceite y una llave de paso. Se ha escogido el modelo de central hidráulica 1 1/4", capaz de aportar como máximo un caudal de 210 l/min. Las dimensiones y características de la central hidráulica se exponen en el *ANEJO II: Apartado 5.3*.

5.3.2 Fluido hidráulico.

En cuanto a la elección del fluido hidráulico, se ha seleccionado un fluido a base de aceites minerales parafinicos altamente refinados, Grado ISO 68 con las siguientes características técnicas:

Índice de viscosidad	>150
Densidad a 15°C(gr/cc)	0.875
Punto de congelación (°C)	<(-35°C)
Punto de inflamación (°C)	>210
Viscosidad (40°C)	62-74
Viscosidad (100°C)	9.3-11.3

Tabla 19: Características del fluido hidráulico seleccionado.

Entre las propiedades de este fluido hidráulico se encuentran:

- Alto poder antidesgaste.
- Resistencia a la formación de depósitos.
- Protección contra la herrumbre y corrosión.
- Excelente comportamiento frente a materiales utilizados en juntas y retenes.

5.3.3 Número de arranques por hora.

Una vez seleccionado el conjunto motor-bomba, se calculara el número de conexiones/hora, es decir, el número de arranques de motor que puede soportar sin llegar a la temperatura de sobrecalentamiento del aceite.

Para ello el fabricante facilita la expresión:

$$N = \frac{450000 \cdot (E1 + E2 \cdot Lc + E3 \cdot Lt) \cdot R}{(P + Q)(Lr + 3.5)} \quad (Ec.9)$$



Siendo:

- E1, E2 y E3: coeficientes que dependen del tipo de depósito, diámetro del cilindro y tipo de tubería (*ANEJO II: Apartado 5.4*).
- P + Q: peso de cabina más carga nominal = 3.430,04kg.
- Lr: Recorrido del montacargas = 4m.
- Lc: Longitud del cilindro = 2.243m.
- Lt: Longitud de la tubería de conducción. Suponiendo entrada inferior del fluido al cilindro, que la entrada está situada a 0.5m de fondo y armario pegado al cerramiento exterior = 1m.
- R: Coeficiente de corrección por temperatura cuarto de máquinas (suponiendo 25°C).

$$R = 1 - (T_{cm} - 30) \cdot 0.02 = 1.1$$

Sustituyendo en la Ec.9:

$$N = \frac{450000 \cdot (0,742 + 0,354 \cdot 2,243 + 0,024 \cdot 1) \cdot 1,1}{(3.430,04)(4 + 3,5)} = 30,01 \cong 30$$

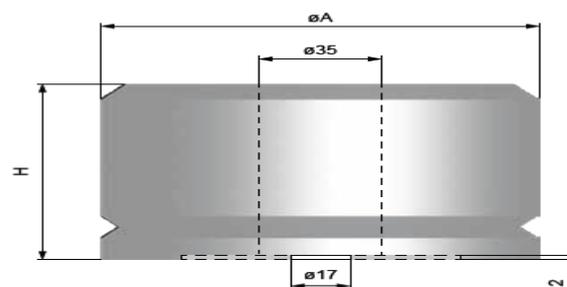
Lo que significa 15 arranques de motor por hora, suficiente para el uso esperado del montacargas.

6. Amortiguadores de fondo

El montacargas debe estar previsto de amortiguadores para detener la unidad transportadora de carga según la normativa vigente. En este caso estarán situados en el foso, al final del recorrido.

Se ha optado por la elección de dos amortiguadores tipo elástico, compuestos por un cilindro de poliuretano, óptimo para bajas velocidades. Se ha descartado el uso de amortiguadores de acumulación de energía por ser de uso más adaptado a altas velocidades y el uso de amortiguadores hidráulicos, ya que son más complejos, costosos y requieren un alto mantenimiento.

Se ha seleccionado un tope amortiguador para montacargas de tipo buffer (*Weforma*) con las siguientes características y dimensiones:





Tipo	A[mm]	H[mm]	Velocidad admitida (m/s)	Peso máx. [kg]
WAP-125-080	125	80	0,5	4.000

Tabla 20: Dimensiones y características del tope-Amortiguador seleccionado. Catálogo fabricante.

Los amortiguadores poseen un agujero pasante de 17mm de diámetro, por lo que se colocará un taco de encastre *W-ED /A4, M16* fabricado en acero inoxidable (AISI 316)(empresa *WURTH*) para evitar posibles desplazamientos horizontales.

7. Pilares.

La *U.T.C* recorre la distancia entre los pisos siendo ésta de 4m, por lo que las guías deben de tener una longitud extra inferior y superior. Las guías de este proyecto no están suspendidas sino que unidas a dos pilares.

Estos pilares no trabajan estructuralmente sino que sirven de soporte para las guías. Se ha seleccionado un pilar metálico de tipo HEB 200 de acero S275, ya que para la formación de la estructura y la placa de anclaje aporta mayor seguridad, colocado verticalmente, de 5m de longitud (4m de recorrido nominal más 1m adicional). Las características geométricas y mecánicas del perfil escogido se muestran en las siguientes tablas:

Altura del perfil (h)	200
Ancho del ala (b)	200
Espesor del alma (e)	9
Espesor de las alas (e₁)	15
Altura de la parte plana del alma (h₁)	134
Peso (kg/m)	61,3

Tabla 21: Propiedades geométricas del perfil seleccionado. Dimensiones en mm.

Área de la sección (A - cm²)	78,1
Momento de inercia eje Y (I_y - cm⁴)	5.700
Módulo resistente eje Y (W_y - cm³)	570
Radio de giro eje Y (r_y - cm)	8,54
Momento de inercia eje Z (I_z - cm⁴)	2.000
Módulo resistente eje Z (W_z - cm³)	200
Radio de giro eje Z (r_z-cm)	5,07

Tabla 22: Propiedades estáticas del perfil seleccionado.

Las guías, de anchura de 140mm, se colocarán en el ala de las vigas, por lo que, colocándose centradas, dejaría un margen de 30mm en ambos lados.



**Documento N°1. MEMORIA:
ANEJO I. Cálculos justificativos.**

Diseño de un montacargas con capacidad nominal de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
49 de 55

La estructura formada por los perfiles HEB 200 se expone en el *ANEJO II: Apartado 6*. Se dimensionan los perfiles para que soporten su propio peso y además la mitad del peso del perfil colocado horizontalmente en la parte superior de la estructura y el peso de las guías que es de 46 kg por metro. La longitud total de cada una de las guías es de 4500mm.

Suponiendo que no actúan momentos flectores ni esfuerzos cortantes y que solo trabaja a compresión cada pilar deber soportar:

$$N = 597,8 \text{ kg.}$$

El pilar irá unido al hormigón por medio de una placa de anclaje con pernos sin cartelas. Para dimensionar la placa se utiliza la siguiente expresión:

$$\sigma_b = \frac{N}{a \cdot b} < \text{Resistencia del hormigón.}$$

Esta expresión se usa para el predimensionado de la placa cuando el pilar solo trabaja a compresión sin excentricidad, aunque es cierto que existe una pequeña excentricidad debido a que las guías están situadas a 100mm del centro del pilar, pero debido al poco peso de éstas, se ha optado por simplificar la carga a compresión sin excentricidad, además se ha supuesto el uso del hormigón estructural más común en construcción, HA-25, con resistencia características de 250kg/cm².

$$\sigma_b = \frac{597,8 \text{ kg}}{30\text{cm} \cdot 30\text{cm}} = 0,66 \text{ kg/cm}^2 < 250 \text{ kg/cm}^2.$$

El valor es muy pequeño en relación a la resistencia del hormigón, por lo que es válido.

Para el cálculo del espesor de la placa (e) debe verificarse la condición:

$$\sigma_e \leq \sigma_{adm} \text{ (Ec.7)}$$

Siendo:

- σ_e : Tensión equivalente. Sea el espesor de la placa e , el módulo resistente de la sección es $W = (b \cdot e^2)/6$ (Secc. Cuadrada), la tensión normal valdrá:

$$\sigma = \frac{N}{W}$$

- σ_{adm} : Tensión admisible del material con el que está fabricado la placa (acero S275) con un factor de seguridad de 2,5:

$$\sigma_{adm} = 1.121,3 \text{ kg/cm}^2$$

Se sustituyen datos en la Ec.10 y despejando e :

$$\frac{597,8 \text{ kg}}{\frac{30 \cdot e^2}{6}} = 1.121,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$e \geq 0,326 \text{ cm}$$



La placa ha de tener un espesor mínimo de 3,26mm para soportar los esfuerzos, por lo que cualquier espesor superior los resistirá. Además el espesor de la placa debe de ser compatible en soldadura con los espesores de alma y ala:

HEB 200	Espesor (mm)	Garganta Máxima (mm)	Garganta Mínima (mm)
Alma	9	6	3,5
Ala	15	10	5

Tabla 23: Valores límite de la garganta de una soldadura en ángulo.

Tomando como espesor de garganta (a):

$$a = e_{\min} \cdot 0,7$$

Siendo e_{\min} el espesor más pequeño de las piezas a unir, se ha seleccionado un espesor de la placa de anclaje de 8mm, por lo que:

$$a = 0,7 \cdot 8 = 5,6\text{mm}$$

Este espesor de garganta está entre los valores límite del alma y ala, por lo que es un espesor válido.

Una vez determinadas las dimensiones de la placa: 300x300x8mm, se ha de determinar la longitud de anclaje de los pernos. Se seleccionan barras corrugadas B-400-S homologadas con prolongación recta. El cálculo de la prolongación recta (*ANEJO II. Apartado 7.1*) se puede calcular con la expresión:

$$l_{bl} = m \cdot \sigma^2 \leq \frac{F_{yk}}{20} \cdot \sigma$$

Siendo:

- σ : diámetro de la barra, en cm.
- m : coeficiente numérico en función del tipo de acero y hormigón. *ANEJO II. Apartado 7.2.*
- F_{yk} : límite elástico garantizado del acero (400 N/mm²).

Para un diámetro de barra corrugada de 10mm:

$$l_{bl} = 12 \cdot 1^2 \leq 20$$

Se escoge la longitud más desfavorable, siendo ésta de 20cm. El anclaje queda formado por una placa de 300x300x8mm, con 4 redondos de 10mm de diámetro separados una distancia de 250mm con una profundidad de 20cm:

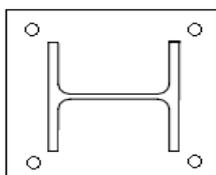


Figura 31: Disposición de la placa de anclaje.



8. Instalación eléctrica.

Para el correcto funcionamiento del montacargas es necesario un conjunto de elementos tanto eléctricos como electrónicos, que determinarán el sistema de control de éste. El conjunto de la instalación eléctrica debe estar dispuesto de manera que se evite la puesta en funcionamiento del montacargas en una situación potencialmente peligrosa tanto personal como material.

En la *Figura 33* se presente el esquema unifilar general de la instalación eléctrica, que se complementará con otra serie de dispositivos.

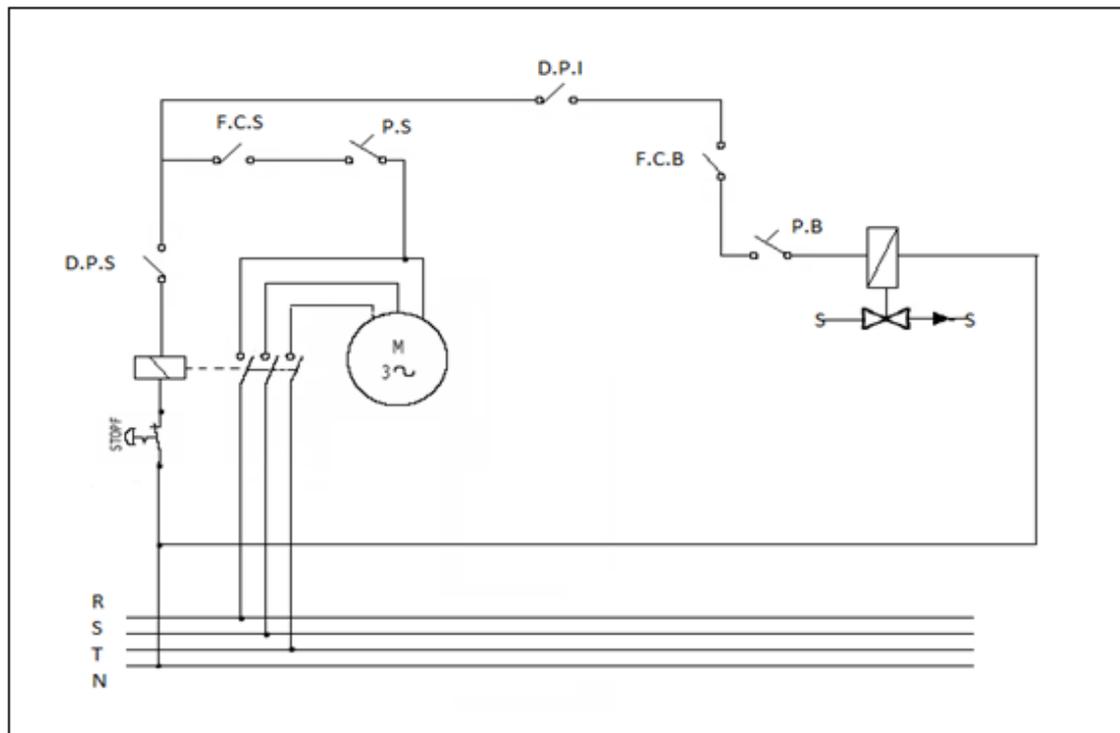


Figura 32: Esquema unifilar general de la instalación eléctrica del montacargas.

