



Universidad  
Carlos III de Madrid

## TRABAJO FIN DE GRADO

# PROYECTO TÉCNICO DE CARROZADO INICIAL DE UN VEHÍCULO INDUSTRIAL CON UNA MASA MÁXIMA AUTORIZADA DE 7.500 KG, PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLATAFORMA PORTAVEHÍCULOS BASCULANTE Y DESPLAZABLE.

**Autor:** Francisco Javier Faba Cazorla

**Titulación:** Grado en ingeniería mecánica

**Profesor:** Guillermo Magaz Pilar

Leganés, Junio 2015



## Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Descripción del proyecto. ....	10
1.2. Objetivos. ....	11
2. ESTADO DEL ARTE. ....	12
2.1. Historia del vehículo, Canter Fuso. ....	12
2.2. Historia del camión portavehículos. ....	14
2.3. Marco de la normativa.....	17
3. ÁMBITO REGLAMENTARIO. ....	19
3.1. Análisis del procedimiento de legalización. ....	20
4. DESCRIPCIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN.....	21
4.1. Descripción de la plataforma. ....	22
4.2. Descripción de la reforma.....	24
4.3. Esquema dimensional.....	25
5. CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO ANTES Y DESPUÉS DE LA TRANSFORMACIÓN.....	26
6. CÁLCULOS. ....	29
6.1. Cálculo de las reacciones en los ejes debidas a la tara, carga útil y total, en vacío y en carga máxima.....	30
6.1.1. Reparto de cargas en posición de marcha o en vacío.....	30
6.1.2. Reparto de cargas con la carga máxima y con la posición de vuelco $\alpha=0^\circ$ . ....	31
6.1.3. En posición de carga y descarga de vehículos para $\alpha=\alpha_{\max}$ .....	32
6.2. Gráfico acotado de la distribución de cargas, esfuerzos cortantes y momentos flectores.....	34
6.3. Cálculo de la resistencia del bastidor. ....	36
6.3.1. Cálculo del centro de gravedad y de los momentos de Inercia del conjunto. ....	37
6.3.2. Cálculo del módulo resistente. ....	38
6.3.3. Cálculo a flexión de la sección más solicitada. ....	39
6.3.4. Cálculo a cortadura de la sección más solicitada.....	39
6.4. Cálculo de las reacciones en los ejes debidas a la carga útil cuando el vehículo está trabajando en condiciones extremas.....	40
6.4.1. Reparto de la carga en el arranque.....	40
6.4.2. Reparto de carga en el frenado. ....	43
6.5. Cálculo de la estabilidad lateral dinámica.....	45
6.5.1. Cálculo de la velocidad límite de vuelco. ....	45
6.5.2. Cálculo de la velocidad límite de derrape. ....	50



6.6.	Estudio estático de la estabilidad. ....	53
6.6.1.	Cálculo de la estabilidad longitudinal. ....	53
6.6.2.	Cálculo de la estabilidad lateral. ....	55
6.7.	Maniobrabilidad del vehículo. ....	56
6.8.	Cálculo de los esfuerzos que actúan sobre los bulones y las articulaciones de la plataforma basculante. ....	56
6.8.1.	Calculo del esfuerzo cortante: ....	58
6.8.2.	Cálculo del momento flector. ....	59
6.8.3.	Acción conjunta del cortante y el flector. ....	60
6.9.	Cálculo de los esfuerzos a realizar por los cilindros en situación de trabajo. ....	61
6.9.1.	Cálculo de los cilindros elevadores. ....	62
6.9.2.	Cálculo del cilindro desplazador. ....	63
6.10.	Cálculo de los tornillos de amarre. ....	65
7.	PLIEGO DE CONDICIONES. ....	68
7.1.	Calidad de los materiales empleados. ....	68
7.2.	Normas de ejecución. ....	68
7.3.	Certificados y autorizaciones. ....	74
7.4.	Taller ejecutor de la reforma. ....	74
8.	SEGURIDAD E HIGIENE. ....	75
8.1.	Seguridad en la fabricación: ....	75
8.1.1.	Energía eléctrica. ....	75
8.1.2.	Riesgo mecánico. ....	76
8.2.	Seguridad en el mantenimiento. ....	82
8.3.	Seguridad en la utilización. ....	85
8.4.	Seguridad en la conducción. ....	88
9.	PRESUPUESTO. ....	89
10.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS. ....	91
10.1.	Conclusiones. ....	91
10.2.	Trabajos futuros. ....	91
11.	BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA. ....	93
ANEXOS.	.....	95
PLANOS.	.....	95
DIAGRAMA GANTT.	.....	100

## Índice de ilustraciones.

Ilustración 1: Camión B46 [2].	12
Ilustración 2: Camión KT1 [2].	12
Ilustración 3: Bus el Rosa [2].	13
Ilustración 4: Primer Canter [2].	13
Ilustración 5: Canter Eco Híbrido [2].	14
Ilustración 6: Camión Super Great [2].	14
Ilustración 7: Primeros portavehículos.	15
Ilustración 8: Primeros portavehículos cargados.	15
Ilustración 9: Camión portavehículos actual.	16
Ilustración 10: Nuevo diseño de Foima.	16
Ilustración 11: Nuevo diseño de Peragón.	17
Ilustración 12: Acto reglamentario reforma 8.60 [5].	19
Ilustración 13: Camión antes de la transformación.	21
Ilustración 14: Camión después de la transformación.	21
Ilustración 15: Manual del carrocero del Canter Fuso [7].	22
Ilustración 16: Uniones bastidor y sub-chasis [7].	24
Ilustración 17: Esquema dimensional.	25
Ilustración 18: Dimensiones y parámetros en el reparto de cargas [9].	29
Ilustración 19: Reparto de cargas en posición de marcha [10].	30
Ilustración 20: Reparto de cargas.	34
Ilustración 21: Diagrama de esfuerzos.	35
Ilustración 22: Medidas del bastidor y del sub-chasis en mm.	36
Ilustración 23: Bastidor y sub-chasis.	37
Ilustración 24: Esquema y dimensiones de una rueda [10].	41
Ilustración 25: Reparto de carga en el arranque.	42
Ilustración 26: Reparto de carga en la frenada.	44
Ilustración 27: Estabilidad lateral dinámica.	46
Ilustración 28: Estabilidad longitudinal estática.	53
Ilustración 29: Estabilidad lateral estática [7].	55
Ilustración 30: Bulones en el bastidor auxiliar o sub-chasis.	57
Ilustración 31: Bulones en la estructura basculante.	57
Ilustración 32: Bulones en la plataforma.	58
Ilustración 33: Diagrama esfuerzos en el bulón [16].	59
Ilustración 34: Esfuerzos en el cilindro desplazador.	63
Ilustración 35: Posición de las pletinas en el chasis [7].	65
Ilustración 36: Esfuerzo cortante en los tornillos de las pletinas [7].	65
Ilustración 37: Distancia del sub-chasis a la cabina [7].	69
Ilustración 38: Bastidor auxiliar tipo A [7].	70
Ilustración 39: Bastidor auxiliar tipo B [7].	70
Ilustración 40: Bastidor auxiliar tipo C [7].	71
Ilustración 41: Señalización riesgo eléctrico.	76
Ilustración 42: Señalización cizallamiento.	77
Ilustración 43: Señalización atrapamiento.	77
Ilustración 44: Señalización aplastamiento.	77
Ilustración 45: Señalización proyección de partículas.	78
Ilustración 46: Protección fabricante: Casco.	80



Ilustración 47: Protección fabricante: protectores auditivos. ....	80
Ilustración 48: Protección fabricante: protectores auditivos. ....	80
Ilustración 49: Protección fabricante: gafas de seguridad. ....	80
Ilustración 50: Protección fabricante: guantes. ....	81
Ilustración 51: Protección fabricante: Fajas y cinturones. ....	81
Ilustración 52: Protección fabricante: calzado de seguridad. ....	81
Ilustración 53: Protección fabricante: protección para soldador. ....	82
Ilustración 54: Protección mantenimiento: casco. ....	83
Ilustración 55: Protección mantenimiento: protectores auditivos. ....	83
Ilustración 56: Protección mantenimiento: protectores auditivos. ....	83
Ilustración 57: Protección mantenimiento: gafas de seguridad. ....	84
Ilustración 58: Protección mantenimiento: guantes. ....	84
Ilustración 59: Protección mantenimiento: ropa y accesorios de señalización. ....	84
Ilustración 60: Protección mantenimiento: fajas y cinturones. ....	85
Ilustración 61: Protección mantenimiento: calzado de seguridad. ....	85
Ilustración 62: Protección en la utilización: guantes. ....	86
Ilustración 63: Protección en la utilización: ropa y accesorios reflectantes. ....	87
Ilustración 64: Protección en la utilización: fajas y cinturones. ....	87
Ilustración 65: Protección en la utilización: calzado de seguridad. ....	87

## Índice de tablas.

Tabla 1: Análisis del cumplimiento de directivas. ....	20
Tabla 2: Características técnicas antes de la transformación. ....	28
Tabla 3: Características técnicas después de la transformación. ....	28
Tabla 4: Valores de los parámetros. ....	30
Tabla 5: Reacciones sobre los ejes en orden de marcha. ....	31
Tabla 6: Reacciones en los ejes con carga máxima. ....	32
Tabla 7: Reacciones en los ejes con carga máxima y ángulo máximo. ....	33
Tabla 8: Medidas del bastidor. ....	36
Tabla 9: Medidas del bastidor auxiliar o sub-chasis. ....	37
Tabla 10: Valores bastidor del vehículo. ....	38
Tabla 11: Resultados momento inercia y gravedad. ....	38
Tabla 12: Parámetros de la fuerza de inercia. ....	43
Tabla 13: Relación velocidad específica - radio - peralte para autovías, vías rápidas y carreteras C-100. ....	48
Tabla 14: Relación de velocidad específica - radio - peralte para carreteras C-80, C-60 y C-40. ....	49
Tabla 15: Velocidad límite en función del radio y el peralte en autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100. ....	49
Tabla 16: Velocidad límite en función del radio y del peralte en carreteras C-80, C-60 y C-40. ....	50
Tabla 17: Coeficiente de rozamiento en función de la climatología. ....	51
Tabla 18: Velocidad máxima en autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100. ....	51
Tabla 19: Velocidad máxima en carreteras C-80, C-60 y C-40. ....	52
Tabla 20: Comparación velocidad máxima con velocidad límite en autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100. ....	52
Tabla 21: Comparación velocidad máxima con velocidad límite en carreteras C-80, C-60 y C-40. ....	52
Tabla 22: Maniobrabilidad del vehículo. ....	56
Tabla 23: Dimensiones de los bulones. ....	59
Tabla 24: Esfuerzos soportado por los bulones. ....	61
Tabla 25: Comprobación esfuerzo sufrido por los bulones con su resistencia. ....	61
Tabla 26: Valores del esfuerzo del cilindro. ....	63
Tabla 27: Presupuesto. ....	90





## 1. INTRODUCCIÓN.

El sector del automóvil es una pieza clave en la industria española. En el 2014 se fabricaron en España, según los datos ofrecidos por ANFAC (Asociación Española de Fabricación de Automóviles y Camiones) 2,4 millones de vehículos y se han matriculado más de 850.000 vehículos en el mercado español [1].

Todos esos vehículos han pasado un proceso de diseño por parte de los fabricantes, este diseño debe responder no solo a las prestaciones del vehículo, sino también a las obligaciones legislativas de la Unión Europea para la seguridad y el medio ambiente, y deberá conocer al detalle los requisitos técnicos que deberá cumplir el vehículo para poder ser comercializado en el continente europeo.

Una vez acabados los vehículos y puestos a la venta, pueden ser sometidos a transformaciones para cubrir las necesidades de los usuarios. Desde una ambulancia hasta un vehículo-cisterna para el transporte de combustible, pasando por numerosos automóviles que responden en muchos casos a aplicaciones muy concretas, ya que un vehículo fabricado de forma general, requiera unas matizaciones para que cada usuario pueda sacar el mayor partido posible.

Los fabricantes de vehículos ofertan una amplia gama de turismos y vehículos industriales. No obstante, los requerimientos del mercado hacen que en algunas ocasiones estos vehículos necesiten modificarse para aplicaciones específicas. En general se modifica las características especificadas en la tarjeta de ITV de los mismos, lo que puede influir en su comportamiento en las vías públicas y puede interferir con el medio ambiente.