En el esquema anterior aparecen los siguientes dispositivos:

- Finales de carrera, superior e inferior: están colocados en las guías y actúan cuando el montacargas excede su recorrido nominal.
- Dispositivos de puerta, superior e inferior: están colocados en las puertas de embarque. Estos dispositivos evitan la puesta en marcha del montacargas si alguna de las puertas no está cerrada.
- Pulsador, superior e inferior: pulsadores de subida y bajada. No tendrán respuesta si alguno de los dispositivos anteriores no actúa.
- Parada de emergencia: este dispositivo detiene el funcionamiento del montacargas en caso de emergencia.



La combinación de los distintos dispositivos presentados se realiza mediante un cuadro de maniobras, una instalación eléctrica en el hueco del ascensor y una instalación eléctrica en la *U.T.C.*

8.1 Instalaciones eléctricas premontadas (I.E.P).

Para la instalación eléctrica del montacargas se acude a empresas del sector que proporcionan este tipo de instalaciones y dispositivos electrónicos, adaptándose al proyecto, se ha escogido la empresa *EDEL S.L* que ofrece una I.E premontada completa con: cuadro de maniobras (seleccionado por el cliente), instalación en hueco y *U.T.C* y botonera (seleccionada por el cliente).

8.1.1 Cuadro de maniobras.

En apartados anteriores se ha seleccionado el grupo motor-bomba del montacargas, compuesto por un motor trifásico 50 Hz de 8CV de potencia de arranque directo, por lo que el cuadro de maniobras se debe adaptar a éste.

El cuadro de maniobra contiene las placas de control y es el elemento en el cual se conexionan las acometidas del motor y del edificio, así como los dispositivos del hueco y *U.T.C.*

Se ha seleccionado el cuadro: *EDEL K3-74233. Maniobra Óleo. Arranque directo. Contactores 50A.* Las características técnicas completas del cuadro se exponen en el *ANEJO II: Apartado 8.1*, pero principalmente:

Permite alimentación trifásica con contactores de 50A, por lo que es compatible con el motor seleccionado tanto en *intensidad nominal* como en *intensidad de arranque directo* (*ANEJO II: Tabla 2*). También permite el rescate mediante baterías de 12V, especificación técnica del motor seleccionado, y funciona con maniobra tipo "Simplex".



Figura 33: Cuadro de maniobras *EDEL K3-74233. Maniobra óleo.*



En cuanto a la maniobra “Simplex”, la utilización del montacargas está especificada para una sola parada, por lo que para el funcionamiento en maniobra de subida y bajada, una vez pulsado el nivel deseado la *U.T.C* se dirigirá al nivel seleccionado directamente, advirtiendo de la presencia de ésta a través de una señal luminosa.

8.1.2 Instalación en el hueco.

La instalación eléctrica del hueco que ofrece *EDEL* se compone principalmente de cables con conectores de conexión rápida para series y pulsadores separados, caja con stop de foso, enchufe y conmutador de luz de hueco, canal portacables, accesorios de fijación para canal y soportes de mangueras planas.

Dentro de la instalación del hueco se encuentra las cuerdas de maniobra: conectan el cuadro de maniobra con la caja de revisión; la manguera de acometida al cuadro: conecta el cuadro de maniobra con la caja de protecciones; la manguera de acometida al motor: conecta el cuadro de maniobra con la central hidráulica.

8.1.3 Instalación en la *U.T.C*.

Esta instalación incluye el paracaídas instantáneo (exigido por la norma que rige el proyecto), la caja de revisión, paradores electromecánicos de final de carrera para ambos niveles, paradores electromecánicos de cambio de velocidad, magnetorruptor, kit de posicionamiento de la *U.T.C* por imanes, conjunto de soportes para las distintas mangueras, accionadores y accesorios de fijación.

Dentro de los elementos que componen esta instalación está la caja de revisión, que contiene los elementos de control de la maniobra y sirve como caja de conexiones.

Los paradores electromecánicos de cambio de velocidad, que garantizan el cambio de velocidad en las paradas extremas, y los imanes de posicionamiento de la *U.T.C*, que constituyen el sistema posicionamiento de ésta. Ambos dispositivos se colocan en las guías y son un complemento a los finales de carrera.

8.1.4 Cuadro de mando.

Dadas las especificaciones del montacargas, las cuales dictan que éste es solo accesible para carga, se ha dispuesto la colocación de un mando exterior *EDEL*, uno por planta, ya que no es factible ni necesario mandos instalados dentro de la *U.T.C*.

Este mando de montaje para el usuario contiene pulsador de subida, bajada y común, conmutador normal-inspección y botón de stop. Además es un dispositivo para ser utilizado en conjunto con la placa *EDEL*:



Figura 34: Cuadro de mando de planta seleccionado.



8.2 Funcionamiento.

El cuadro de maniobra es el que rige el proceso automático del montacargas por lo que todos los elementos han de estar sincronizados con éste. En la *Figura 34* se presenta el esquema general de conexión de los elementos con el cuadro de maniobra:

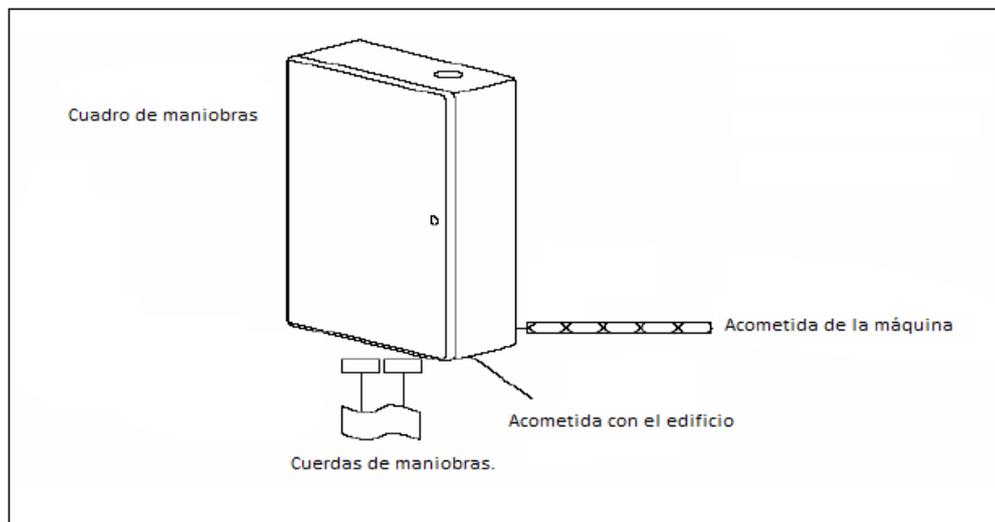


Figura 35: Conexión cuadro-elementos.

Dentro del esquema general podemos distinguir tres conexiones principales:

- Conexión cuadro-máquina: permite la conexión del cuadro de maniobras con las válvulas de la central y el motor trifásico.
- Conexión cuadro-acometida: permite la alimentación del cuadro y de la instalación.
- Conexión con las cuerdas de maniobra: estas cuerdas conectan eléctricamente el cuadro de maniobra con la *U.T.C.*, con la caja de revisión, mando de montaje y otros elementos. De manera que el cuadro de maniobras estará conectado con la caja de revisión y, ésta con los elementos y dispositivos colocados en el hueco y guías.

Una vez realizadas las conexiones se necesita un magnetorruptor para comunicar a la maniobra la posición del montacargas.

Este elemento está gestionado con un microcontrolador mono chip de alta precisión. El sistema funciona por captación y discriminación de la polaridad del campo de imanes colocados a lo largo del hueco (guía).

El magnetorruptor es adaptable al funcionamiento para ascensores hidráulicos con un tiempo de actuación 120ms.

A continuación se expone un esquema general de las conexiones de los elementos que forman la instalación eléctrica premontada descrita:

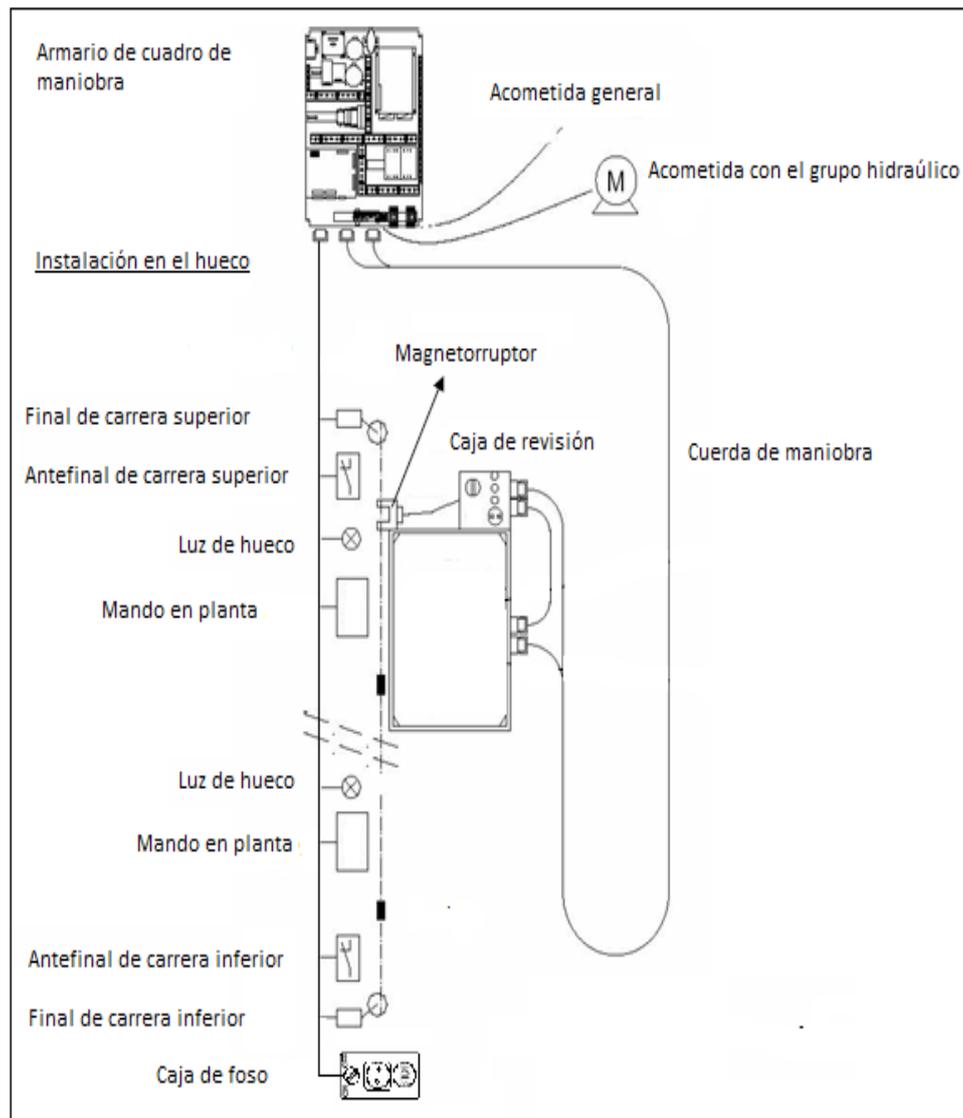


Figura 36: Esquema general de conexiones y elementos de la I.E premontada.

El paracaídas está colocado en la U.T.C.

La empresa seleccionada también incluye dentro de sus servicios el cableado necesario para realizar la instalación.



1. Estructura de seguridad. Pasamanos.

1.1 T.E.V.M y diagramas de esfuerzos.

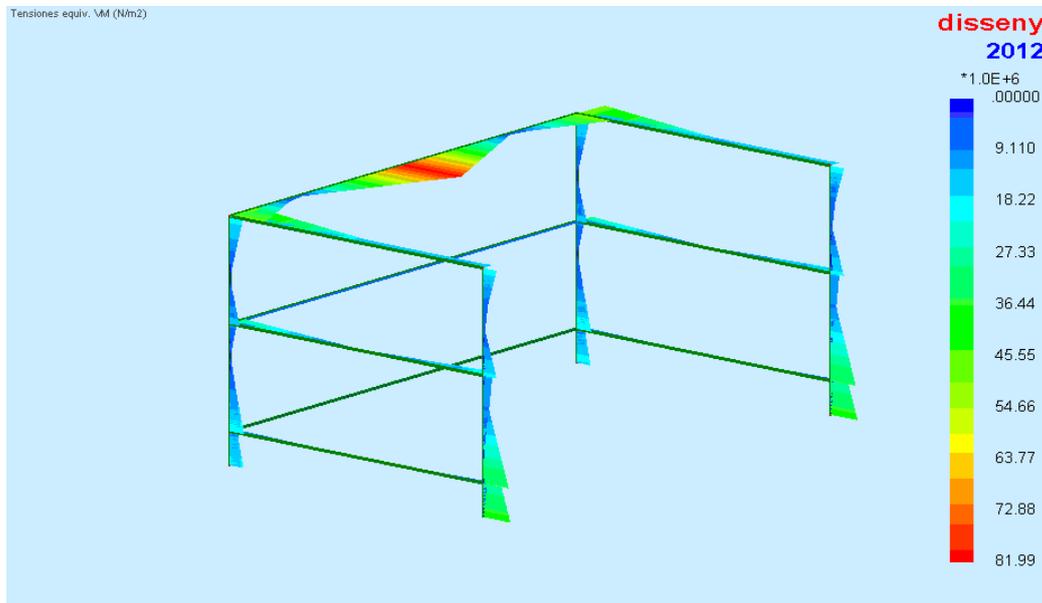


Figura 1: Estructura de seguridad: T.E.V.M (N/m²).

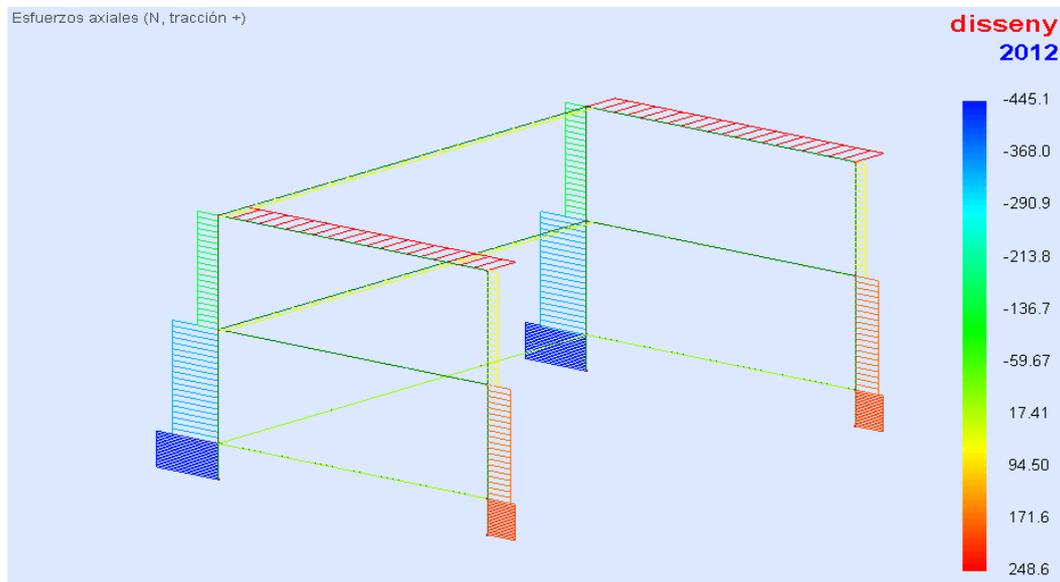


Figura 2: Diagrama de esfuerzos axiales (N).

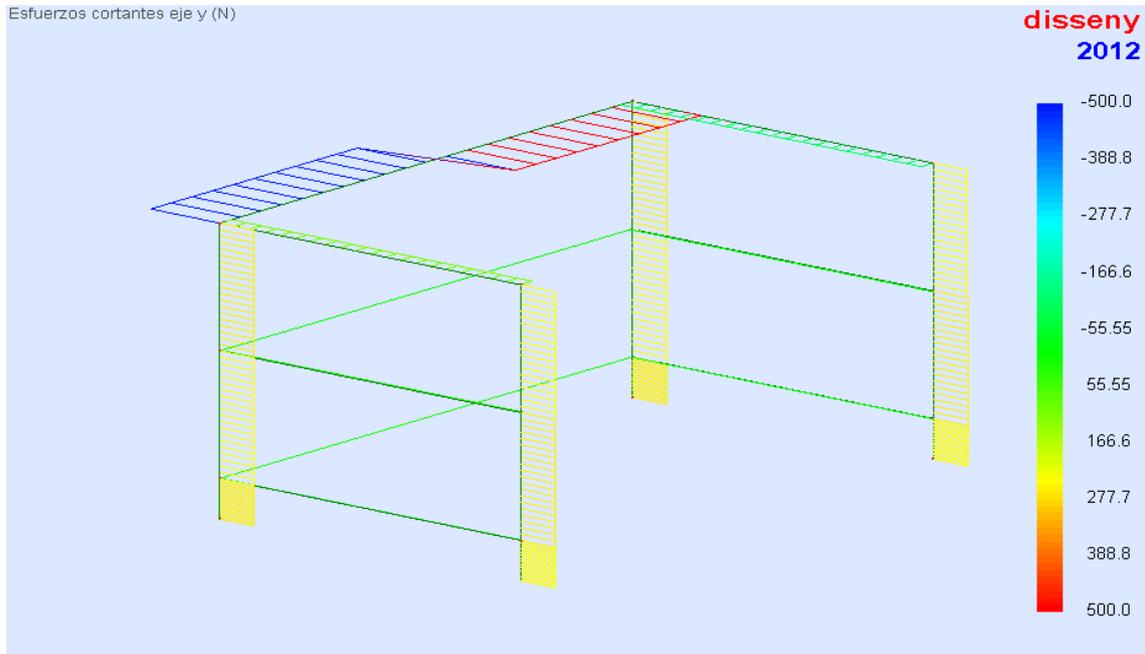


Figura 3: Diagrama de esfuerzos cortantes según eje Y (N).

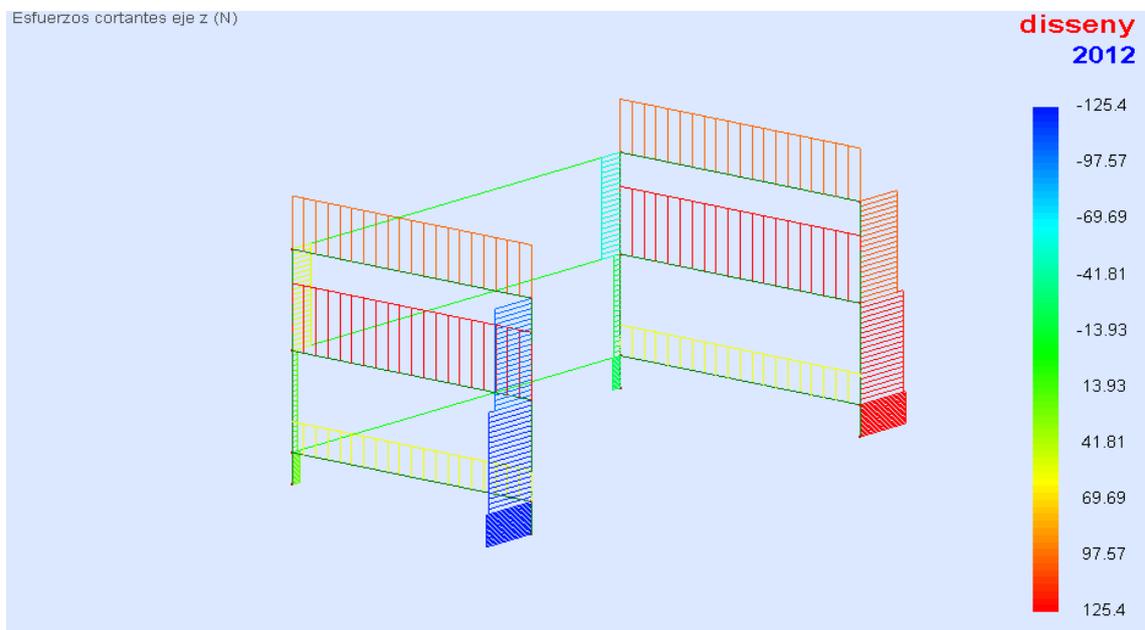


Figura 4: Diagramas de esfuerzos cortantes según eje Z (N).

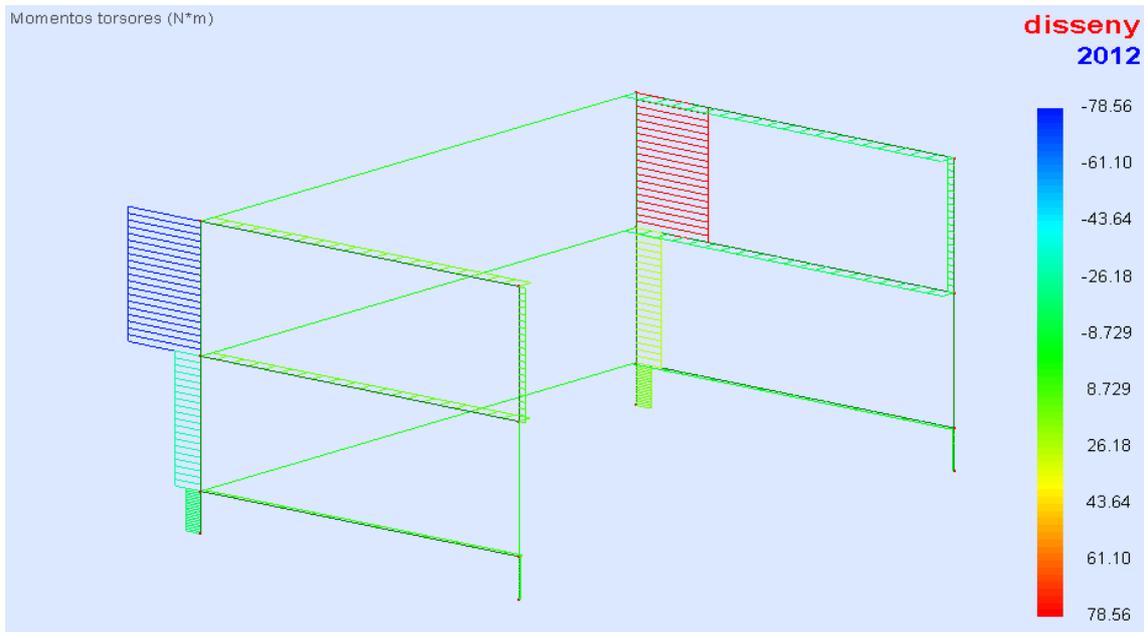


Figura 5: Diagrama de Momentos torsores (N-m).

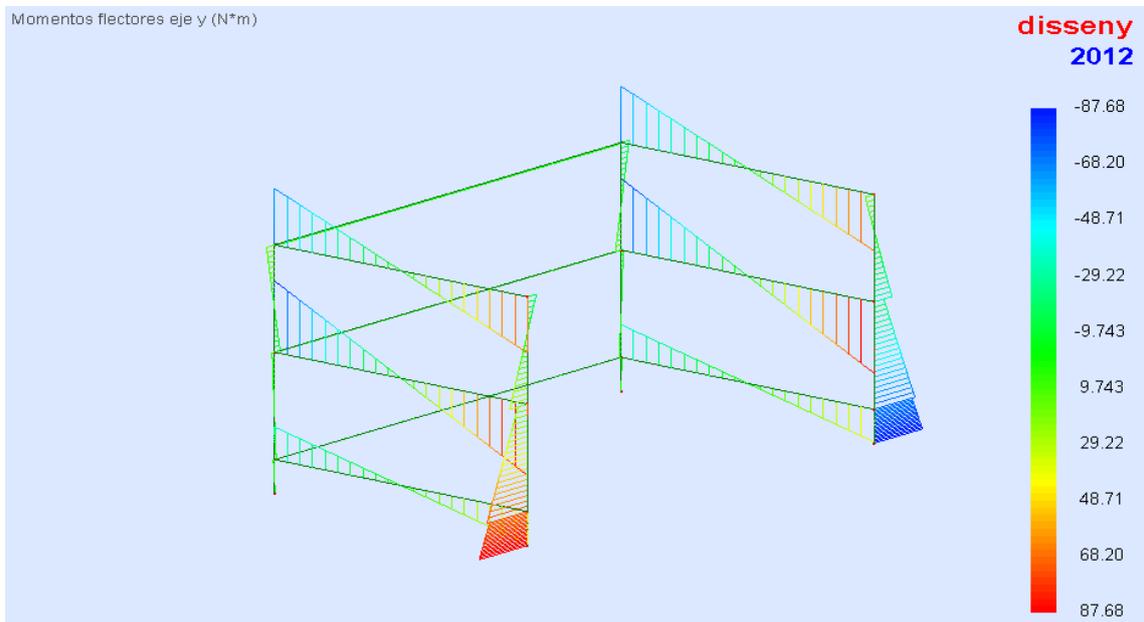


Figura 6: Diagrama de Momentos flectores según eje Y (N-m).