Por este motivo existe una regularización y un control sobre estas reformas. Para ello se creó la normativa de reformas de importancia (RD736/88), que se ha ido adaptando a lo largo de los años, dando lugar al Manual de reformas de vehículos. Donde se engloban las principales transformaciones, así como los procedimientos de tramitación de las mismas.

La verificación de la correcta realización de las reformas de importancia se lleva a cabo por el órgano competente en materia de industria. Este comprobará que las características técnicas del vehículo respondan a la reglamentación exigible con arreglo a los Reales Decretos y a las Directivas correspondientes. Para ello se seguirán los criterios descritos en el Manual de procedimiento de inspección de las estaciones de ITV.

### 1.1. Descripción del proyecto.

El documento consta de diez capítulos, de los cuales el primero está dedicado a la introducción y presentación del trabajo, así como los objetivos marcados.

El segundo capítulo hace referencia al estado del arte, presentando al lector la historia de la marca del camión elegido para la transformación, los primeros camiones portavehículos y por último un breve marco sobre la normativa utilizada.

En el tercer capítulo se pretende explicar el marco legislativo de las reformas de importancia, así como determinar las directivas y normativas que afectan a la transformación en cuestión. También se expondrá un breve apartado donde se verificará el cumplimiento de las directivas afectadas en la reforma del camión.

El cuarto hace una descripción de la transformación deseada. Básicamente es una estructura de tipo volquete que se acciona mediante dos cilindros hidráulicos, los cuales son capaces de elevar la estructura para darle la inclinación necesaria y así poder bajar la plataforma mediante otro cilindro y poder cargar el vehículo. También se expone una explicación de los componentes por los que se compone el mecanismo de la plataforma portavehículos y una explicación sobre el procedimiento de la reforma.

En el quinto se expone una tabla que cumple el Real Decreto 750/2010 y muestra las características técnicas del camión antes y después de la transformación.

El sexto capítulo es el grueso del proyecto, donde se realizan los cálculos necesarios para la comprobación de que el camión transformado cumpla todos los requisitos de funcionamiento y de seguridad. Para la comprobación de la estructura diseñada se elaborarán una serie de apartados con los cálculos de los esfuerzos en el bastidor, las reacciones sobre los ejes, estabilidad lateral, uniones de las estructuras, la influencia sobre el reparto de cargas, etc...

El séptimo incluirá el estudio del pliego de condiciones, así como las responsabilidades que intervienen en la obra.

El octavo capítulo muestra un estudio de seguridad y salud, en el cual se muestran los riesgos de la obra. Y se explica que elementos de seguridad deberá llevar en cada caso los operarios que estén trabajando con el camión portavehículos.

En el noveno capítulo se expone un presupuesto detallado del coste del proceso total de la transformación.

En el décimo se analiza los objetivos cumplidos en la realización del trabajo y los resultados obtenidos, y concluye con sugerencias de trabajos futuros.

En el undécimo capítulo se incluye la documentación utilizada para la realización del proyecto.

Para finalizar, se incluye como anexos algunos datos de interés del proyecto, entre los que se encuentran los planos de la plataforma con sus medidas, los planos del camión y el diagrama Gantt aproximado del proyecto.

## 1.2. Objetivos.

Este proyecto presenta el estudio de la transformación de un camión chasis, en concreto un Canter Fuso Eco Hybrid, de masa máxima autorizada 7.500 kg, en un camión portavehículos con una plataforma basculante y desplazable. El cual permite transportar vehículos de hasta 3.300 kg.

El principal objetivo del proyecto consiste en la comprobación de que el camión portavehículos que se está analizando cumpla la normativa establecida por los órganos de gobierno. También deberá cumplir las condiciones de buen funcionamiento y seguridad para la circulación y la utilización de la plataforma portavehículos.

Para conseguir el objetivo final del proyecto, se deberán cumplir una serie de sub-objetivos que son necesarios para el estudio:

- Analizar y verificar la estructura en detalle.
- Analizar los resultados obtenidos en los cálculos para verificar la estructura elegida.
- Realizar un estudio de las diferentes estructuras disponibles en el mercado para adecuarlo al proyecto.
- Realizar un estudio de investigación sobre diversos componentes y estructuras.
- Ver aplicados los conocimientos adquiridos con el diseño y cálculo de estructuras, teoría de vehículos, resistencia de materiales...
- Familiarizarse con las directivas y normativas vigentes.

## 2. ESTADO DEL ARTE.

### 2.1. Historia del vehículo, Canter Fuso.

La marca Fuso apareció por primera vez en 1.932, asociada al primer bus comercial “B46” de Mitsubishi Heavy Industries. El bus media siete metros de largo y tenía una capacidad de 38 pasajeros. Funcionaba con un motor de gasolina de 7 litros y 6 cilindros, que generaban 100 caballos de fuerza [2].

El primer cliente del B46 fue el Ministerio de Ferrocarriles de Japón. Para celebrarlo, la compañía invitó a los empleados a sugerir nombres y “Fuso” fue el candidato ganador.



Ilustración 1: Camión B46 [2].

Después de ese primer bus, el nombre de Fuso se aplicaría posteriormente a otros productos líderes. Los vehículos más destacados en la historia de la compañía incluyen el KT1 (1.946), un camión de 4 toneladas con motor de gasolina, el T380 (1.959), primera camioneta de carga para el trabajo pesado en Japón y el Rosa (1.960), primer bus pequeño de Japón.

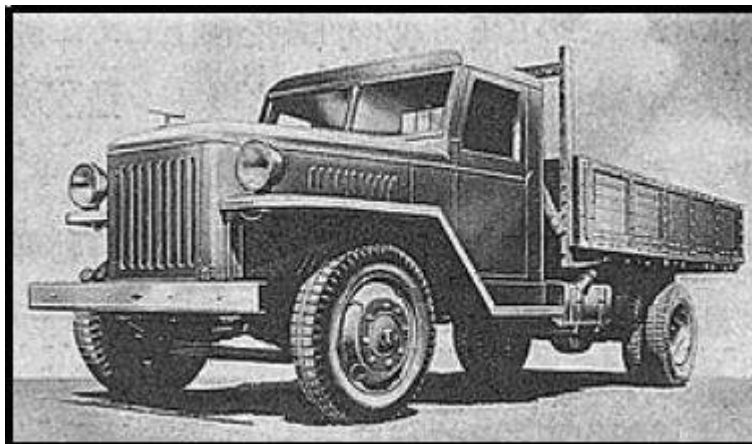


Ilustración 2: Camión KT1 [2].



Ilustración 3: Bus el Rosa [2].

En 1.963 llegó el primer “Canter”. El camión para trabajo liviano Mitsubishi Fuso Canter se convertiría en el vehículo de mayor venta de todos los tiempos, y aún mantiene su reputación.



Ilustración 4: Primer Canter [2].

A medida que continuó la expansión económica de Japón, aumentó la línea de productos de la compañía para incluir una variedad de camiones de trabajo liviano, mediano, pesado y buses. Con la expansión de la compañía, los vehículos Fuso trabajan por todo el mundo.

En los últimos años, entre los productos que llevan la marca están el Canter Eco Híbrido, uno de los camiones para trabajo liviano menos contaminantes del mundo. Y el Híbrido Aero Star, un bus híbrido eléctrico de tecnología avanzada.



Ilustración 5: Canter Eco Híbrido [2].

Otros productos “Fuso” muy conocidos son el camión Canter para trabajos livianos, el camión Fighter de trabajo mediano, el camión Super Great de trabajo pesado y el bus de turismo Aero Queen.



Ilustración 6: Camión Super Great [2].

El nombre de Fuso también engalana a los motores diésel para camiones, buses y usos industriales. En la actualidad, el nombre “Fuso” ha venido a formar parte de la marca oficial “Mitsubishi Fuso”.

## 2.2. Historia del camión portavehículos.

Hace no demasiado tiempo, recoger vehículos averiados en las carreteras era una tarea bastante complicada.

El operario debía combinar habilidad e imaginación para realizar su trabajo con la grúa, pues tan solo disponía de una plataforma de carga plana en forma de rampa, dos rampas extraíbles a ambos lados del chasis de la trasera del vehículo y un cabestrante en la parte delantera de la plataforma que le permitía tirar del vehículo averiado.





Ilustración 7: Primeros portavehículos.

Durante esta operación, se debía encarar el vehículo en las rampas traseras para elevarlo, operación de gran dificultad llegando en ocasiones a causar daños en los bajos del mismo.



Ilustración 8: Primeros portavehículos cargados.

Afortunadamente, varios fabricantes nacionales, entre ellos Narros, Foima o Monza, diseñaron y fabricaron plataformas deslizantes portavehículos para la carga de vehículos averiados.

Su principal novedad consiste en que la plataforma de carga se desliza hasta el suelo en su totalidad y mediante un cabestrante se deposita el vehículo encima de esta. Una vez cargado el vehículo, se vuelve a colocar la plataforma sobre el chasis de la grúa mediante cilindros hidráulicos.



Ilustración 9: Camión portavehículos actual.

Actualmente algunas fábricas están sacando nuevos proyectos para las plataformas portavehículos.

Algunos de las innovaciones en este tipo de camiones son:

- La compañía Foima ha patentado una particular arquitectura, donde el chasis del propio vehículo está articulado y se dobla por la parte trasera de la cabina para facilitar la carga y la descarga de los vehículos. Con esto logran un camión mucho más ligero respecto a uno rígido convencional.



Ilustración 10: Nuevo diseño de Foima.

- Peragón ha diseñado una plataforma que puede girar 180°, pudiendo realizar rescates de vehículos de forma convencional a través de la parte trasera y a su vez lateral al efectuar el giro de la zona de carga, para realizar el servicio resolviendo posibles problemas de espacio que se puedan originar.





Ilustración 11: Nuevo diseño de Peragón.

### 2.3. Marco de la normativa.

El Real Decreto 736/1988, por el que se regula la tramitación de las reformas de La modificación, sustitución, incorporación o supresión realizada en un vehículo y que cambie las características que lo definen, debe ser considerado reforma del vehículo.

La directiva 2007/46/CE del Parlamento europeo, crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y sus remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos. Esta directiva actualiza los anexos I y II del Real Decreto 2028/1986, sobre las normas de aplicación relativas a la homologación de tipo de vehículos automóviles, remolques, semirremolques, motocicletas, ciclomotores y vehículos agrícolas, así como de partes y piezas de dichos vehículos, es el que nos dicta la serie de actos reglamentarios que deben cumplir cada uno de los tipos de vehículos [3].

Con independencia de la actualización es preciso completar su transposición para adaptar determinados conceptos y exigencias del Real Decreto 736/1988 a lo dispuesto en la Directiva 2007/46/CE. En particular el Real Decreto permite reformas antes de su matriculación, mientras que la Directiva citada con anterioridad no.

Por este motivo, se crea el Real Decreto 866/2010, el cual regula la tramitación de las reformas de vehículos, su objetivo es unificar los criterios de la legislación española en la materia y la emitida por la Unión Europea. Este real decreto mantiene la coherencia entre la normativa europea de homologación de vehículos y la nacional sobre reformas de los mismos. Su aplicación permitirá mantener las condiciones de seguridad activa y pasiva de los vehículos y su comportamiento en lo que se refiere a la protección del medio ambiente.



De esta forma se establece la documentación necesaria que se debe presentar ante los órganos de la Administración competente en la materia de Inspección técnica de vehículos, la tramitación y los requisitos específicos que serán exigibles en el Manual de Reformas de vehículos [4].

El R.D. 866/2010, en su artículo 3, punto 20, define el Manual de Reformas de Vehículos como:

*“Documento elaborado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en colaboración con los órganos competentes en materia de ITV de las Comunidades Autónomas, que establece las descripciones de las reformas tipificadas, su codificación y la documentación precisa para su tramitación. Este Manual estará disponible para consulta de los solicitantes de una reforma en todas las Estaciones de ITV. El Manual será actualizado cuando se modifique la tipificación de las reformas o los criterios reglamentarios en materia de vehículos, tanto de carácter nacional como de la Unión Europea.”*

### 3. ÁMBITO REGLAMENTARIO.

Para la realización del presente proyecto técnico, se ha tenido en cuenta la siguiente reglamentación, la cual se debe cumplir en todo momento:

- Manual de Reformas de Vehículos, revisión de Marzo de 2014, publicado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo [5].
- Directiva 2007/46/CE, de 18 de marzo de 2002. Relativa a la homologación de los vehículos de motor.
- Real Decreto 866/2010, de 2 de Julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.
- Real Decreto 750/2010, de 4 de Junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos a motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos [6].
- Real Decreto 2282/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos [7].
- Manual del carroceros [8].