2. Bastidor inferior.

2.1 Esfuerzos sobre todos los elementos del bastidor.

Elem	Nudo	x	Nx	Vy	Vz	Mx	My	Mz
1	1	0.000E+00	441.979E+00	-38.409E+00	684.548E+00	57.106E+00	-586.429E+00	32.164E+00
	2	700.000E-	441.979E+00	-38.409E+00	-752.105E+00	57.106E+00	-610.074E+00	5.277E+00
2	1	0.000E+00	38.409E+00	441.979E+00	-905.489E+00	-586.429E+00	-57.106E+00	-32.164E+00
	5	460.000E-	38.409E+00	441.979E+00	-1.850E+03	-586.429E+00	-690.771E+00	171.147E+00
3	2	0.000E+00	193.124E+00	102.422E+00	1.564E+03	-62.401E+00	-679.139E+00	-37.165E+00
	3	700.000E-	193.124E+00	102.422E+00	127.407E+00	-62.401E+00	-87.126E+00	34.531E+00
4	2	0.000E+00	-140.832E+00	-248.854E+00	-2.376E+03	-69.065E+00	119.507E+00	42.442E+00
	6	460.000E-	-140.832E+00	-248.854E+00	-3.321E+03	-69.065E+00	-1.191E+03	-72.031E+00
5	3	0.000E+00	102.422E+00	-193.124E+00	8.676E+00	87.126E+00	-62.401E+00	34.531E+00
	7	460.000E-	102.422E+00	-193.124E+00	-935.410E+00	87.126E+00	-275.550E+00	-54.306E+00
6	4	0.000E+00	20.880E+03	-110.392E+00	-7.484E+03	4.747E+03	-6.468E+03	6.616E+00
	5	65.000E-0	20.880E+03	-110.392E+00	-7.484E+03	4.747E+03	-6.955E+03	-559.803E-03
7	5	0.000E+00	19.929E+03	-84.178E+00	5.302E+03	-150.313E+00	-4.450E+03	18.358E+00
	6	700.000E-	19.929E+03	-84.178E+00	3.865E+03	-150.313E+00	-1.241E+03	-40.567E+00
8	6	0.000E+00	-440.894E+00	-33.457E+00	3.524E+03	-7.531E+00	-1.816E+03	13.618E+00
	7	700.000E-	-440.894E+00	-33.457E+00	2.087E+03	-7.531E+00	148.108E+00	-9.802E+00
9	5	0.000E+00	12.196E+00	-509.615E+00	-14.742E+03	1.919E+03	4.207E+03	152.229E+00
	9	460.000E-	12.196E+00	-509.615E+00	-15.687E+03	1.919E+03	-2.792E+03	-82.194E+00
10	6	0.000E+00	-91.886E+00	261.858E+00	4.622E+03	74.935E+00	-1.295E+03	-64.126E+00
	10	460.000E-	-91.886E+00	261.858E+00	3.678E+03	74.935E+00	614.187E+00	56.328E+00
11	7	0.000E+00	68.965E+00	247.770E+00	1.099E+03	-60.983E+00	-283.081E+00	-64.108E+00
	11	460.000E-	68.965E+00	247.770E+00	155.287E+00	-60.983E+00	5.491E+00	49.866E+00
12	8	0.000E+00	0.000E+00	1.689E-12	-15.945E+03	-833.555E-15	1.594E+03	-142.886E-15
	31	100.000E-	0.000E+00	1.689E-12	-15.945E+03	-833.555E-15	95.039E-06	14.766E-15
13	9	0.000E+00	509.642E+00	5.033E+00	115.279E+00	-261.012E+00	-325.215E+00	-11.047E+00
	10	700.000E-	509.642E+00	5.033E+00	-1.321E+03	-261.012E+00	-747.348E+00	-7.523E+00
14	10	0.000E+00	247.787E+00	-93.450E+00	1.806E+03	22.622E+00	-822.291E+00	32.498E+00
	11	700.000E-	247.787E+00	-93.450E+00	369.261E+00	22.622E+00	-60.980E+00	-32.917E+00
15	12	0.000E+00	-13.984E-12	488.498E-15	-15.740E+03	-4.273E-12	1.584E+03	-9.270E-15
	32	100.000E-	-13.984E-12	488.498E-15	-15.945E+03	-4.273E-12	94.809E-06	40.523E-15

Ilustración 1: Esfuerzos sobre elementos (N)- (N·m)



Documento N°1. MEMORIA.
ANEJO II.Figuras, tablas y catálogos
 Diseño de un montacargas con capacidad nominal
 de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
5 de 22

Elem	Nudo	x	Nx	Vy	Vz	Mx	My	Mz
16	10	0.000E+00	6.597E+00	2.537E-03	471.069E+00	-8.177E-03	330.552E+00	16.308E+00
	14	460.000E-03	6.597E+00	2.537E-03	-473.017E+00	-8.177E-03	330.104E+00	16.309E+00
17	11	0.000E+00	-24.484E+00	-17.165E-03	472.033E+00	-2.884E-03	28.113E+00	16.948E+00
	15	460.000E-03	-24.484E+00	-17.165E-03	-472.053E+00	-2.884E-03	28.109E+00	16.941E+00
18	12	0.000E+00	7.163E+00	27.299E-03	15.764E+03	-1.585E+03	-4.391E+03	-71.138E+00
	13	120.000E-03	7.163E+00	27.299E-03	15.764E+03	-1.585E+03	-2.499E+03	-71.135E+00
19	13	0.000E+00	509.575E+00	-5.050E+00	119.661E+00	261.228E+00	-328.317E+00	11.052E+00
	14	700.000E-03	509.575E+00	-5.050E+00	-1.317E+03	261.228E+00	-747.383E+00	7.517E+00
20	14	0.000E+00	247.700E+00	93.448E+00	1.806E+03	-22.603E+00	-822.325E+00	-32.498E+00
	15	700.000E-03	247.700E+00	93.448E+00	369.315E+00	-22.603E+00	-60.976E+00	32.915E+00
21	13	0.000E+00	12.213E+00	509.603E+00	15.581E+03	-1.914E+03	-2.761E+03	-82.187E+00
	17	460.000E-03	12.213E+00	509.603E+00	14.637E+03	-1.914E+03	4.189E+03	152.230E+00
22	14	0.000E+00	-91.902E+00	-261.873E+00	-3.676E+03	-74.950E+00	613.934E+00	56.324E+00
	18	460.000E-03	-91.902E+00	-261.873E+00	-4.620E+03	-74.950E+00	-1.294E+03	-64.137E+00
23	15	0.000E+00	68.964E+00	-247.717E+00	-155.253E+00	60.973E+00	5.506E+00	49.856E+00
	19	460.000E-03	68.964E+00	-247.717E+00	-1.099E+03	60.973E+00	-283.050E+00	-64.094E+00
24	16	0.000E+00	20.877E+03	110.128E+00	-7.379E+03	-4.731E+03	-6.469E+03	-6.596E+00
	17	65.000E-03	20.877E+03	110.128E+00	-7.379E+03	-4.731E+03	-6.949E+03	562.086E-03
25	17	0.000E+00	19.925E+03	83.953E+00	5.301E+03	149.546E+00	-4.449E+03	-18.303E+00
	18	700.000E-03	19.925E+03	83.953E+00	3.864E+03	149.546E+00	-1.241E+03	40.464E+00
26	18	0.000E+00	-440.804E+00	33.426E+00	3.524E+03	7.510E+00	-1.816E+03	-13.602E+00
	19	700.000E-03	-440.804E+00	33.426E+00	2.087E+03	7.510E+00	148.080E+00	9.796E+00
27	17	0.000E+00	38.388E+00	-441.839E+00	1.850E+03	586.604E+00	-690.979E+00	171.095E+00
	20	460.000E-03	38.388E+00	-441.839E+00	905.872E+00	586.604E+00	-57.138E+00	-32.151E+00
28	18	0.000E+00	-140.778E+00	248.753E+00	3.320E+03	69.107E+00	-1.191E+03	-71.996E+00
	21	460.000E-03	-140.778E+00	248.753E+00	2.376E+03	69.107E+00	119.507E+00	42.430E+00
29	19	0.000E+00	102.390E+00	193.086E+00	935.457E+00	-87.107E+00	-275.539E+00	-54.298E+00
	22	460.000E-03	102.390E+00	193.086E+00	-8.629E+00	-87.107E+00	-62.369E+00	34.522E+00
30	20	0.000E+00	441.839E+00	38.388E+00	684.931E+00	-57.138E+00	-586.604E+00	-32.151E+00
	21	700.000E-03	441.839E+00	38.388E+00	-751.722E+00	-57.138E+00	-609.981E+00	-5.279E+00

Ilustración 2: Esfuerzos sobre elementos. (N) – (N·m).



Documento N°1. MEMORIA.
ANEJO II.Figuras, tablas y catálogos
 Diseño de un montacargas con capacidad nominal
 de 3.000kg.

Isidro Núñez Camacho

Revisión:

Página:
6 de 22

Elem	Nudo	x	Nx	Vy	Vz	Mx	My	Mz
	21	700.000E-01	441.839E+00	38.388E+00	-751.722E+00	-57.138E+00	-609.981E+00	-5.279E+00
31	21	0.000E+00	193.086E+00	-102.390E+00	1.564E+03	62.369E+00	-679.087E+00	37.151E+00
	22	700.000E-01	193.086E+00	-102.390E+00	127.360E+00	62.369E+00	-87.107E+00	-34.522E+00
32	16	0.000E+00	26.334E+03	11.682E+03	119.030E+00	6.072E+00	-37.475E+00	-2.353E+03
	24	320.000E-01	26.334E+03	11.682E+03	119.030E+00	6.072E+00	614.156E-03	1.385E+03
33	16	0.000E+00	9.195E+03	-19.626E+00	-18.516E+03	1.231E+00	4.265E+03	8.046E+00
	25	135.000E-01	9.195E+03	-19.626E+00	-18.516E+03	1.231E+00	1.766E+03	5.397E+00
34	25	0.000E+00	-18.554E+03	9.195E+03	-19.626E+00	5.397E+00	-1.231E+00	-1.767E+03
	27	320.000E-01	-18.554E+03	9.195E+03	-19.626E+00	5.397E+00	-7.511E+00	1.175E+03
35	25	0.000E+00	1.549E-12	-110.606E-15	9.372E+00	2.593E-15	-1.265E+00	21.003E-15
	29	135.000E-01	1.549E-12	-110.606E-15	9.372E+00	2.593E-15	50.273E-09	1.959E-15
36	27	0.000E+00	-9.195E+03	19.626E+00	-18.569E+03	-7.511E+00	1.175E+03	5.397E+00
	24	135.000E-01	-9.195E+03	19.626E+00	-18.569E+03	-7.511E+00	-1.332E+03	8.046E+00
37	4	0.000E+00	26.339E+03	11.684E+03	-119.343E+00	-6.088E+00	37.574E+00	-2.354E+03
	23	320.000E-01	26.339E+03	11.684E+03	-119.343E+00	-6.088E+00	-615.611E-03	1.385E+03
38	4	0.000E+00	9.196E+03	19.677E+00	-18.519E+03	-1.234E+00	4.266E+03	-8.067E+00
	26	135.000E-01	9.196E+03	19.677E+00	-18.519E+03	-1.234E+00	1.766E+03	-5.411E+00
39	26	0.000E+00	-18.557E+03	9.196E+03	19.677E+00	-5.411E+00	1.234E+00	-1.767E+03
	28	320.000E-01	-18.557E+03	9.196E+03	19.677E+00	-5.411E+00	7.531E+00	1.175E+03
40	26	0.000E+00	-1.691E-12	21.427E-15	9.372E+00	3.623E-15	-1.265E+00	-15.031E-15
	30	135.000E-01	-1.691E-12	21.427E-15	9.372E+00	3.623E-15	50.277E-09	3.757E-15
41	28	0.000E+00	-9.196E+03	-19.677E+00	-18.572E+03	7.531E+00	1.175E+03	-5.411E+00
	23	135.000E-01	-9.196E+03	-19.677E+00	-18.572E+03	7.531E+00	-1.332E+03	-8.067E+00
42	24	0.000E+00	-22.240E+03	931.185E+00	-99.403E+00	-11.811E+00	10.364E+00	-53.489E+00
	18	829.232E-01	-22.240E+03	931.185E+00	-99.403E+00	-11.811E+00	-72.065E+00	718.679E+00
43	23	0.000E+00	-22.244E+03	931.222E+00	99.667E+00	11.842E+00	-10.391E+00	-53.466E+00
	6	829.232E-01	-22.244E+03	931.222E+00	99.667E+00	11.842E+00	72.256E+00	718.732E+00
44	9	0.000E+00	7.163E+00	27.299E-03	-15.865E+03	1.593E+03	-2.531E+03	-71.147E+00
	8	118.000E-01	7.163E+00	27.299E-03	-15.865E+03	1.593E+03	-4.403E+03	-71.144E+00
45	8	0.000E+00	7.163E+00	27.299E-03	52.141E+00	-1.003E+00	-4.403E+03	-71.144E+00
	12	222.000E-01	7.163E+00	27.299E-03	52.141E+00	-1.003E+00	-4.391E+03	-71.138E+00

Ilustración 3: Esfuerzos sobre elementos. (N)- (N·m).