A parte de las directivas que debe de cumplir un vehículo, las cuales las hace cumplir el fabricante del camión. Deben cumplir una serie de directivas adicionales en función de la transformación que se le aplique al vehículo. Según el Manual de Reformas de Vehículo, la instalación de una plataforma portavehículos entra en la reforma 8.62. Esto indica que debe cumplir una serie de directivas expuestas a continuación:

Sistema afectado	Referencia
Dispositivos de protección trasera	70/221/CEE
Emplazamiento de la placa de matrícula posterior	70/222/CEE
Dispositivos de visión indirecta	2003/97/CE
Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética)	72/245/CEE
Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa	76/756/CEE
Protección lateral	89/297/CEE
Sistemas antiproyección	91/226/CEE
Masas y dimensiones (resto vehículos)	97/27/CE
Estabilidad contra el vuelco de vehículos cisternas	Reglamento CEPE/ONU 111R

Ilustración 12: Acto reglamentario reforma 8.60 [5].

### 3.1. Análisis del procedimiento de legalización.

En este apartado se incluye con el objetivo de justificar el cumplimiento de las diferentes directivas afectadas en el proceso de la instalación del mecanismo de la plataforma portavehículos.

Para la aprobación de la transformación efectuada, se deberá solicitar el dictamen e informe favorable de los actos reglamentarios afectados. En cualquier caso, en la tabla 1 se indica el cumplimiento de todos los actos reglamentarios incurridos.

Sistema afectado	Justificación
Dispositivo de protección trasera	El fabricante del mecanismo de la plataforma se ajusta a las directivas correspondientes y cumple las cotas máximas de profundidad máxima (450mm) y de altura al suelo a la protección trasera (550mm).
Emplazamiento de la placa de matrícula posterior	El fabricante del mecanismo de la plataforma se ajusta a las directivas correspondientes sobre el emplazamiento de la placa de matrícula posterior.
Dispositivo de visión indirecta	Acto reglamentario no afectado al no verse modificadas las dimensiones finales (anchura máxima y longitud máxima) del vehículo.
Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética)	Los equipos instalados cumple con la directiva de máquinas y compatibilidad (certificada por el propio fabricante: marcado CE)
Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa	El fabricante del mecanismo de la plataforma se ajusta a las directivas correspondientes sobre los dispositivos de alumbrado y señalización.
Protección lateral	El fabricante del mecanismo de la plataforma se ajusta a las directivas correspondientes sobre las protecciones laterales.
Sistemas antiproyección	El fabricante del mecanismo de la plataforma se ajusta a las directivas correspondientes sobre los sistemas antiproyección.
Masas y dimensiones	Cumple con las cotas máximas marcadas por la directiva de masas y dimensiones. Las masas finales se han justificado a lo largo del proyecto.
Estabilidad contra el vuelco de vehículos cisternas	Reglamento no aplicable, al no tratarse de la transformación de un vehículo cisterna.

Tabla 1: Análisis del cumplimiento de directivas.

#### 4. DESCRIPCIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN.

Se pretende modificar el vehículo anteriormente descrito al que se le instala una plataforma portavehículos basculante y desplazable.

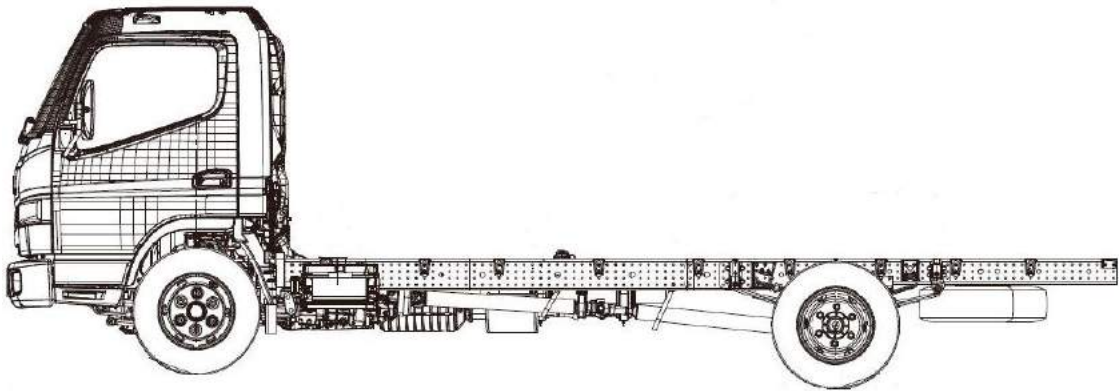


Ilustración 13: Camión antes de la transformación.

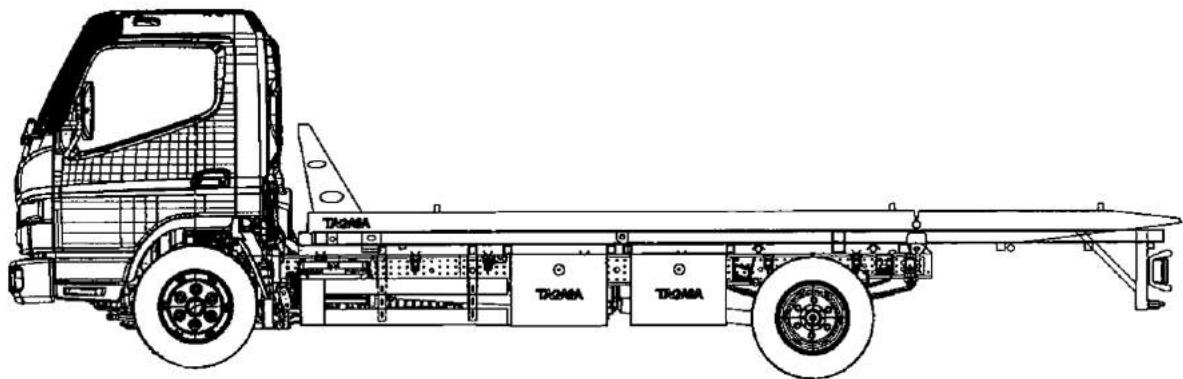


Ilustración 14: Camión después de la transformación.

Todas las operaciones realizadas al vehículo deberán seguir las directrices marcadas por el fabricante del vehículo. Estas directrices vienen recogidas en el “Manual del carrocerero”, que está dirigido a constructores profesionales de carrocerías. Este manual proporciona información importante que debe tenerse en cuenta para la correcta planificación y montaje sobre el vehículo.



Fecha de edición: 01-01-2013

Directrices para la construcción y el  
montaje de carrocerías  
Canter FEA/FEB/FEC/FG Europa



Ilustración 15: Manual del carrocerero del Canter Fuso [7].

#### 4.1. Descripción de la plataforma.

La plataforma portavehículos suministrada por la empresa de carrozados, consta de los siguientes componentes:

- Sub-chasis para la fijación al chasis del vehículo y de sus diversos componentes, fabricado en tubo estructural, con **calidad ST 52**, de diferentes espesores para obtener la resistencia necesaria.
- Chasis basculante fabricado en tubo estructural, con **calidad ST 52**, de diferentes espesores para obtener la resistencia necesaria, con sistema de deslizamiento a través de guías, fabricadas en chapa anti-desgaste, **calidad Welldox 700** y con un bajo sistema de mantenimiento.
- Plataforma fabricada en acero **calidad ST 52** de 3 mm de espesor debidamente reforzada, totalmente perforada para facilitar la sujeción de la carga y con tres rodillos de reenvío por lado.
- Plataforma articulada para facilitar la carga de los vehículos tipo *tunning* y motocicletas.
- Dos cilindros hidráulicos para la función de bascular y un cilindro desplazador para subir y bajar la plataforma hasta el suelo, ambos de doble efecto, con pared de 7,5mm y con la longitud necesaria para obtener un correcto ángulo de carga, todos con sus correspondientes válvulas de seguridad. Fabricados bajo las normas **UNE EN ISO 9001: 2008** con número de certificado ESP: 5558 y **UNE EN ISO 14001: 2004** con número de certificado ESP 10995.

- Toma de fuerza y bomba hidráulica del caudal apropiado marca Bezares.
- Depósito de aceite de 30 litros de capacidad con nivel y filtro de retorno.
- Manguera hidráulica marca **Parker Elite** 462-4, 462-6, 462-8, 462-12 ISO **11237/EN857** 2SC.
- Distribuidor hidráulico con funciones manuales y eléctricas para la colocación del telemando.
- Radio control del cabestrante ON/OFF.
- Cabestrante hidráulico marca **Bezares BZC 3.500 Kg**, motor hidráulico con drenaje interno de 65 cc/rev, válvula overcenter doble, regula la velocidad de descenso de la carga, bloquea el motor en caso de rotura de latiguillos, freno mecánico de láminas de bronce sintetizado con guías de rodillos, prensacables y sentido de giro: bidireccional. Conforme a la directiva europea de seguridad en máquinas **98/37/CE**.
  - Cable del cabestrante de 10mm de diámetro y 20 metros de longitud.
  - Desplazador manual del cabestrante.
  - Cajones de accesorios de PVC instalados en el chasis del vehículo con equipamiento: 2 cinchas con correa, tensor y tres tacos de plástico de 2 metros de largo por 5 centímetros de ancho con ganchos giratorios.
  - Señal luminosa V-2 de dos rotores de color naranja marca **Isea electrónica** modelo XP base de aluminio y con carcasas de color ámbar. Cartel central iluminado. Soportes de anclaje de goma para evitar vibraciones y tornillería de acero inoxidable. Puente de longitud 1.350mm, altura 100mm y ancho 290mm, **Homologado reglamento 65 de luces especiales de aviso**.
  - Dos faros de trabajo halógenos Hella de cristal endurecido con sistema antivibración y orientables en la plataforma.
  - Protecciones laterales según normativa y especificaciones contenidas en la directiva **89/297/CEE**.
  - Granallado de todos los componentes metálicos que forman el conjunto de la carrocería, imprimación y esmalte del color a elegir con la parte central de la plataforma con pintura antideslizante.
  - El carrozado se ajusta a las directivas:
    - **91/226/CEE** relativa a sistemas de antiproyección.
    - **70/221/CEE** relativa a la protección trasera.
    - **70/222/CEE** relativa a instalación de placa de matrícula trasera.
    - **76/756/CEE** relativa a instalación de luces.
    - **89/297/CEE** relativa a protecciones laterales.



#### 4.2. Descripción de la reforma.

Primero se colocará el sub-chasis en el camión. El objetivo básico del sub-chasis es garantizar una distribución de cargas uniforme sobre el bastidor original del vehículo y garantizar una unión perfecta entre el bastidor del vehículo y la carrocería. Los largueros del bastidor auxiliar se ajustarán perfectamente sobre los del bastidor del vehículo en toda su longitud.

Como norma general se deberá utilizar materiales de características iguales o superiores a los materiales empleados en el bastidor.

El sistema de fijación y anclajes del sub-chasis al bastidor, se realizará por medio de tornillos de métrica 12 de alta resistencia, calidad 8.8, montados sin holguras, tuerca autoblocantes de seguridad calidad 10 y arandelas planas en ambos lados con dureza mínima. Estas uniones están realizadas por pletinas y tornillos, cada pletina tiene 3 tornillos, dando lugar a 42 tornillos de métrica 12 con calidad 8.8.HB usadas debajo de las cabezas de los tornillos y de las tuercas.

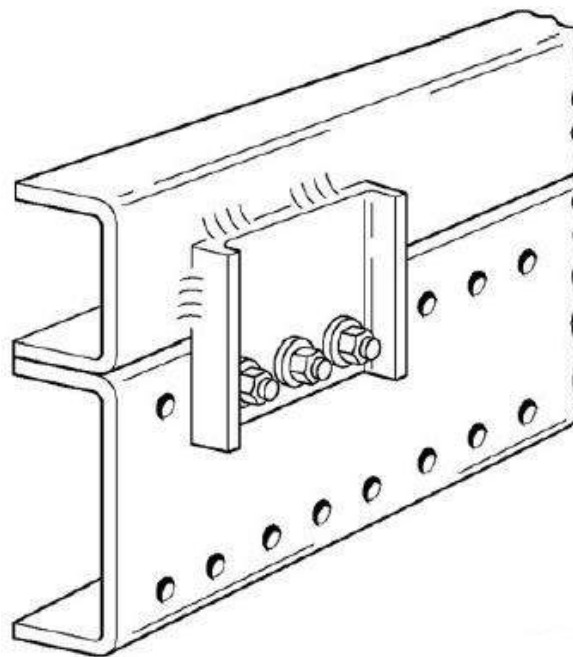


Ilustración 16: Uniones bastidor y sub-chasis [7].