2.2 Momentos torsores y T.E.V.M sobre elementos del bastidor.

Elem	Nudo	x	T _{xy}	T _{xz}	TEVM
1	1	0.000	12.751E+06	12.751E+06	40.463E+06
	2	0.700	12.751E+06	12.751E+06	41.031E+06
2	1	0.000	14.695E+06	14.695E+06	1.640E+06
	5	0.460	14.695E+06	14.695E+06	15.386E+06
3	2	0.000	13.933E+06	13.933E+06	46.478E+06
	3	0.700	13.933E+06	13.933E+06	7.263E+06
4	2	0.000	15.421E+06	15.421E+06	9.633E+06
	6	0.460	15.421E+06	15.421E+06	81.513E+06
5	3	0.000	19.454E+06	19.454E+06	5.521E+06
	7	0.460	19.454E+06	19.454E+06	20.336E+06
6	4	0.000	153.488E+06	153.488E+06	99.603E+06
	5	0.065	153.488E+06	153.488E+06	106.091E+06
7	5	0.000	3.767E+06	3.767E+06	90.234E+06
	6	0.700	3.767E+06	3.767E+06	34.607E+06
8	6	0.000	1.682E+06	1.682E+06	121.009E+06
	7	0.700	1.682E+06	1.682E+06	10.673E+06
9	5	0.000	48.079E+06	48.079E+06	76.435E+06
	9	0.460	48.079E+06	48.079E+06	50.361E+06
10	6	0.000	16.732E+06	16.732E+06	88.032E+06
	10	0.460	16.732E+06	16.732E+06	42.774E+06
11	7	0.000	13.617E+06	13.617E+06	21.156E+06
	11	0.460	13.617E+06	13.617E+06	2.288E+06
12	8	0.000	55.097E-09	55.097E-09	46.642E+06
	31	0.100	55.097E-09	55.097E-09	2.780E+00
13	9	0.000	18.505E+06	18.505E+06	16.294E+06
	10	0.700	18.505E+06	18.505E+06	35.807E+06
14	10	0.000	5.051E+06	5.051E+06	55.829E+06
	11	0.700	5.051E+06	5.051E+06	5.541E+06

Ilustración 4: Momentos torsores y T.E.V.M en elementos. (N·m) (N/m²).



Elem	Nudo	x	T _{xy}	T _{xz}	TEVM
15	12	0.000	282.439E-09	282.439E-09	46.342E+06
	32	0.100	282.439E-09	282.439E-09	2.773E+00
16	10	0.000	1.826E+03	1.826E+03	22.452E+06
	14	0.460	1.826E+03	1.826E+03	22.422E+06
17	11	0.000	643.918E+00	643.918E+00	2.513E+06
	15	0.460	643.918E+00	643.918E+00	2.513E+06
18	12	0.000	39.723E+06	39.723E+06	78.089E+06
	13	0.120	39.723E+06	39.723E+06	45.040E+06
19	13	0.000	18.520E+06	18.520E+06	16.439E+06
	14	0.700	18.520E+06	18.520E+06	35.808E+06
20	14	0.000	5.047E+06	5.047E+06	55.831E+06
	15	0.700	5.047E+06	5.047E+06	5.540E+06
21	13	0.000	47.950E+06	47.950E+06	49.820E+06
	17	0.460	47.950E+06	47.950E+06	76.128E+06
22	14	0.000	16.735E+06	16.735E+06	42.757E+06
	18	0.460	16.735E+06	16.735E+06	87.977E+06
23	15	0.000	13.614E+06	13.614E+06	2.289E+06
	19	0.460	13.614E+06	13.614E+06	21.154E+06
24	16	0.000	152.950E+06	152.950E+06	99.615E+06
	17	0.065	152.950E+06	152.950E+06	106.011E+06
25	17	0.000	3.747E+06	3.747E+06	90.218E+06
	18	0.700	3.747E+06	3.747E+06	34.606E+06
26	18	0.000	1.677E+06	1.677E+06	121.010E+06
	19	0.700	1.677E+06	1.677E+06	10.671E+06
27	17	0.000	14.699E+06	14.699E+06	15.388E+06
	20	0.460	14.699E+06	14.699E+06	1.640E+06
28	18	0.000	15.431E+06	15.431E+06	81.498E+06
	21	0.460	15.431E+06	15.431E+06	9.632E+06
29	19	0.000	19.450E+06	19.450E+06	20.335E+06
	22	0.460	19.450E+06	19.450E+06	5.519E+06

Ilustración 5: Momentos torsores y T.E.V.M en elementos. (N·m) (N/m²).



Elem	Nudo	x	T _{xy}	T _{xz}	TEVM
	22	0.460	19.450E+06	19.450E+06	5.519E+06
30	20	0.000	12.758E+06	12.758E+06	40.474E+06
	21	0.700	12.758E+06	12.758E+06	41.025E+06
31	21	0.000	13.926E+06	13.926E+06	46.474E+06
	22	0.700	13.926E+06	13.926E+06	7.261E+06
32	16	0.000	1.356E+06	1.356E+06	120.776E+06
	24	0.320	1.356E+06	1.356E+06	82.550E+06
33	16	0.000	39.790E+03	39.790E+03	63.214E+06
	25	0.135	39.790E+03	39.790E+03	29.203E+06
34	25	0.000	1.205E+06	1.205E+06	87.464E+06
	27	0.320	1.205E+06	1.205E+06	66.003E+06
35	25	0.000	83.847E-12	83.847E-12	17.188E+03
	29	0.135	83.847E-12	83.847E-12	683.005E-06
36	27	0.000	1.677E+06	1.677E+06	88.789E+06
	24	0.135	1.677E+06	1.677E+06	99.210E+06
37	4	0.000	1.359E+06	1.359E+06	120.803E+06
	23	0.320	1.359E+06	1.359E+06	82.565E+06
38	4	0.000	39.909E+03	39.909E+03	63.226E+06
	26	0.135	39.909E+03	39.909E+03	29.208E+06
39	26	0.000	1.208E+06	1.208E+06	87.480E+06
	28	0.320	1.208E+06	1.208E+06	66.016E+06
40	26	0.000	117.128E-12	117.128E-12	17.188E+03
	30	0.135	117.128E-12	117.128E-12	683.052E-06
41	28	0.000	1.682E+06	1.682E+06	88.805E+06
	23	0.135	1.682E+06	1.682E+06	99.229E+06
42	24	0.000	2.637E+06	2.637E+06	29.107E+06
	18	0.829	2.637E+06	2.637E+06	57.773E+06
43	23	0.000	2.644E+06	2.644E+06	29.112E+06
	6	0.829	2.644E+06	2.644E+06	57.792E+06
44	9	0.000	39.930E+06	39.930E+06	45.585E+06
	8	0.118	39.930E+06	39.930E+06	78.291E+06
45	8	0.000	25.123E+03	25.123E+03	78.291E+06
	12	0.222	25.123E+03	25.123E+03	78.089E+06

Ilustración 6: Momentos torsores y T.E.V.M en elementos. (N·m) (N/m²).



2.3 Diagramas de esfuerzo y T.E.V.M .

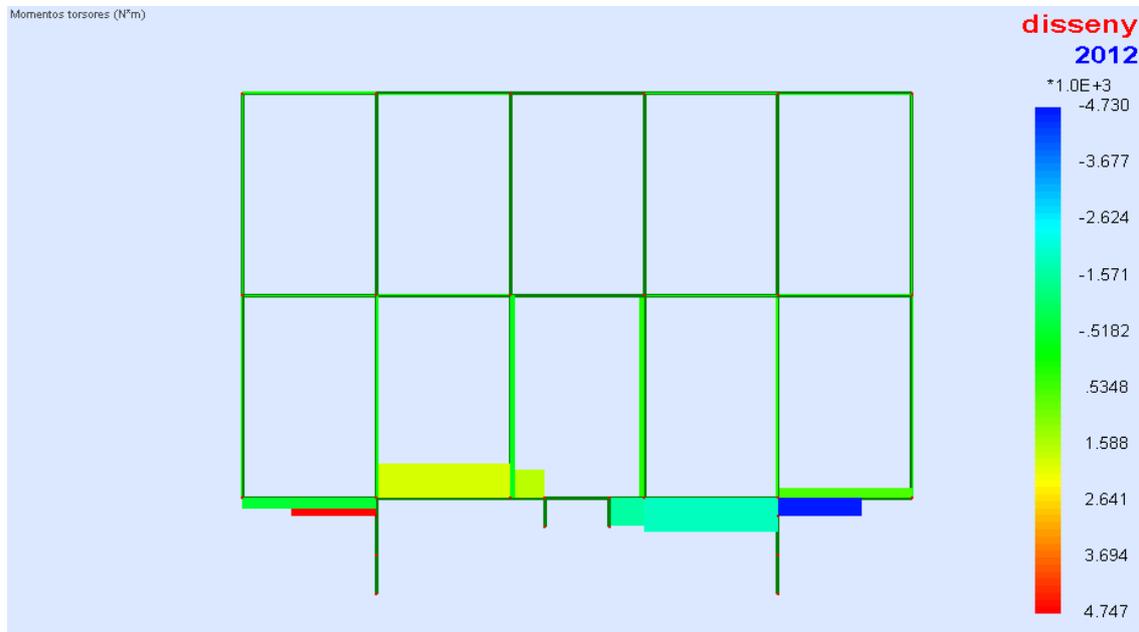


Figura 7: Momentos torsores (N· m) de la estructura para el estado de carga combinado.

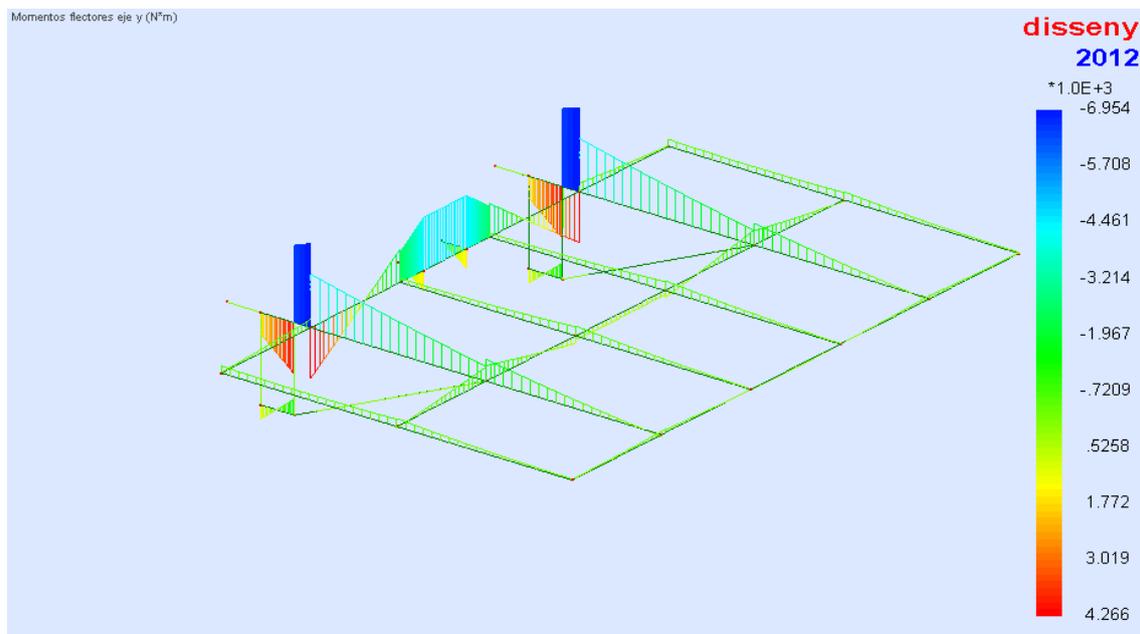


Figura 8: Momentos flectores (N · m) según eje Y de la estructura para el estado de carga combinado.