El chasis basculante será enganchado al sub-chasis a partir de dos bulones de 30 mm de diámetro. Se colocarán los cilindros que sujetan el chasis basculante al sub-chasis con bulones de 40mm de diámetro.

La plataforma será colocada encima del chasis basculante y sujeta con él por un bulón de 40mm sujeto al cilindro que desplaza dicha plataforma.



Se instalará el cabestrante las protecciones laterales, se realizará el cableado eléctrico y los dispositivos de alumbrado y señalización y la realización de las conexiones hidráulicas.

#### 4.3. Esquema dimensional.

Correspondiente al vehículo, marca **MITSUBISHI**, denominación comercial **CANTER FUSO**.

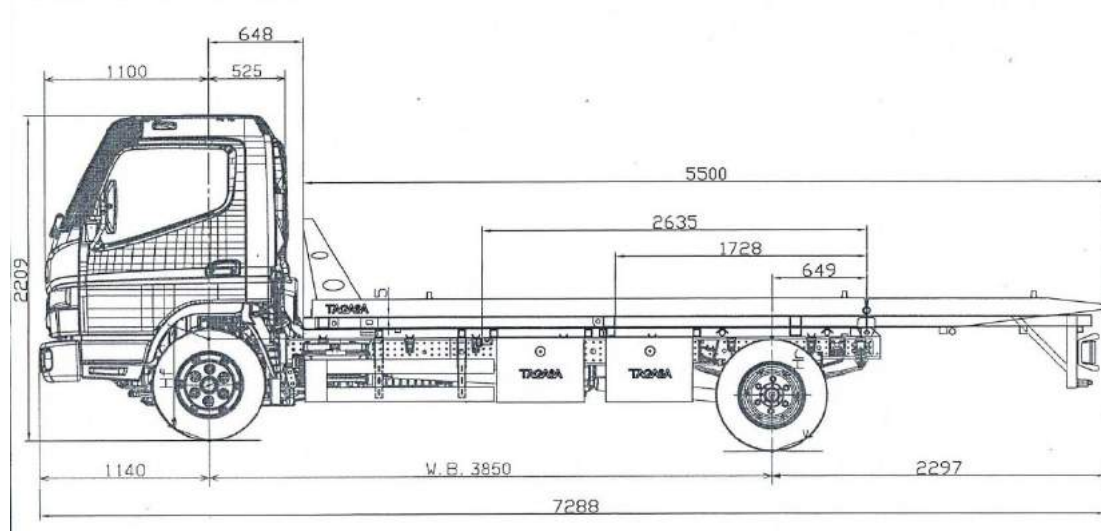


Ilustración 17: Esquema dimensional.

## 5. CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO ANTES Y DESPUÉS DE LA TRANSFORMACIÓN.

Para definir las características técnicas del vehículo antes y después de la transformación, se utilizará el formato reducido que se establece en el ANEXO III, del Real Decreto 750/2010.

Después de la transformación solo será necesario indicar los datos que falten o que varíen debido a la modificación del vehículo.

Ficha reducida de características técnicas del vehículo:

DATOS	VEHÍCULO INCOMPLETO
Marca	Fuso
Tipo / variante / versión	FEB71GL3SEA7
Denominación comercial	Canter 7C15 Duonic
Categoría del vehículo	N2
Emplazamiento de la placa del fabricante	En la cabina
Parte fija VIN	TYBFEB01BLDT001
Emplazamiento del número de identificación del vehículo	En el lado derecho del bastidor, cerca de la rueda delantera.
<b>CONSTITUCIÓN GENERAL DEL VEHÍCULO</b>	
Nº de ejes y ruedas	2/6
Número y emplazamiento de ejes con ruedas gemelas	1/ EJE2
Descripción de los ejes. Tipo y capacidad	1: F350T 3.100 kg 2: R035T 6.000 kg
<b>MASAS Y DIMENSIONES</b>	
Distancia entre ejes consecutivos 1º, 2º, 3º, ...	3.850
Vía de cada eje 1º / 2º / 3º / ...	1.665/1.560
Longitud máxima admisible del vehículo completado	6.685
Anchura máxima admisible del vehículo completado	2.030
Voladizo trasero máximo autorizado para el vehículo completado	2.310
Masa del bastidor desnudo (sin cabina, líquido de refrigeración, lubricantes, combustible, rueda de repuesto ni conductor)	2.525
Masa mínima admisible del vehículo completado	2.650
Masa máxima en carga técnicamente admisible (MMTA)	7.500
Distribución de esta masa entre los ejes 1º/2º/3º/punto de enganche si hay remolque....	1.645/880
Masa máxima en carga técnicamente admisible en cada eje 1º/2º/3º/....	3.100/6.000
Masa máxima técnicamente admisible del conjunto (MMTC):	11.000

DATOS	VEHÍCULO INCOMPLETO
<b>UNIDAD MOTRIZ</b>	
Fabricante o Marca del motor	FUSO
Código asignado por el fabricante del motor (en caso de vehículos pesados, si procede incluir marcado, identificación de combustible)	4P10-8ATA
<b>Motor de Combustión Interna</b>	
Principio de funcionamiento	Combustión interna 4 tiempos
Número y disposición de los cilindros	4 en línea
Cilindrada	2.998 cm <sup>3</sup>
Tipo de combustible o fuente de energía	Diésel
Potencia neta máxima (kW) a (min-1)	110KW/3.500rpm
Motor Eléctrico puro (si/no)	No
Potencia máxima por hora (kW)	40
Motor Híbrido (si/no)	Si
<b>TRANSMISIÓN</b>	
Tipo (Mecánica/Hidráulica/eléctrica/etc.)	Mecánica
Caja de cambios (tipo)	Cambio automático
Nº de relaciones	5,397-3,788-2,310-1,474-1,000-0,701
<b>SUSPENSIÓN</b>	
Breve descripción del tipo de suspensión delantera y trasera	Ballestas semielípticas con amortiguadores y barra estabilizadora
Neumáticos y ruedas (características principales)	205/75 R17.5 I.Carga Min : Del (123) ;Tras :( 121) I Veloc Min : M
<b>DIRECCIÓN</b>	
Dirección, método de asistencia	Hidráulica: Servodirección MB LS 8
<b>FRENADO</b>	
Breve descripción del dispositivo de frenado	De servicio: sistema hidráulico doble circuito independiente, servo por depresión. Estacionamiento: mecánico, zapatas interiores, montado en parte trasera caja del cambio.
ABS: Sí/No	Si
<b>CARROCERÍA</b>	
Retrovisores. Tipo	F*A
Dispositivos de visión indirecta distintos de los retrovisores	No
Sistemas de Protección Delantera: Si/No. Detalles pormenorizados de los dispositivos	No
Número y disposición de las puertas	2 Laterales
Número de plazas de asiento (incluido el conductor)	3

DATOS	VEHÍCULO INCOMPLETO
<b>DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA</b>	
Dispositivos obligatorios (Número)	2 Cruce/ 2 Carretera / 2 Posición delantera / 2 Intermitentes delanteros / 2 Posición lateral / 2 Gálibo delanteros
Dispositivos facultativos (Número)	--
<b>VARIOS</b>	
Velocidad máxima	133
Nivel de ruido parado: dB(A) a min-1	--
Nivel de emisiones: Euro...	Euro VI
Capacidad depósito/s de combustible (sólo N2 y N3)	100l
Máxima capacidad del momento de la grúa	29.5

Tabla 2: Características técnicas antes de la transformación.

Ficha reducida de características técnicas del vehículo después de la transformación.

Datos	Completado
Marca	Fuso
Tipo / variante / versión	FEB71GL3SEA7
Denominación comercial	Canter 7C15 Duonic
Categoría del vehículo	N2
Nombre y dirección del fabricante de la última fase de fabricación del vehículo.	Talleres XXXXXX S.A.
<b>MASAS (Kg) Y DIMENSIONES (mm)</b>	
Longitud	7.288
Altura	2.209
Anchura	2.220
Voladizo trasero	2.297
Masa del vehículo en el orden de marcha.	4.100

Tabla 3: Características técnicas después de la transformación.

## 6. CÁLCULOS.

Antes de realizar los cálculos, se deberá tener en cuenta algunos conceptos básicos relacionados con las cargas que soportan los ejes del vehículo en estático.

Según la directiva 97/27/CEE, la masa del vehículo en orden de marcha es la masa del bastidor con cabina, incluidos el líquido refrigerante, los lubricantes, un 90% del combustible, el 100% de los demás líquidos con excepción de las aguas usadas, las herramientas, la rueda de repuesto y el conductor, que por normativa se considerará que son 75kg [8].

Por masa en vacío o tara, se entiende como la masa del vehículo en orden de marcha, descontando el peso del conductor.

Y el peso de vehículo completado, es la masa en vacío del vehículo más el mecanismo portavehículos.

Para el reparto de cargas del vehículo se van a considerar los datos de las tablas 2 y 3 expuestas en el capítulo 5, de características técnicas. Además se tendrán en cuenta que el peso de la plataforma portavehículos:  $P_{pl}=1.450\text{kg}$ .

Las dimensiones de los parámetros utilizados en los cálculos que se adjuntan y que definen la geometría del vehículo son:

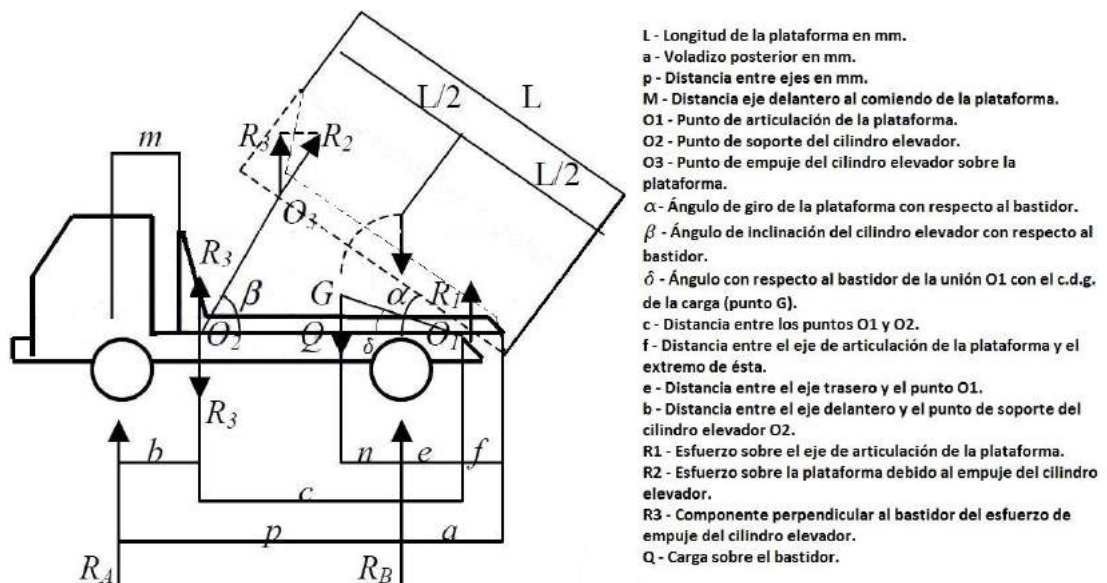


Ilustración 18: Dimensiones y parámetros en el reparto de cargas [9].

Para el carrozado del presente proyecto, se le asignaran a los parámetros de la ilustración 18 los siguientes valores:

Parámetro	Dimensiones (mm)
a	2.297
p	3.850
L	5.500
m	648
c	2.560
e	649
f	1.545
b	1.963

Tabla 4: Valores de los parámetros.

## 6.1. Cálculo de las reacciones en los ejes debidas a la tara, carga útil y total, en vacío y en carga máxima.

### 6.1.1. Reparto de cargas en posición de marcha o en vacío.

Para la posición de marcha y con la suposición de que el peso de la plataforma esté uniformemente distribuido, el cálculo de las reacciones sobre los ejes del vehículo debido al peso de la plataforma (delantero  $R_A$  y trasero  $R_B$ ) viene dado por las siguientes expresiones [10].

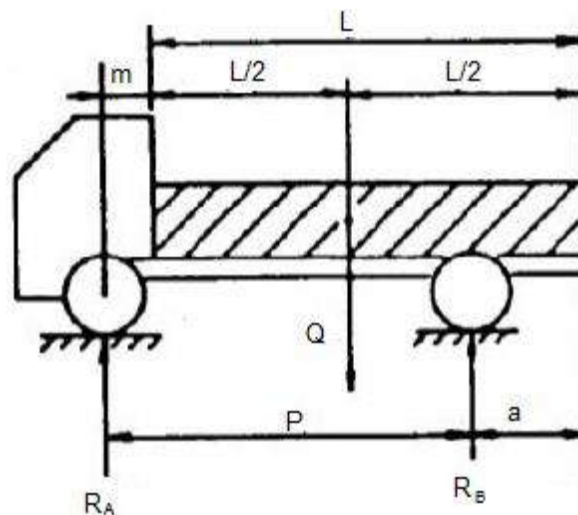


Ilustración 19: Reparto de cargas en posición de marcha [10].

$$R_A = \frac{Q \cdot \left(\frac{L}{2} - a\right)}{p}$$

Ecuación 1

$$R_B = \frac{Q \cdot \left(\frac{L}{2} + m\right)}{p}$$

Ecuación 2

Dónde:

- Q es la carga sobre el bastidor, en este caso al ir en vacío, la carga es el peso de la plataforma portavehículos.  $Q = P_{pl} = 1.450 \text{ kg}$

Sustituyendo los valores en las formulas se obtiene los siguientes resultados:

$$R_A = 171 \text{ kg} \quad R_A = 1.676 \text{ N}$$

$$R_B = 1.279 \text{ kg} \quad R_B = 12.534 \text{ N}$$

En la siguiente tabla se resume el total de las reacciones sobre los ejes, y en la que se comprueba que no supera los límites legales establecidos para cada eje.

Carga debida a:	1 <sup>er</sup> EJE	2 <sup>o</sup> EJE	TOTAL
CHASIS-CABINA	1.645 kg	880 kg	2.525 kg
OCUPANTES	225 kg	0	225 kg
PLATAFORMA	171 kg	1.279 kg	1.450 kg
TOTAL	2.041 kg	2.159 kg	4.200 kg
<b>P.M.A</b>	<b>3.100 kg</b>	<b>6.000 kg</b>	<b>7.500 kg</b>

Tabla 5: Reacciones sobre los ejes en orden de marcha.

### 6.1.2. Reparto de cargas con la carga máxima y con la posición de vuelco $\alpha=0^\circ$ .

En el comienzo de elevación de la caja ( $\alpha=0^\circ$ ), se pueden utilizar las expresiones para las reacciones debida a la carga usadas con anterioridad, Ecuación 1 y Ecuación 2.

Pero Q en este caso, es el peso de la plataforma más el peso de la carga máxima que puede transportar.

$$Q = P_{pl} + Q_{max}$$

Ecuación 3

$$Q_{max} = 7.500 \text{ kg} - T - Ocupantes - P_{pl}$$

Ecuación 4

$$Q_{max} = 3.300 \text{ kg}$$

Donde:

- T es la tara del vehículo:  $T = 2.525 \text{ kg}$
- Como lleva máxima carga la cabina debe ir con los 3 ocupantes, con peso 75 kg cada uno, quedando un peso total de 225 kg.
- $P_{pl}$  es el peso de la plataforma portavehículos:  $P_{pl} = 1.450 \text{ kg}$

Una vez obtenidos los datos necesarios, se calcularán las reacciones debidas a la Carga.

$$R_A = 388 \text{ kg} \quad R_A = 3.805 \text{ N}$$

$$R_B = 2.912 \text{ kg} \quad R_B = 28.543 \text{ N}$$

En la siguiente tabla se resume el total de las reacciones sobre los ejes, y en la que se comprueba que no supera los límites legales establecidos para cada eje.

Carga debida a:	1 <sup>er</sup> EJE	2º EJE	TOTAL
CHASIS-CABINA	1.645 kg	880 kg	2.525 kg
OCUPANTES	225 kg	0	225 kg
PLATAFORMA	171 kg	1.279 kg	1.450 kg
CARGA MÁXIMA	388 kg	2.912 kg	3.300 kg
TOTAL	2.429 kg	5.071 kg	7.500 kg
<b>P.M.A</b>	<b>3.100 kg</b>	<b>6.000 kg</b>	<b>7.500 kg</b>

Tabla 6: Reacciones en los ejes con carga máxima.

### 6.1.3. En posición de carga y descarga de vehículos para $\alpha = \alpha_{\max}$

Para la posición de trabajo de máxima inclinación de la plataforma, las expresiones que permiten calcular las reacciones en el eje delantero y en el trasero en función del ángulo  $\alpha$  [11], son las siguientes:

$$R_{A(\alpha)} = Q \cdot \frac{[(n + e) \cdot \cos(\alpha + \delta) - e \cdot \cos \delta]}{(p \cdot \cos \delta)} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$R_{B(\alpha)} = Q \cdot \frac{[(p + e) \cdot \cos(\delta) - (n + e) \cdot \cos(\alpha + \delta)]}{(p \cdot \cos \delta)} \quad \text{Ecuación 6}$$

Siendo  $tg \delta = \frac{h}{\left(\frac{L}{2} - f\right)}$ , donde h es la altura del c.d.g. del mecanismo de la plataforma, incluyendo el peso del vehículo transportado, respecto al bastidor.



Aproximadamente para la mayoría de los vehículos se tiene que el ángulo de inclinación máxima para su volteo es de  $45^\circ$  ( $\alpha_{\max}$ ), por lo que los cálculos de las reacciones sobre los ejes se realizarán para dicho ángulo.

Se calculará ángulo ( $\delta$ ) en función de la altura del c.d.g. de la carga, la longitud de la plataforma y la distancia entre el eje de giro y el extremo de la plataforma.

Se utilizará la suposición de que el c.d.g. de la carga serán:  $h = 500\text{mm}$ .

Por lo tanto:

$$\tan \delta = \frac{500}{5.500/2 - 1.545} = 0,415 \quad \text{Ecuación 7}$$

Resultando un ángulo de:

$$\delta = 22,53^\circ$$

Y donde:

$$n = \frac{h}{\tan \delta} - e \quad \text{Ecuación 8}$$

Sustituyendo los valores con las dimensiones del vehículo y la hipótesis del c.d.g. de la carga, se obtiene:

$$n = 555,82 \text{ mm}$$

Sustituyendo el resto de los parámetros obtenidos en la tabla 4 expuesta con anterioridad, para un ángulo de inclinación de la plataforma de  $45^\circ$ , las reacciones que se obtienen sobre los ejes del vehículo resultarán ser las siguientes:

$$R_{A(\alpha=45^\circ)} = -128 \text{ kg}$$

$$R_{B(\alpha=45^\circ)} = 3.428 \text{ kg}$$

A continuación se incluye la tabla con la distribución de cargas obtenida por cada eje, para la situación de trabajo del vehículo, con la carga inclinada  $45^\circ$ . Comprobándose que no se superan los límites establecidos, tanto por ejes, como del total máximo permitido para el vehículo.

Carga debida a:	1 <sup>er</sup> EJE	2 <sup>o</sup> EJE	TOTAL
CHASIS-CABINA	1.645 kg	880 kg	2.525 kg
OCUPANTES	225 kg	0	225 kg
PLATAFORMA	171 kg	1.279 kg	1.450 kg
CARGA MÁXIMA	-128 kg	3.428 kg	3.300 kg
TOTAL	1.913 kg	5.587 kg	7.500 kg
<b>P.M.A</b>	<b>3.100 kg</b>	<b>6.000 kg</b>	<b>7.500 kg</b>

Tabla 7: Reacciones en los ejes con carga máxima y ángulo máximo.

## 6.2. Gráfico acotado de la distribución de cargas, esfuerzos cortantes y momentos flectores.

En este apartado se detallan las leyes de esfuerzos cortantes y momentos flectores, así como sus valores máximos originados en el bastidor del vehículo carrozado.

Se modeliza el bastidor del vehículo como una viga biapoyada, cuyos apoyos representan los ejes del vehículo. La masa del mecanismo y de la carga de la plataforma se representa con una masa uniformemente repartida a lo largo de la base de la plataforma.

Los valores numéricos de los esfuerzos cortantes y momentos flectores, quedan definidos con las siguientes ecuaciones, aplicando los principios de la resistencia de materiales [12].

El valor de la coordenada “x” toma valores según los diferentes tramos, considerándose el origen en el eje delantero.

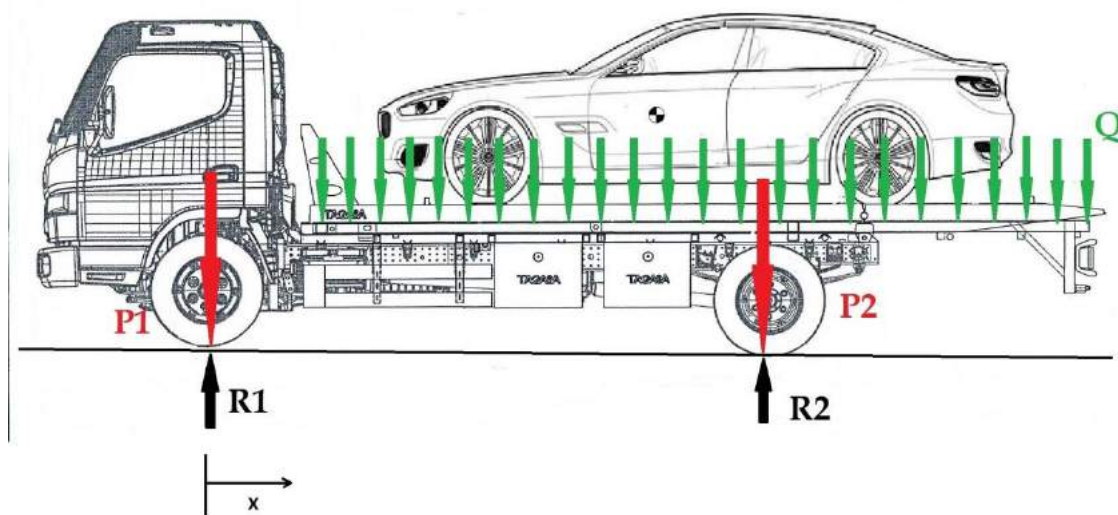


Ilustración 20: Reparto de cargas.

### TRAMO 1: $0 < X < 0.647 \text{ m}$

Cortante:

$$Q = -P_1 + R_1 \quad \text{Ecuación 9}$$

Momento flector:

$$M = (P_1 - R_1) \cdot x \quad \text{Ecuación 10}$$

**TRAMO 2:  $0.647 < x < 3.85$  m**

Cortante:

$$Q = -P_1 + R_1 - Q \cdot (x - 0.647) \quad \text{Ecuación 11}$$

Momento flector:

$$M = (P_1 - R_1) \cdot x + Q \cdot \frac{(x - 0.647)^2}{2} \quad \text{Ecuación 12}$$

**TRAMO 3:  $3.85 < x < 6.147$**

Cortante:

$$Q = (R_1 + R_2) - (P_1 + P_2) - Q \cdot (x - 0.647) \quad \text{Ecuación 13}$$

Momento flector:

$$M = x \cdot (P_1 - R_1) + (P_2 - R_2) \cdot (x - 3.85) + Q \cdot \frac{(x - 0.647)^2}{2} \quad \text{Ecuación 14}$$

El resultado queda reflejado en el siguiente diagrama de esfuerzos.