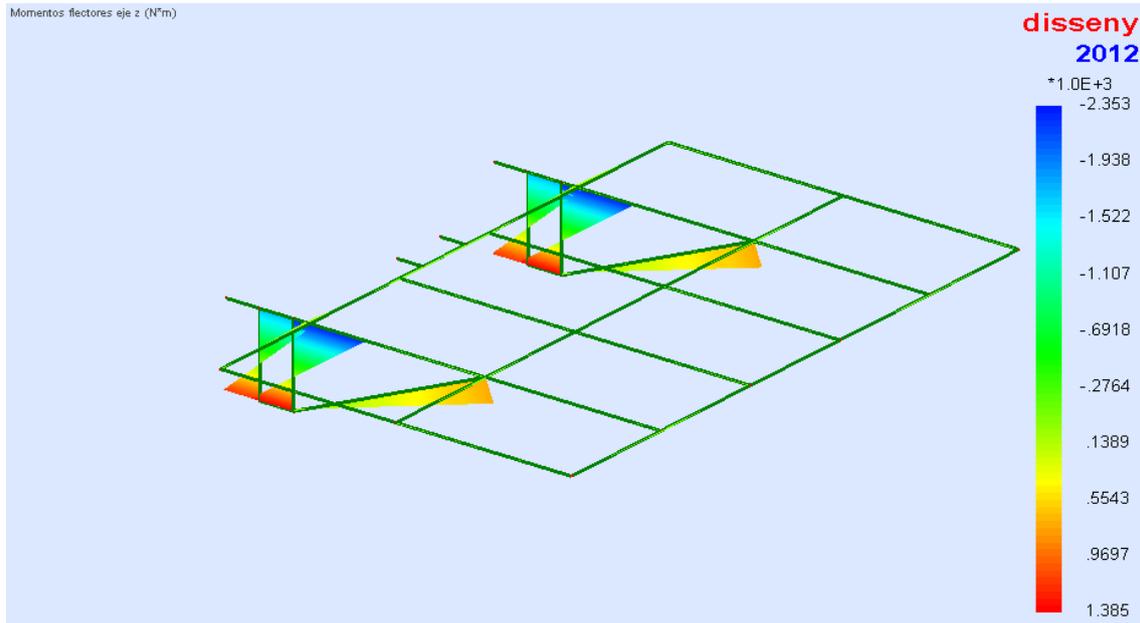


Figura 9: Momentos flectores (N·m) según eje Z de la estructura para el estado de carga combinado.

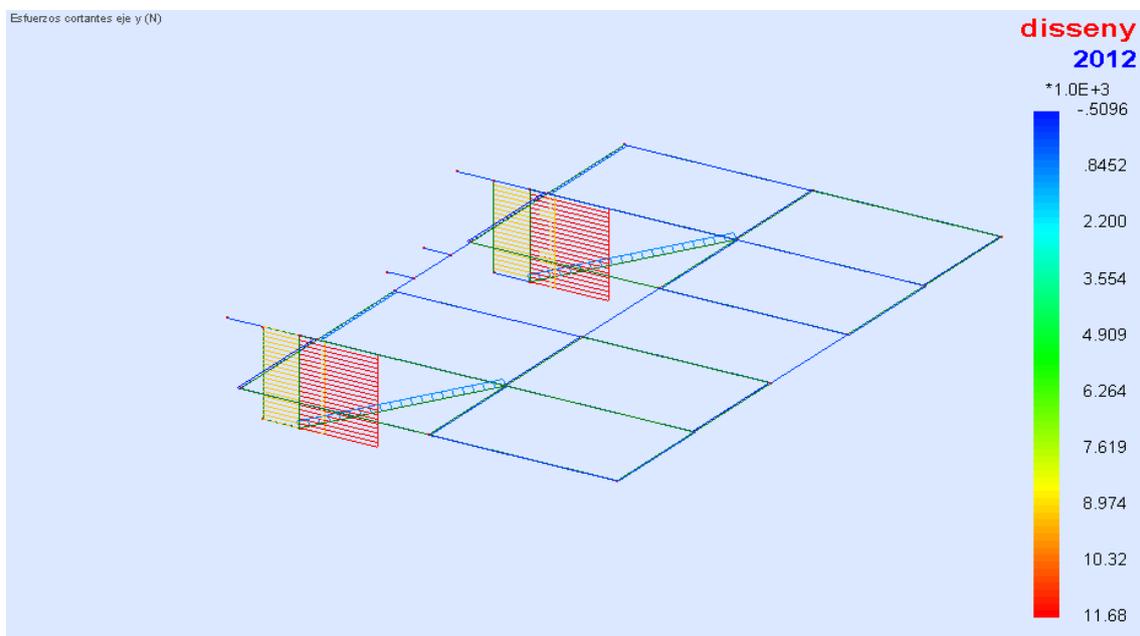


Figura 10: Esfuerzos cortantes (N) según eje Y de la estructura para el estado de carga combinado.

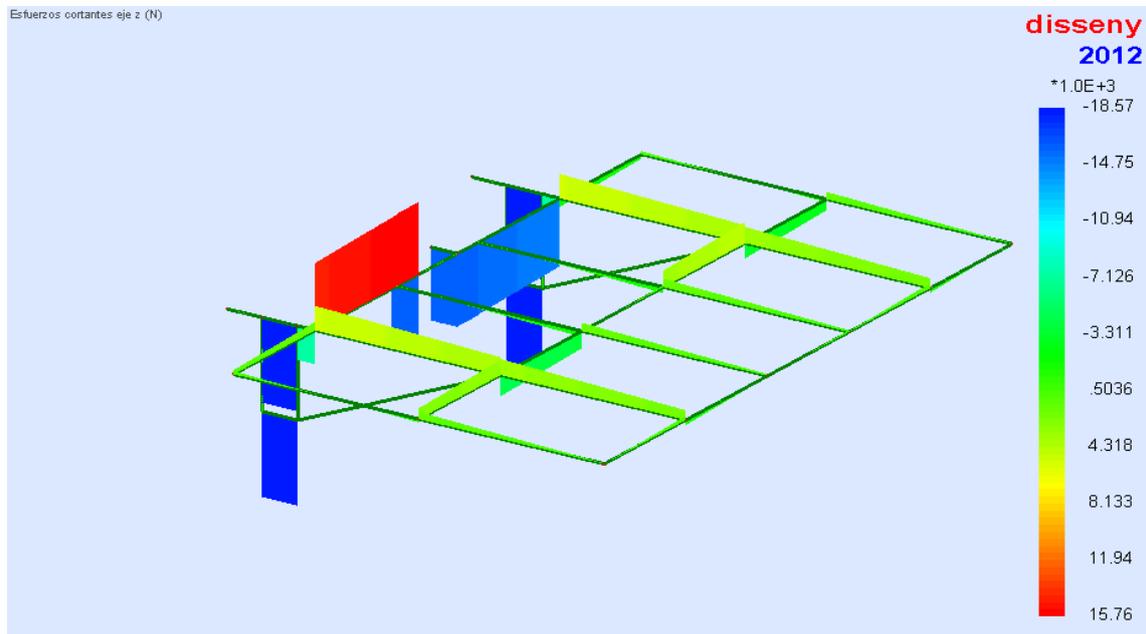


Figura 11: Esfuerzos cortantes (N) según eje Z de la estructura para el estado de carga combinado.

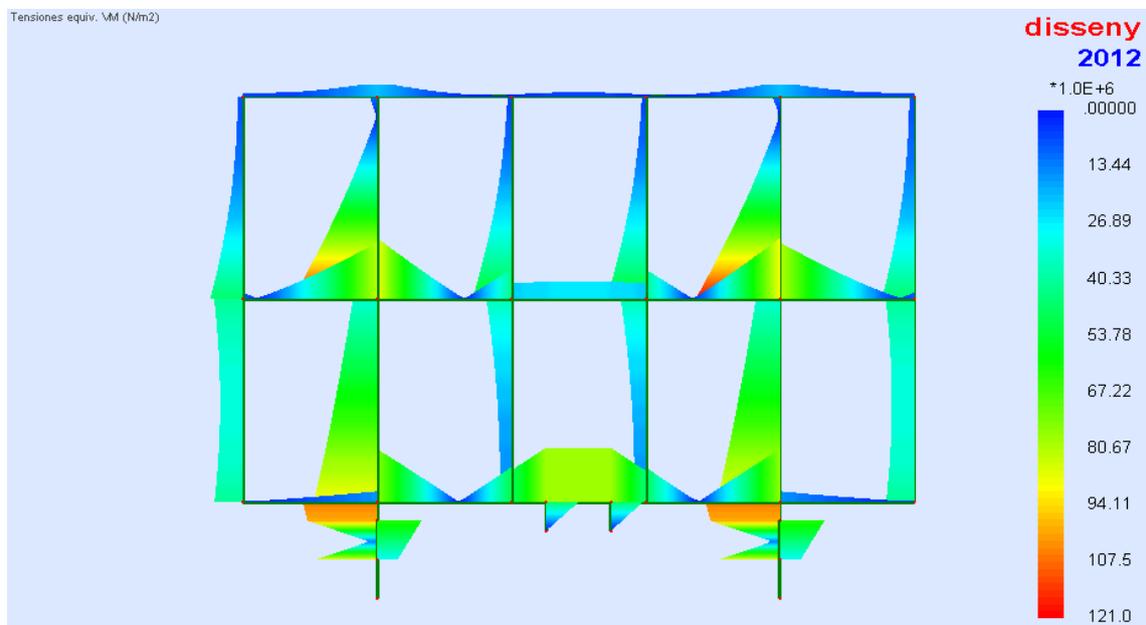


Figura 12: Tensión equivalente de V.Mises (N/m²) de la estructura para el estado de carga combinado.



2.4 Deformación del bastidor.

EC	Nudo	DX	DY	DZ	GX	GY	GZ
5	1	-219.658E-09	23.651E-06	-599.996E-06	-2.103E-03	-1.541E-03	-44.615E-06
5	2	250.258E-09	24.389E-06	-2.485E-03	-3.837E-03	-3.309E-03	18.012E-06
5	3	-114.262E-09	24.692E-06	-6.059E-03	-5.767E-03	-1.020E-03	9.014E-06
5	4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	5	-105.240E-09	3.469E-06	-11.715E-06	-364.596E-06	-812.915E-06	3.085E-06
5	6	18.141E-09	31.292E-06	-1.306E-03	-2.815E-03	-693.207E-06	-15.252E-06
5	7	3.437E-09	30.537E-06	-5.705E-03	-7.622E-03	-365.516E-06	-2.566E-06
5	8	-12.451E-09	21.769E-06	1.143E-03	-4.938E-03	-1.109E-03	13.449E-06
5	9	-25.468E-09	19.345E-06	953.093E-06	-3.848E-03	-2.020E-03	27.623E-06
5	10	-50.469E-09	20.017E-06	-1.681E-03	-4.313E-03	777.933E-06	-12.037E-06
5	11	40.239E-09	20.470E-06	-5.702E-03	-6.431E-03	132.289E-06	-12.849E-06
5	12	12.040E-09	21.795E-06	1.144E-03	-4.938E-03	1.102E-03	-13.214E-06
5	13	25.278E-09	19.344E-06	950.700E-06	-3.837E-03	2.023E-03	-27.626E-06
5	14	49.483E-09	20.016E-06	-1.681E-03	-4.313E-03	-778.207E-06	12.032E-06
5	15	-34.506E-09	20.468E-06	-5.702E-03	-6.431E-03	-133.131E-06	12.838E-06
5	16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
5	17	105.067E-09	3.468E-06	-11.713E-06	-364.480E-06	809.765E-06	-3.080E-06
5	18	-19.179E-09	31.285E-06	-1.306E-03	-2.815E-03	691.705E-06	15.221E-06
5	19	2.314E-09	30.530E-06	-5.704E-03	-7.621E-03	364.590E-06	2.560E-06
5	20	219.413E-09	23.642E-06	-598.635E-06	-2.104E-03	1.538E-03	44.597E-06
5	21	-251.163E-09	24.380E-06	-2.484E-03	-3.837E-03	3.307E-03	-18.008E-06
5	22	119.951E-09	24.682E-06	-6.057E-03	-5.767E-03	1.019E-03	-9.023E-06
5	23	15.974E-06	-386.210E-06	-46.283E-06	-1.057E-03	-74.120E-06	-107.550E-06
5	24	-15.940E-06	-386.116E-06	-46.271E-06	-1.057E-03	73.959E-06	107.318E-06
5	25	216.025E-09	-3.174E-06	24.467E-06	-318.466E-06	571.386E-09	3.003E-06
5	26	-216.492E-09	-3.175E-06	24.473E-06	-318.544E-06	-572.682E-09	-3.009E-06
5	27	-2.095E-06	-379.319E-06	56.994E-06	-963.858E-06	18.085E-06	98.379E-06
5	28	2.099E-06	-379.411E-06	57.008E-06	-964.093E-06	-18.125E-06	-98.592E-06
5	29	621.427E-09	-3.174E-06	67.453E-06	-318.397E-06	571.386E-09	3.003E-06
5	30	-622.771E-09	-3.175E-06	67.470E-06	-318.475E-06	-572.682E-09	-3.009E-06
5	31	1.332E-06	21.769E-06	1.650E-03	-5.130E-03	-1.109E-03	13.449E-06
5	32	-1.309E-06	21.795E-06	1.650E-03	-5.129E-03	1.102E-03	-13.214E-06

Figura 13: Desplazamientos de los nudos del bastidor (m).