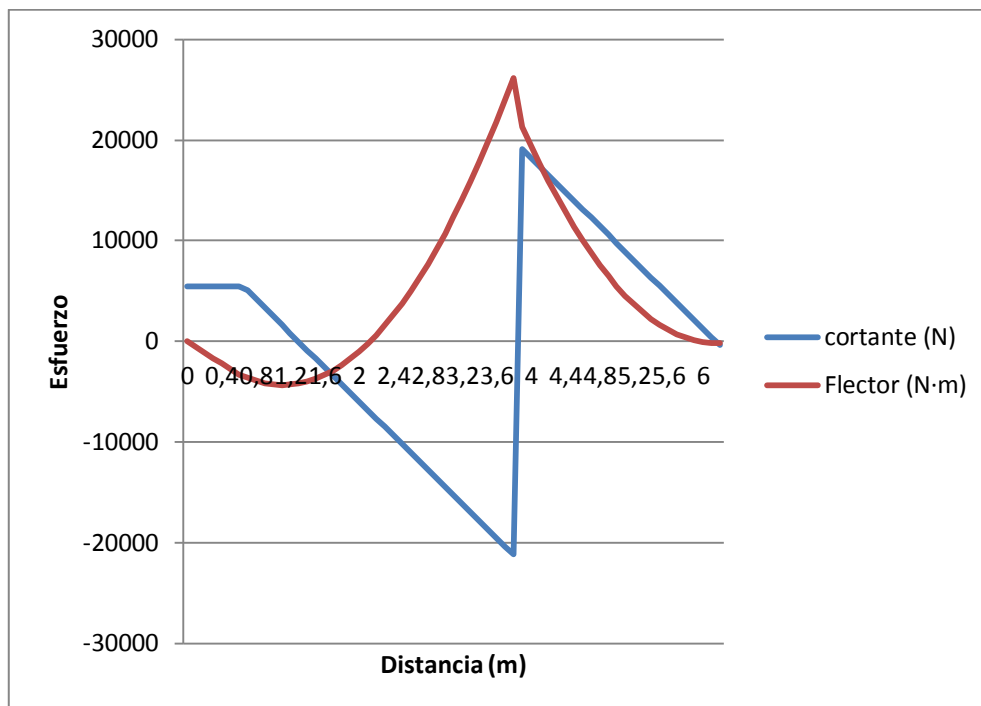


Ilustración 21: Diagrama de esfuerzos.

Este diagrama indica los tramos del bastidor que están sometidos a mayores esfuerzos.

El valor correspondiente a máximo esfuerzo cortante es:

$$Q_{max} = 21.202,07 \text{ N} = 21,20 \text{ kN}$$

El valor correspondiente al máximo esfuerzo flector es:

$$M_{max} = 26.172,41 \text{ N} \cdot \text{m} = 26,17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### 6.3. Cálculo de la resistencia del bastidor.

En primer lugar, se definen las características mecánicas y dimensiones de la sección del bastidor reforzado que se ha empleado en el vehículo. Estos datos serán necesarios para el cálculo del módulo resistente y del coeficiente de seguridad a flexión en la sección más solicitada.

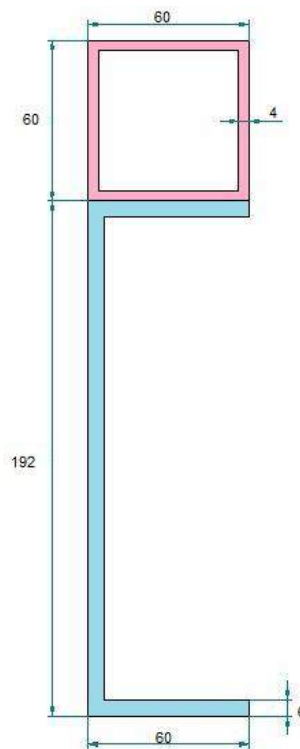


Ilustración 22: Medidas del bastidor y del sub-chasis en mm.

El bastidor del vehículo está formado por dos largueros en forma de U con las siguientes dimensiones:

	Medida (mm)
Base (B)	60
Altura (H)	192
Espesor (E)	6

Tabla 8: Medidas del bastidor.

El bastidor auxiliar o el sub-chasis tiene las siguientes medidas y características:

	Medida (mm)
Base (B)	60
Altura (H)	60
Espesor (E)	4

Tabla 9: Medidas del bastidor auxiliar o sub-chasis.

### 6.3.1. Cálculo del centro de gravedad y de los momentos de inercia del conjunto.

Primero se hallará el centro de gravedad y el momento de inercia según el eje x de la sección conjunta bastidor + sub-chasis.

Para calcular el centro de gravedad se utilizarán las siguientes formulas siendo cada subíndice la división del conjunto de la sección.

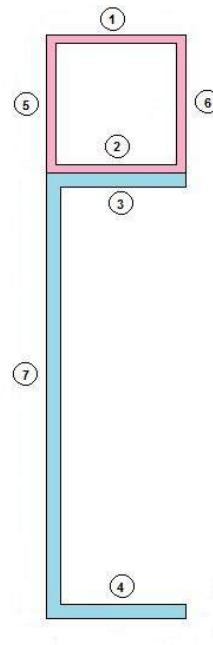


Ilustración 23: Bastidor y sub-chasis.

Centro de gravedad en el eje X:

$$X_g = \frac{A_1 \cdot x_1 + A_2 \cdot x_2 + A_3 \cdot x_3 + A_4 \cdot x_4 + A_5 \cdot x_5 + A_6 \cdot x_6 + A_7 \cdot x_7 + A_8 \cdot x_8}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8}$$

Ecuación 15

Centro de gravedad en el eje Y:

$$Y_g = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3 + A_4 \cdot y_4 + A_5 \cdot y_5 + A_6 \cdot y_6 + A_7 \cdot y_7 + A_8 \cdot y_8}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8}$$

Ecuación 16

Donde  $A_i$  es el área de cada sección  $i$ , y los parámetros “ $x$ ” e “ $y$ ” son la posición del centro de gravedad.

Una vez hallado el centro de gravedad, aplicando el teorema de Steiner para los momentos de inercia. Se calcularán dichos valores para el bastidor del vehículo.

$$I_{x_{total}} = \Sigma I_{xi} \rightarrow i = (1, \dots, 8)$$

Ecuación 17

$$I_{xi} = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + A_i \cdot (y_{gi} - y_g)^2$$

$$I_{y_{total}} = \Sigma I_{yi} \rightarrow i = (1, \dots, 8)$$

Ecuación 18

$$I_{yi} = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 + A_i \cdot (x_{gi} - x_g)^2$$

i	Base (m)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	CDG X (m)	CDG Y (m)
1	0,06	0,004	0,00024	0,03	0,25
2	0,06	0,004	0,00024	0,03	0,194
3	0,06	0,006	0,00036	0,03	0,189
4	0,06	0,006	0,00036	0,03	0,003
5	0,004	0,052	0,000208	0,002	0,222
6	0,004	0,052	0,000208	0,058	0,222
7	0,006	0,18	0,00108	0,003	0,092

Tabla 10: Valores bastidor del vehículo.

Con estos valores se obtienen los siguientes resultados:

Sección	$2,696 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
$I_x$	$1,948 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$
$I_y$	$7,477 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
Centro de gravedad (y)	0,0192 m
Centro de gravedad (x)	0,136 m

Tabla 11: Resultados momento inercia y gravedad.

### 6.3.2. Cálculo del módulo resistente.

El valor del módulo ( $W$ ) es utilizado para determinar el cálculo de la flexión de la sección más solicitada y así obtener el coeficiente de seguridad.

$$W = \frac{I_x}{y_g} = \frac{1,948 \cdot 10^{-5}}{0,0192} = 1,0146 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Ecuación 19

Donde “ $I$ ” es momento de inercia y “ $y_g$ ” es la posición del centro de gravedad con respecto al eje  $y$ .

### 6.3.3. Cálculo a flexión de la sección más solicitada.

Con los resultados obtenidos en la distribución de esfuerzos (Ilustración 21), se observa que el Momento flector máximo es:

$$M_{max} = 26.172,41 \text{ N} \cdot \text{m} = 26,17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

La tensión máxima que soporta el bastidor, viene expresada en la siguiente ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{26.172,41}{1,0146 \cdot 10^{-3}} = 2,579 \cdot 10^7 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \text{Ecuación 20}$$

El acero del que está formado el bastidor tiene un límite elástico:  $\sigma_y = 52 \text{ daN/mm}^2$ .

A continuación se calculará el coeficiente de seguridad, este valor viene definido por el cociente entre el límite elástico del material y la máxima tensión a la que está sometido. El límite elástico en el numerador se multiplica por dos, teniendo en cuenta que son dos largueros los que tiene el bastidor.

$$n = \frac{2 \cdot \sigma_y}{\sigma_{max}} = \frac{2 \cdot 520 \cdot 10^6}{2,579 \cdot 10^7} = 45 \quad \text{Ecuación 21}$$

### 6.3.4. Cálculo a cortadura de la sección más solicitada.

Con los resultados obtenidos en la distribución de esfuerzos (Ilustración 21, se observa que el máximo cortante es:

$$Q_{max} = 21.202,07 \text{ N} = 21,20 \text{ kN}$$

Para hallar el límite elástico a cortadura ( $\tau$ ), se obtiene utilizando el criterio de Von Mises-Hencky:

$$\tau = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \text{Ecuación 22}$$

La tensión de cortadura máxima viene definida por el valor del cortante máximo distribuido por el área de la sección.

$$\tau_{max} = \frac{Q_{max}}{s} = \frac{21.202,07}{2,696 \cdot 10^{-3}} = 7,864 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \text{Ecuación 23}$$

A continuación se calculará el coeficiente de seguridad, este valor viene definido por el cociente entre el límite elástico del material y la máxima tensión a la que está sometido. El límite elástico en el numerador se multiplica por dos, teniendo en cuenta que son dos largueros los que tiene el bastidor.

$$n = \frac{2 \cdot \tau}{\tau_{max}} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^8}{7,864 \cdot 10^6} = 76$$
Ecuación 24

#### 6.4. Cálculo de las reacciones en los ejes debidas a la carga útil cuando el vehículo está trabajando en condiciones extremas.

##### 6.4.1. Reparto de la carga en el arranque.

Al arrancar un vehículo aparece una fuerza de inercia  $I$ , que se opone a la fuerza que tiende a poner en movimiento el vehículo, y que modifica las cargas sobre los ejes, de forma que sobre el eje trasero gravita más carga que cuando el vehículo está parado. La fuerza de inercia se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{2 \cdot \eta}{\xi_C \cdot \xi_D \cdot D_n} \cdot M_m$$
Ecuación 25

Donde,  $M_m$  es el par motor,  $\xi_C$  y  $\xi_D$  son las reducciones de la caja de cambios y diferencial respectivamente,  $D_n$  es el diámetro de las ruedas y  $\eta$  es el rendimiento de la transmisión.

Los valores de par motor, y las reducciones de la caja de cambios y diferencial, son datos proporcionados por el fabricante del vehículo. El rendimiento de la transmisión se estima al alza, considerando un valor aceptable para el cálculo 0,85.

$$\xi_C = 5,397$$

$$\xi_D = 5,285$$

$$M_m = 370 \text{ Nm}$$

Para calcular el diámetro nominal del neumático se ha de conocer la nomenclatura que indica sus dimensiones.



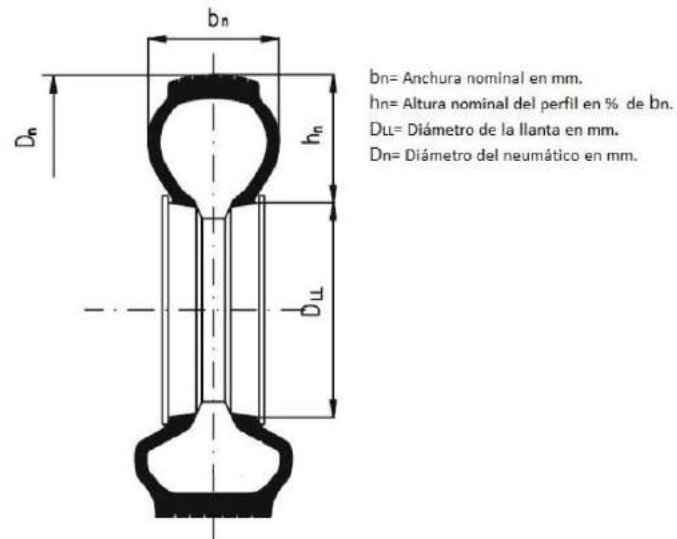


Ilustración 24: Esquema y dimensiones de una rueda [10].

El neumático instalado es 205/75 R17.5

$$b_n = 205 \text{ mm}$$

$$h_n = 75\% \cdot b_n = 143,3 \text{ mm}$$

$$D_{LL} = 17,5" \cdot 25,4 \text{ mm} = 444,5 \text{ mm}$$

Por lo tanto el diámetro nominal es:

$$D_n = 2 \cdot h_n + D_{LL} = 731,1 \text{ mm}$$

Una vez conocido todos los parámetros necesarios, es posible calcular la fuerza de inercia:

$$I = 30,16 \text{ N}$$

El eje trasero sufre un incremento de carga  $l \cdot h/p$  respecto a la del vehículo parado, y el eje delantero queda descargado en el mismo valor.

El reparto de la carga debido al peso propio del vehículo, **sin tener en cuenta la carga**. No se suele tener en cuenta, debido a que el valor de  $l' \cdot h'/p$  suele ser muy pequeño. Por lo tanto se considera que  $r'_A$  y  $r'_B$  son iguales a  $r_A$  y  $r_B$ .

El reparto de la carga del vehículo, **sin tener en cuenta el peso propio**.

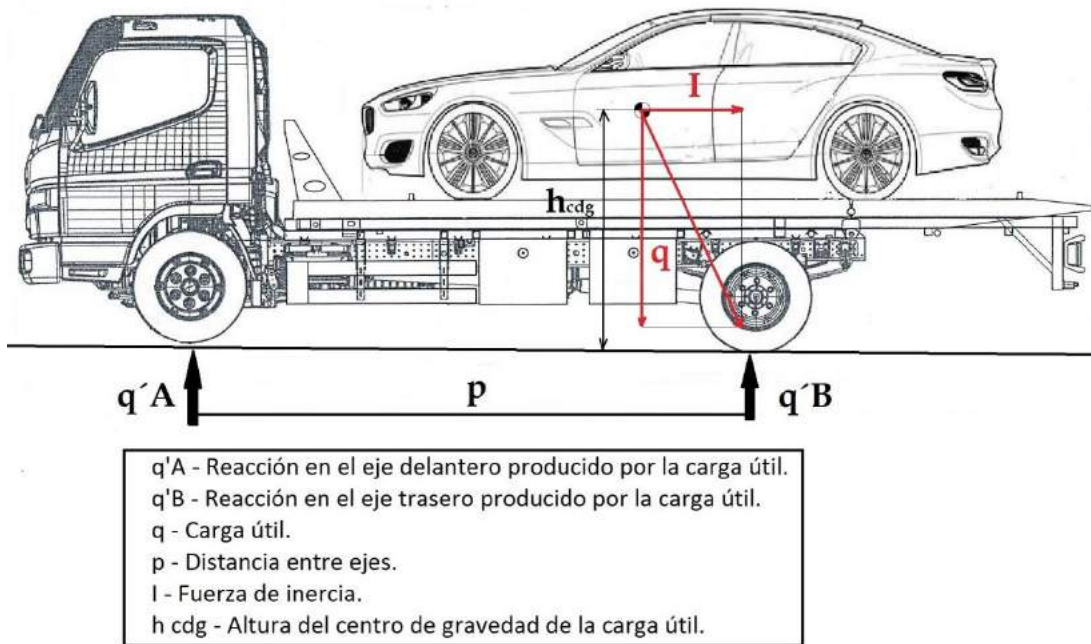


Ilustración 25: Reparto de carga en el arranque.

Las reacciones en el eje delantero son:

$$q'_A = q_A - \frac{I \cdot h_{cdg}}{p} \quad \text{Ecuación 26}$$

Donde  $q_A$  es el peso que produce la carga al eje delantero cuando el vehículo está parado, estos datos se obtienen de la tabla 5.

$$q_A = 388 \text{ kg} \quad q_A = 3.805 \text{ N}$$

Para la altura del centro de gravedad se mantendrá la hipótesis aplicada en el apartado de reparto de cargas, (altura del c.d.g. de la carga son 500mm desde la plataforma).

$$h_{cd} \sim 1500 \text{ mm}$$

Por lo tanto, sustituyendo los datos en la Ecuación 26, se obtiene:

$$q'_A = 3.793,25 \text{ N} \quad q'_A = 386,67 \text{ kg}$$

Ahora se calculará la reacción en el eje delantero.

$$R_A = q'_A + r_A + P_{ocupante} \quad \text{Ecuación 27}$$

Sustituyendo el dato de “ $r_A$ ” y “ $P_{\text{ocupante}}$ ” de la tabla 5 del capítulo 6.1, obteniendo:

$$R_A = 20.408,9 \text{ N} \quad R_A = 2.080,4 \text{ kg}$$

Las reacciones en el eje trasero son:

$$q'_B = q_B + \frac{I \cdot h_{cdg}}{p} \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde la carga del eje trasero viene en la tabla 5:

$$q_B = 2.912 \text{ kg} \quad q_B = 28.537,6 \text{ N}$$

Por lo tanto sustituyendo en la Ecuación 28, se obtiene:

$$q'_B = 28.549,35 \text{ N} \quad q'_B = 2.910,23 \text{ kg}$$

Ahora se calculará la reacción en el eje trasero:

$$R_B = q'_B + r_B \quad \text{Ecuación 29}$$

Sustituyendo el dato de “ $r_B$ ” de la tabla 5 del capítulo 6.1, obteniendo:

$$R_B = 49.729,14 \text{ N} \quad R_B = 5.069,23 \text{ kg}$$

Por lo tanto es válido, ya que no se produce sobrecarga en el eje trasero.

#### 6.4.2. Reparto de carga en el frenado.

En este caso la fuerza de inercia actúa en sentido contrario al caso anterior, el eje delantero experimenta un incremento de la carga con respecto al vehículo parado, y ocurre lo contrario sobre el eje trasero.

La fuerza de inercia queda expresada de la siguiente forma:

$$I_f = Q \cdot \frac{J}{g} \rightarrow \frac{J}{g} = z \quad \text{Ecuación 30}$$

$I_f \text{ (N)}$	Fuerza de inercia debida a la acción de frenado
$Q \text{ (N)}$	Carga útil
$z$	Coeficiente de frenado del vehículo
$J$	Deceleración de frenado
$g$	Gravedad

Tabla 12: Parámetros de la fuerza de inercia.

El coeficiente de frenado ( $z$ ), está definido en la Directiva 98/14/CE de la comisión de 27 de enero de 1998, sobre los dispositivos de frenado de determinadas categorías de vehículos a motor y de sus remolques [13].

Para vehículos de 2 ejes, debe cumplirse:

$$z \geq 0,1 + 0,85 \cdot (k - 0,2)$$

Ecuación 31

Siendo:  $0,2 \leq k \leq 0,8$

Por lo tanto, para calcular la fuerza de inercia debido a la frenada, se utilizará la Ecuación 6.4.5. dando un valor de  $k=0,8$  por ser el más restrictivo.

$$z \geq 0,61$$

Dando un resultado de:

$$I_{frenado} = 1.877 \text{ kg} \quad I_{frenado} = 18.420,97 \text{ N}$$

Siendo el reparto de cargas el que se indica en la ilustración 26:

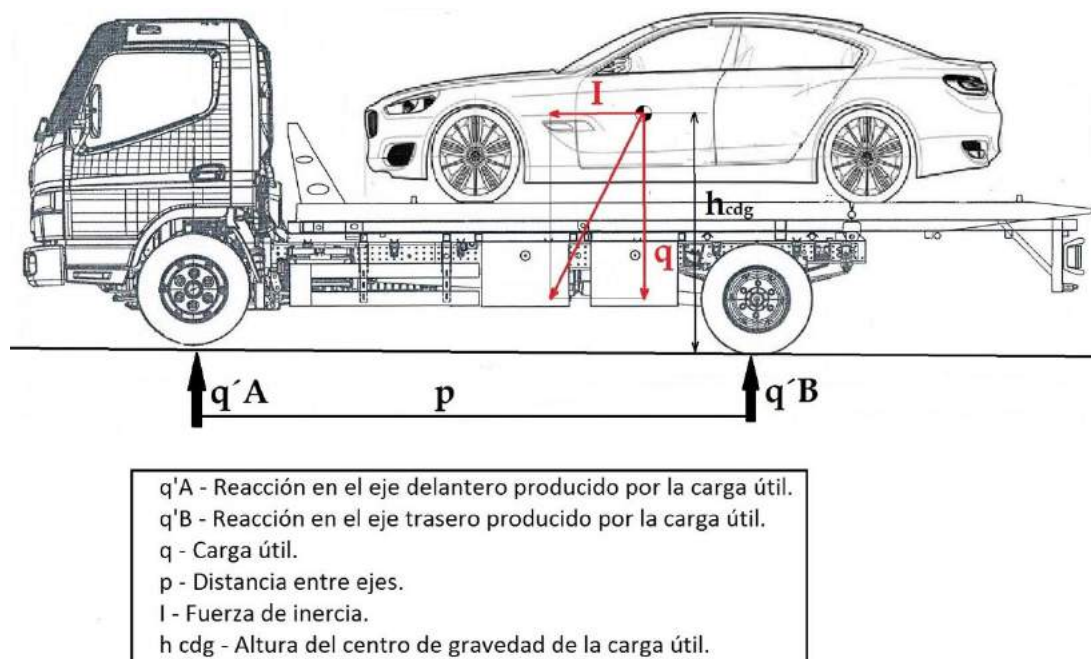


Ilustración 26: Reparto de carga en la frenada.

Las reacciones en el eje delantero se expresan:

$$q'_A = q_A + \frac{I \cdot h_{cdg}}{p}$$

Ecuación 32

Utilizando los mismos valores del apartado anterior para  $h_{cdg}$  y para la distancia entre los ejes “p”.

$$q'_A = 10.262 \text{ N} \quad q'_A = 1.046,08 \text{ kg}$$

Ahora se calculará la reacción en el eje delantero.

$$R_A = q'_A + r_A + P_{ocupante} \quad \text{Ecuación 33}$$

Sustituyendo el dato de “ $r_A$ ” y “ $P_{ocupante}$ ” de la tabla 5, obteniendo:

$$R_A = 30.283 \text{ N} \quad R_A = 3.087 \text{ kg}$$

Por lo tanto es válido, ya que no se produce sobrecarga en el eje delantero.

Las reacciones en el eje trasero vienen dadas por la siguiente expresión:

$$q'_B = q_B - \frac{I \cdot h_{cdg}}{p} \quad \text{Ecuación 34}$$

De la tabla 5 se obtienen los siguientes valores que se sustituirán en la Ecuación 28:

$$q_B = 2.912 \text{ kg} \quad q_B = 28.538 \text{ N}$$

Por lo tanto:

$$q'_B = 21.360,99 \text{ N} \quad q'_B = 2.177,47 \text{ kg}$$

Ahora se calculará la reacción en el eje trasero:

$$R_B = q'_B + r_B \quad \text{Ecuación 35}$$

Sustituyendo en la ecuación anterior:

$$R_B = 42.540,78 \text{ N} \quad R_B = 4.336,47 \text{ kg}$$

## 6.5. Cálculo de la estabilidad lateral dinámica.

### 6.5.1. Cálculo de la velocidad límite de vuelco.

Para el estudio de estabilidad dinámica se realizará en las condiciones más desfavorables de carga. Se comprobarán las velocidades máximas de vuelco y derrape para diferentes radios de curvatura y diferentes peraltes.

Cuando el vehículo describe una trayectoria curva, la fuerza centrífuga, la cual actúa en el centro de gravedad, origina un esfuerzo lateral, que deberá ser compensado por las fuerzas de adherencia producida por los neumáticos y el suelo, y un momento de vuelco.

Si se aumenta la velocidad, se incrementará la fuerza centrífuga, si la adherencia transversal es sobrepasada por la fuerza centrífuga, el vehículo puede perder su trayectoria o puede producirse un vuelco.