3. Sistema de guiado. Dimensiones.

3.1 Guiado superior.

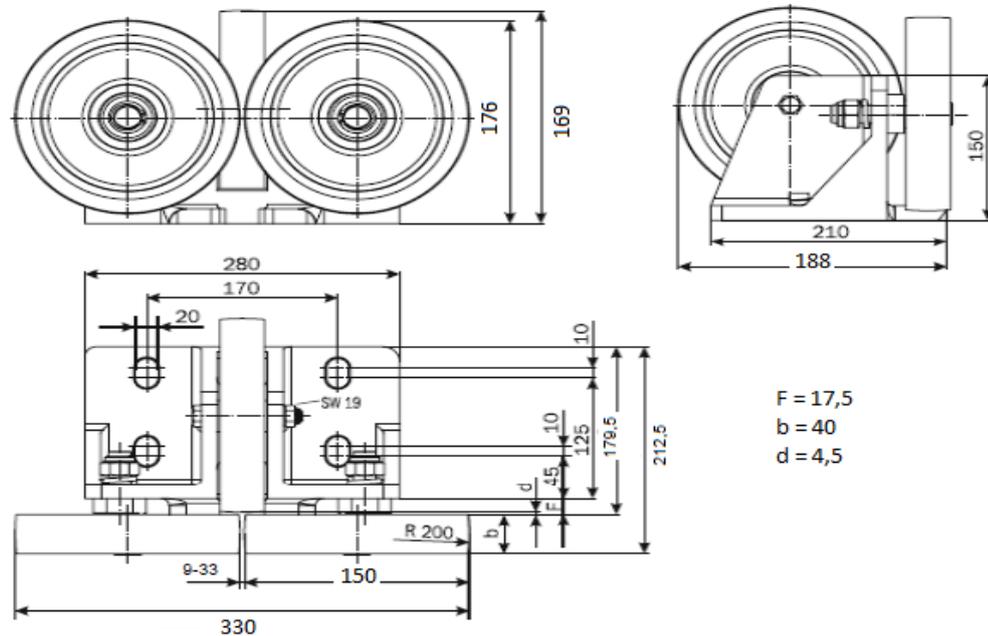


Figura 14: Dimensiones en mm del sistema de rodaderas seleccionado.

3.2 Guiado inferior.

En el plano aportado por el catálogo del fabricante se expone con detalle la composición y las medidas de las rodaderas inferiores del guiado del montacargas:

MARCA	DENOMINACIÓN	Nº PIEZAS
1	MO - 067	1
2	MR- 003	2
3	MN - 465	1
4	MZ -002 Ø42	1
5	MZ -019 Eje Ø20	1

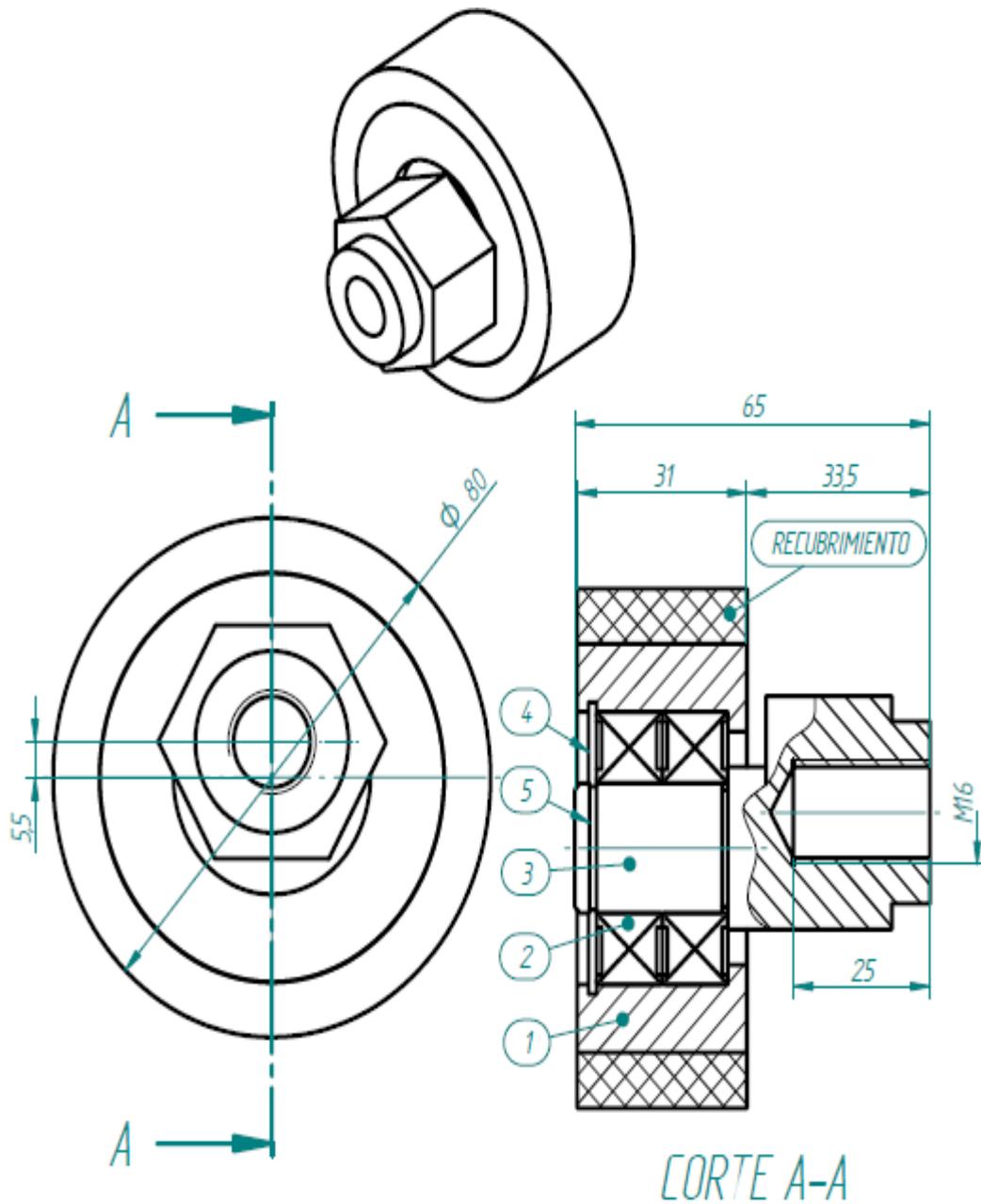


Figura 15: Dimensiones de las rodaderas que forman el guiado inferior.



4. Cilindros simples de acción directa.

4.1 Dimensiones.

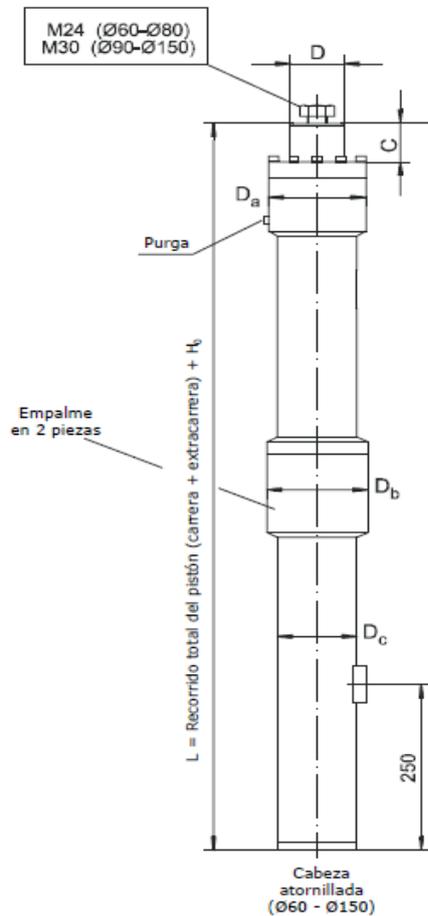


Figura 16: Cilindro disponible en el catálogo de MPAscensores.

DENOMINACIÓN DEL PRODUCTO								
Magnitud	100 x 7.5	110 x 5	110 x 7.5	120 x 5	120 x 7.5	130 x 5	130 x 7.5	150 x 6
D (mm)	140.0	159.0	159.0	159.0	159.0	177.8	177.8	193.7
Di (mm)	131	149	149	149	149	166.6	166.6	181.9
v (mm)	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.6	5.6	5.9
d (mm)	100.0	110.0	110.0	120.0	120.0	130.0	130.0	150.0
t (mm)	7.5	5.0	7.5	5.0	7.5	5.0	7.5	6
h1 (mm)	12.0	14.0	14.0	14.0	14.0	17.0	17.0	17.0
r1 (mm)	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	9.0	9.0	9.0
u1 (mm)	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0	8.0	8.0
e1 (mm)	15.0	17.0	17.0	17.0	17.0	20.0	20.0	20.0
Pr (kg/m)	17.0	12.9	18.9	14.2	20.8	15.4	22.6	21.29
Jn (cm ⁴)	234.63	227.81	318.86	299.18	421.21	384.10	543.44	704.75
i _x (cm)	3.28	3.71	3.63	4.07	3.98	4.42	4.33	5.09
An (cm ²)	21.79	16.49	24.15	18.06	26.50	19.63	28.86	27.14

Tabla 1: Dimensiones (mm) disponibles para el cilindro expuesto en la Figura 16.



Referencia	D	C	Espesor	D _a	D _b	D _c	H _o
110 x 5 / 110 x 7.5	110	41	5 / 7.5	185	191	159.0	220

Tabla 2: Dimensiones (mm) características del cilindro seleccionado expuesto en la Figura 16.

4.2 Descripción de los cilindros.

Entre las características a resaltar se encuentran:

- Cilindros simples aptos para configuración 2:1.
- Entrada de aceite superior o inferior.
- Opción de suministro en 2 piezas.
- Tolerancia del pistón +/- 0.1mm
- Máxima presión estática = 45bar.
- Se suministra con válvula paracaídas y macarrón para retorno de fugas.
- Con tope de amortiguación formando parte del cilindro.
- Para diámetros de 60-150mm cabeza atornillada.
- Del recorrido total del cilindro 40mm son amortiguados.

4.3 Características mecánicas.

1. Material del émbolo: Tubo DIN 2393, St 52 BKW

- Limite convencional de elasticidad: $R_{p0.2} = 385\text{N/mm}^2$.
- Resistencia a tracción: $R_m = 550\text{ N/mm}^2$.

2. Material de la camisa: Tubo DIN 1626, St 52.

- Limite convencional de elasticidad: $R_{p0.2} = 355\text{N/mm}^2$.
- Resistencia a tracción: $R_m = 510\text{ N/mm}^2$.

3. Material del fondo: Fe 510C.

- Limite convencional de elasticidad: $R_{p0.2} = 355\text{N/mm}^2$.
- Resistencia a tracción: $R_m = 510\text{ N/mm}^2$.



5. Grupo hidráulico.

5.1 Potencia del motor.

INTENSIDADES NOMINALES					INTENSIDADES ARRANQUE DIRECTO		
C.V.	KW	In (A) 230V	In (A) 400V	In (A) 415V	Ia (A) 230V	Ia (A) 400V	Ia (A) 415V
2.7	2	9.8	5.7	5.5	31	18	17
4	3	14	8	7.7	43	25	24
6	4.4	17.4	10	9.6	69	40	39
8	6	25.1	14.5	14	81	47	45
10.5	7.7	30	17.5	16.9	94	54	52
13	9.5	38	21.8	21	132	76	73
15	11	43	25	24.1	142	82	79
17.5	13	49	28.5	27.5	163	94	91
20	14.7	54	31	29.9	204	118	114
27	20	73	42	40	265	153	147
33	24	88	51	49	338	195	188
40	29	111	64	62	421	243	234
54	40	145	84	81	537	310	299

Tabla 3: Intensidades nominales según la potencia del motor. Catálogo del fabricante. Motores trifásicos 50Hz.

5.2 Especificaciones técnicas del equipo impulsor MP.

- Marcado CE compatibilidad electromagnética.
- Presostato actuando como pesacargas.
- Sistemas de control para la temperatura del aceite.
- Protección del motor mediante termistores PTC.
- Capacidad de prueba y regulación para cada instalación.
- Bomba de husillos: Alta calidad y bajo nivel sonoro (56-66 dB). Silenciador de las pulsaciones provocadas por la bomba.
- Tensión monofásica disponible además de:
 $230/400 - 400/692 - 415/720$ a 50 Hz.
 $220/380$ a 60 Hz.
- Tensiones de las válvulas: 220 Vdc, 110 Vcd, 60 Vdc y 48 Vdc. Tensión válvula de emergencia: 12 Vdc.
- Depósito de dimensiones reducidas y facilidad de transporte. Velocidad máxima: 0,63m/s.



5.3 Armario del grupo hidráulico.

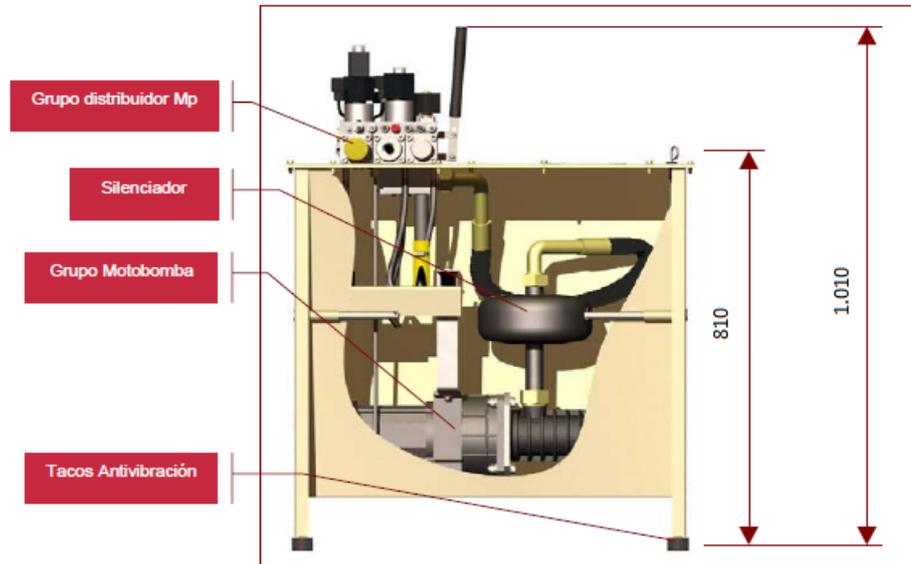


Figura 17: Dimensione principales (mm) del armario del grupo motor-bomba. Catálogo del fabricante.

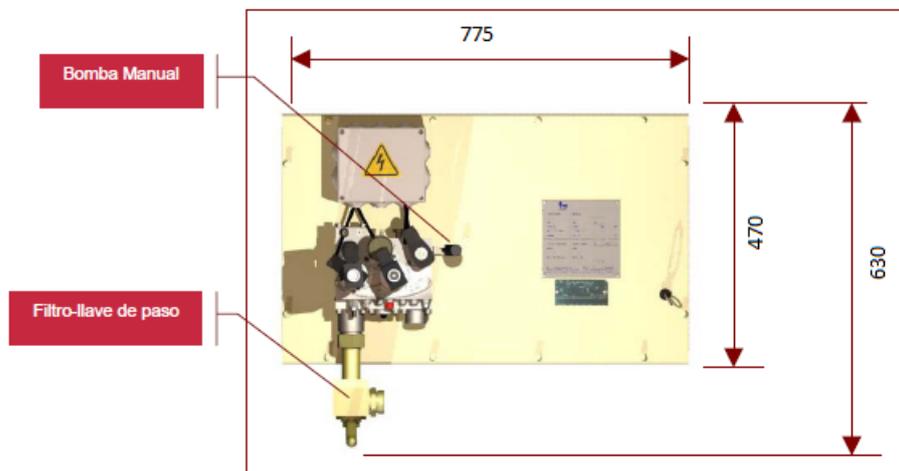


Figura 18: Dimensiones principales (mm) del armario del grupo motor-bomba. Catálogo del fabricante.



5.4 Tablas para coeficientes E_1 , E_2 y E_3 .

TABLA 1	
DEPÓSITO	E1
T1	0.742
T2	1.152
T3	1.464
C1	0.533

TABLA 2	
CILINDRO	E2
60	0.220
70	0.215
80	0.245
90	0.291
100	0.305
110	0.354
120	0.346
130	0.394

TABLA 3	
TUBERÍA	E3
1.1/4"	0.024
1.1/2"	0.032

Figura 19: Tabla para coeficientes aportados por el fabricante. Catálogo.

5.5 Esquema hidráulico.

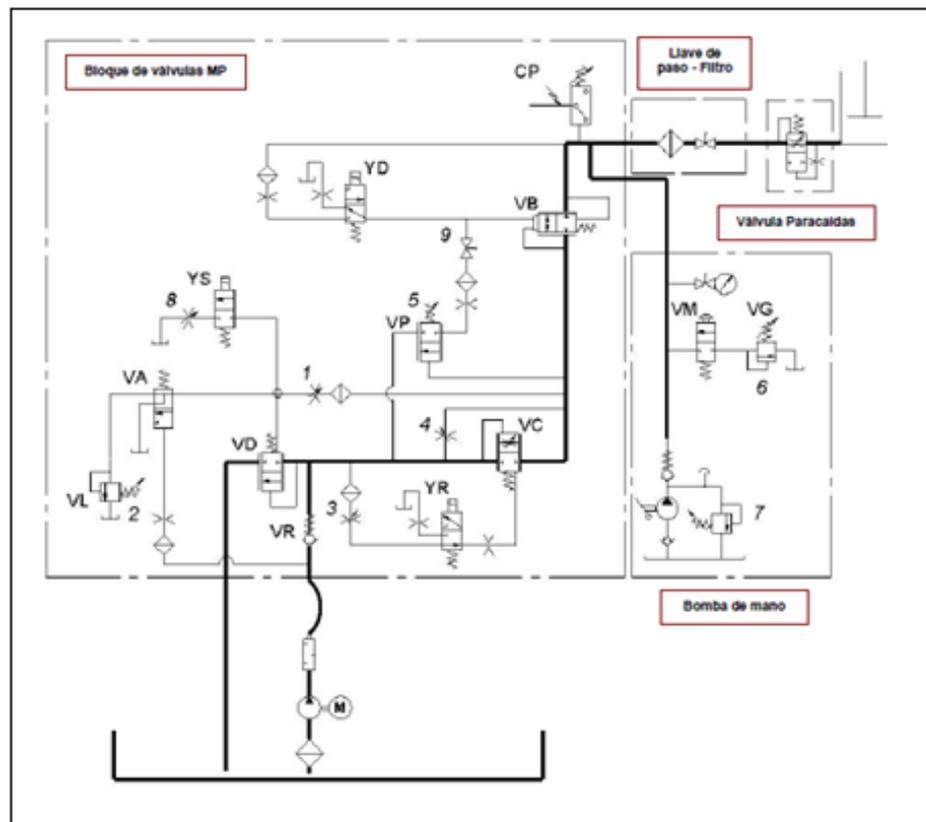


Figura 20: Esquema hidráulico aportado por el fabricante MP. Catálogo.



VR. Válvula antirretorno	Tornillo 1: Regulación de la válvula de sobrepresión (presión máxima)
VA. Válvula de arranque	Tornillo 2: Regulación de la aceleración en subida
VD. Válvula de descarga	Tornillo 3: Regulación de la desaceleración subida / bajada
VC. Válvula reguladora de caudal	Tornillo 4: Regulación de la velocidad de nivelación
VB. Válvula de descenso	Tornillo 5: Regulación de la velocidad de bajada
VR. Electroválvula de cambio de velocidad	Tornillo 6: Regulación limitadora de presión de la bomba manual
VD. Electroválvula de bajada	Tornillo 7: Regulación de la presión mínima en cilindro
YS. Electroválvula de arranque Y- Δ (opcional)	Tornillo 8: Regulación Soft-Stop (opcional)
VP. Compensador de presión en bajada	Tornillo 9: Tornillo para prueba de válvula paracaídas
VL. Válvula de sobrepresión	
CP. Presostato de máxima (opcional)	
VM. Válvula de bajada manual	
VG. Válvula para controlar presión mínima en cilindro	

Figura 21: Simbología del esquema hidráulico. Catálogo.

6. Pilares metálicos.Estructura y análisis.

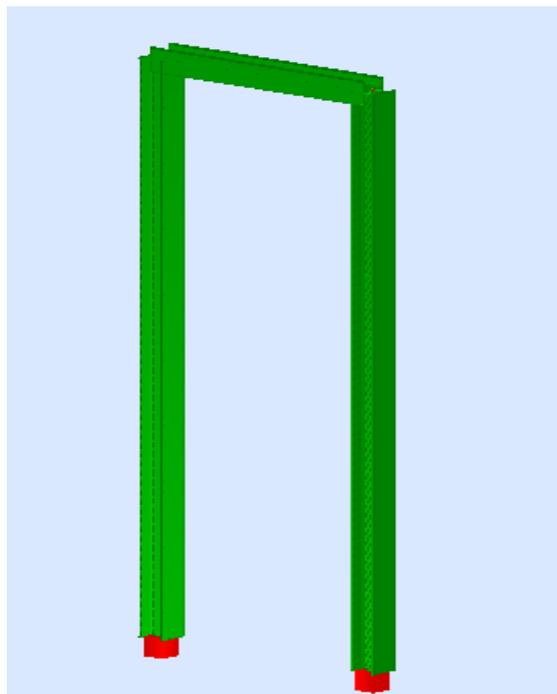


Figura 22: Estructura metálica diseñada para el soporte de las guías. Restricciones de empotramiento en la base.

Se ha comprobado, que la T.E.V.M, de la estructura de perfiles metálicos fabricados en acero S275JR y para el estado de carga planteado, es de magnitud insignificante en comparación con los esfuerzos que podría soportar la estructura.



7. Placa de anclaje.

7.1 Posición de las barras corrugadas.

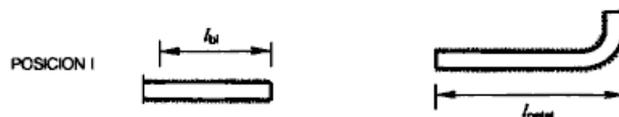


Figura 23: Posición I de la patilla de las barras corrugadas.

7.2 Coeficiente numérico (m) en función del tipo de acero.

HORMIGÓN	BARRA	m
HA-25	B-400-S	12

Tabla 4: Coeficiente numérico (m) según tipo de hormigón y acero.

8. Instalación eléctrica. Cuadro de maniobras.

Características técnicas del cuadro de maniobras *EDEL K3-74233 Maniobra Óleo. Arranque directo. Contactores 50A:*

- Alimentación 230 o 400V.
- Misma placa base para diferentes tipos de cuadro.
- Universal.
- Simplex.
- Consola de programación con pantalla LCD incluida en placa.
- Menú en castellano.
- Registro de las últimas 20 averías.
- Máximo 8 paradas.
- Salidas luminosas.
- Transformador multitensión para conexionado de las válvulas y leva.
- Luz de *U.T.C* temporizada.
- Entradas de reapertura, inspección y exceso de carga.
- Renivelación con puerta abierta.
- Led indicativo de *U.T.C* a nivel de planta.
- Rescate mediante baterías de 12V.