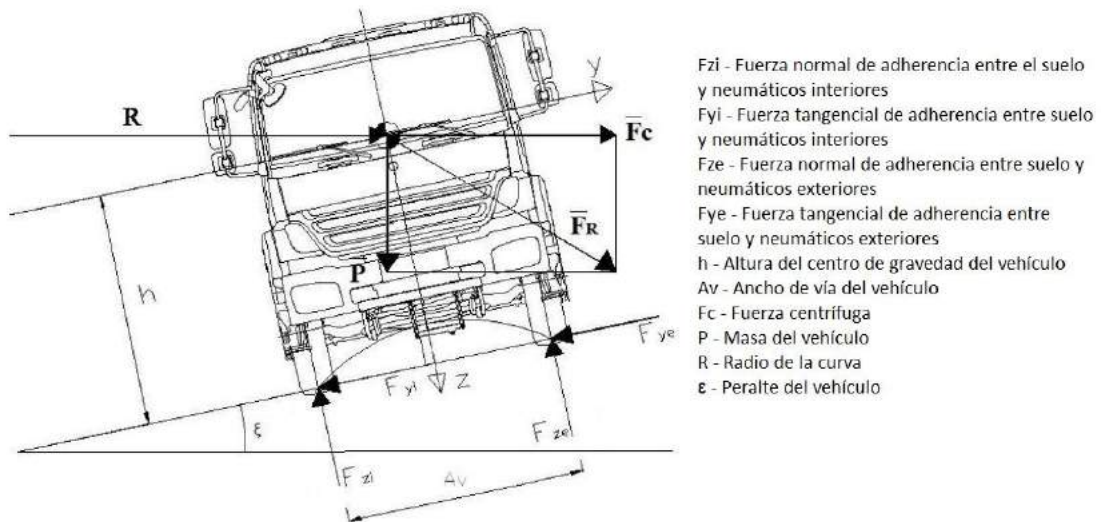


Ilustración 27: Estabilidad lateral dinámica.

Se observa cómo las fuerzas que intervienen se pueden descomponer las fuerzas según los ejes y-z:

$$F_y = F_c \cdot \cos \varepsilon - P \cdot \sin \varepsilon \quad \text{Ecuación 36}$$

$$F_z = P \cdot \cos \varepsilon + F_c \cdot \sin \varepsilon \quad \text{Ecuación 37}$$

La condición de vuelco puede formularse:

$$\frac{F_y}{F_z} = \frac{F_c \cdot \cos \varepsilon - P \cdot \sin \varepsilon}{P \cdot \cos \varepsilon + F_c \cdot \sin \varepsilon} = \frac{Av/2}{h} \quad \text{Ecuación 38}$$

Teniendo en cuenta que la fuerza centrífuga es:

$$F_c = \frac{P \cdot V^2}{g \cdot R} \quad \text{Ecuación 39}$$

Donde "V" es la velocidad del vehículo.

Sustituyendo la expresión de la fuerza centrífuga en la ecuación de vuelco, se puede despejar la velocidad para obtener el límite de vuelco ( $V_v$ ).

$$V_{lv} = \sqrt{g \cdot R \cdot \frac{Av/2 \cdot h + tg \varepsilon}{1 - Av/2 \cdot h \cdot tg \varepsilon}}$$

Ecuación 40

Para el caso de peralte nulo:

$$V_{lv} = \sqrt{g \cdot R \cdot \frac{Av}{2 \cdot h}}$$

Ecuación 41

Para realizar estos cálculos se necesita el valor de la altura del centro de gravedad (h). Para hallar este valor se necesita la altura del centro de gravedad en vacío ( $h_1$ ), la altura del centro de gravedad de la plataforma ( $h_2$ ) y por último el de la carga ( $h_3$ ). Estos valores se hallarán a partir de los siguientes pasos:

- Altura del centro de gravedad del vehículo en vacío.

El centro de gravedad del vehículo viene dado por el fabricante.

$$h_1 = 238 \text{ mm}$$

La masa del vehículo en vacío es:

$$T = 2.650 \text{ kg}$$

- Altura del centro de gravedad de la plataforma.

Para la posición del centro de gravedad de la plataforma se supondrá que está situado en el centro de la altura del mecanismo.

$$h_{pl} = 140 \text{ mm}$$

Por lo tanto si la altura del chasis es de 695 mm, la altura del centro de gravedad de la plataforma respecto al suelo será:

$$h_2 = 695 + 140 = 835 \text{ mm}$$

Siendo el peso de la plataforma:

$$P_{pl} = 1.450 \text{ kg}$$

- Altura del centro de gravedad de la carga.

Se tomará la hipótesis de que la media del centro de gravedad de los vehículos que puede llevar cargados el camión es de:

$$h_v = 500 \text{ mm}$$

Sumando esta altura a la altura del chasis y la altura del mecanismo de la plataforma, se obtiene que  $h_3$  tiene un valor de:

$$h_3 = 695 + 240 + 500 = 1.435 \text{ mm}$$

Donde la carga máxima que puede transportar el camión es de:

$$Q_{max} = 3.300 \text{ kg}$$

Por lo tanto la altura aproximada del centro de gravedad del vehículo con carga máxima es de:

$$h = \frac{h_1 \cdot T + h_2 \cdot P_{pl} + h_3 \cdot Q_{max}}{T + P_{pl} + Q_{max}}$$

Ecuación 42

$$h = 889 \text{ mm}$$

El ancho de vía del vehículo ( $A_v$ ) viene dado por el fabricante en la tabla 2:

$$A_v = 2.030 \text{ mm}$$

El radio y el peralte de la curva, viene definido en la Instrucción de Carreteras, en su norma 3.1-IC, aprobada por Orden Ministerial del 27/12/1999, en la que se establecen los criterios técnicos para el trazado geométrico de las carreteras [14].

Las siguientes tablas se incluyen las relaciones entre los radios y peraltes correspondientes a diferentes velocidades específicas:

Velocidad específica (km/h)	Radio (m)	Peralte %
80	250	8
85	300	8
90	350	8
95	400	8
100	450	8
105	500	8
110	600	8
115	700	8
120	800	8
125	900	7,51
130	1.050	6,97

Tabla 13: Relación velocidad específica - radio - peralte para autovías, vías rápidas y carreteras C-100.



Velocidad específica (km/h)	Radio (m)	Peralte %
40	50	7
45	65	7
50	85	7
55	105	7
60	130	7
65	155	7
70	190	7
75	225	7
80	265	7
85	305	7
90	350	7
95	410	6,50
100	485	5,85
105	570	5,24
110	670	4,67

Tabla 14: Relación de velocidad específica - radio - peralte para carreteras C-80, C-60 y C-40.

Una vez obtenido todos los parámetros necesarios, se calculará la velocidad límite de vuelco en función del radio de curvatura y del peralte. Así se podrá comprobar si el camión puede circular en todas las carreteras sin problemas de velocidad.

Autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100			
Velocidad (km/h)	Radio (m)	Peralte (%)	Velocidad límite de vuelco(km/h)
80	250	8	206
85	300	8	226
90	350	8	244
95	400	8	261
100	450	8	277
105	500	8	292
110	550	8	306
115	600	8	320
120	700	8	345

Tabla 15: Velocidad límite en función del radio y el peralte en autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100.

Carreteras C-80, C-60, C-40			
Velocidad (km/h)	Radio (m)	Peralte (%)	Velocidad límite de vuelco(km/h)
40	50	7	95
45	65	7	109
50	85	7	124
55	105	7	138
60	130	7	154
65	155	7	168
70	190	7	186
75	225	7	203
80	265	7	220
85	305	7	236
90	350	7	253
95	410	6,5	271
100	485	5,85	292
105	570	5,24	313
110	670	4,67	336

Tabla 16: Velocidad límite en función del radio y del peralte en carreteras C-80, C-60 y C-40.

### 6.5.2. Cálculo de la velocidad límite de derrape.

Del diagrama de fuerzas se puede obtener:

$$F_{zi} + F_{ze} = P \cdot \cos \varepsilon + F_c \cdot \sin \varepsilon \quad \text{Ecuación 43}$$

$$F_{yi} + F_{ye} = -P \cdot \sin \varepsilon + F_c \cdot \cos \varepsilon \quad \text{Ecuación 44}$$

Teniendo en cuenta que:

$$(F_{zi} + F_{ze}) \cdot \mu_y = F_{ye} + F_{yi} \quad \text{Ecuación 45}$$

Donde  $\mu_y$  es el coeficiente de adherencia.

Sustituyendo, se llega a la expresión:

$$\mu_y \cdot (P \cdot \cos \varepsilon + F_c \cdot \sin \varepsilon) = -P \cdot \sin \varepsilon + F_c \cdot \cos \varepsilon \quad \text{Ecuación 46}$$

Teniendo en cuenta que la fuerza centrífuga viene dada por la Ecuación 37.

Sustituyendo la expresión de la fuerza centrífuga en la Ecuación 44, se puede despejar la velocidad:

$$V = \sqrt{g \cdot R \cdot \frac{\mu_y + \operatorname{tg} \varepsilon}{1 - \mu_y \cdot \operatorname{tg} \varepsilon}} \quad \text{Ecuación 47}$$

Si  $\mu_y = \mu_{y\max}$ , se obtiene la velocidad máxima de derrape [  $V_{ld}$  ].

$$V_{ld} = \sqrt{g \cdot R \cdot \frac{\mu_{y\max} + \tan \varepsilon}{1 - \mu_{y\max} \cdot \tan \varepsilon}}$$

Ecuación 48

Para el caso de que la curva no esté peraltada,  $\varepsilon = 0$ :

$$V_{lv} = \sqrt{g \cdot R \cdot \mu_{y\max}}$$

Ecuación 49

Al igual que en el apartado anterior, se tendrá en cuenta la Norma 3.1 IC. En la cual se evalúan las condiciones de seguridad de las curvas, estableciendo la velocidad máxima a la que se puede circular dependiendo de las condiciones climatológicas.

Para los cálculos se tendrán en cuenta los valores medios del coeficiente de rozamiento en función de las diferentes condiciones climáticas:

Superficie	Valor máximo de $\mu_{\max}$
Asfalto seco	0,8
Asfalto húmedo	0,5
Hielo	0,1

Tabla 17: Coeficiente de rozamiento en función de la climatología.

Los valores máximos de velocidad vienen dados por la siguiente tabla, extraída de la Norma 3.1-IC:

Autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100			
V (km/h)	V <sub>max</sub> (km/h)		
	SECO	HUMEDO	HIELO
80	130	80	53
90	154	93	63
100	174	103	72
110	193	111	79
120	217	122	89
130	244	130	95
140	283	140	102
150	329	150	108

Tabla 18: Velocidad máxima en autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100.

Carreteras C-80, C-60, C-40			
V (km/h)	V <sub>max</sub> (km/h)		
	SECO	HUMEDO	HIELO
40	57	40	23
50	75	51	29
60	93	60	36
70	112	71	44
80	132	80	52
90	152	90	60
100	177	100	65
110	206	110	69

Tabla 19: Velocidad máxima en carreteras C-80, C-60 y C-40.

A continuación se compararán las velocidades límites a las que es capaz de llegar el camión en las curvas, en diferentes condiciones climatológicas, comparando estas velocidades con las máximas establecidas por la Norma 3.1- IC.

Los valores de la velocidad límite de deslizamiento quedan representados por las siguientes tablas:

Autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100								
Velocidad máxima V <sub>max</sub> (km/h)						Velocidad límite V <sub>lim</sub> (km/h)		
V (km/h)	SECO	HUMEDO	HIELO	RADIO (m)	PERALTE (%)	SECO	HUMEDO	HIELO
80	130	80	53	250	8	173	139	76
90	154	93	63	350	8	205	164	90
100	174	103	72	450	8	232	186	102
110	193	111	79	550	8	256	206	113
120	217	122	89	700	8	289	232	127

Tabla 20: Comparación velocidad máxima con velocidad límite en autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100.

Carreteras C-80, C-60, C-40								
Velocidad máxima V <sub>max</sub> (km/h)						Velocidad límite V <sub>lim</sub> (km/h)		
V (km/h)	SECO	HUMEDO	HIELO	RADIO (m)	PERALTE (%)	SECO	HUMEDO	HIELO
40	57	40	23	50	7	77	61	33
50	75	51	29	85	7	100	80	43
60	93	60	36	130	7	123	99	53
70	112	71	44	190	7	149	119	64
80	132	80	52	265	7	176	141	76
90	152	90	60	350	7	203	162	87
100	177	100	65	485	5,85	236	188	99
110	206	110	69	670	4,67	274	218	112

Tabla 21: Comparación velocidad máxima con velocidad límite en carreteras C-80, C-60 y C-40.

Comparando los resultados de ambos apartados se puede apreciar que en pavimento seco, el vehículo deslizaría antes de volcar. Todos los valores de velocidad límite del vehículo, son aceptables, ya que están por encima de los valores de referencia que marca la Instrucción de Carreteras, en su Norma 3.1-IC.

Hay que tener en cuenta que la máxima velocidad a la que puede circular el vehículo es de 90km/h, tal y como indica la Directiva 92/6/CEE del consejo de 10 de febrero de 1992 relativa a la instalación y a la utilización de limitador de velocidad en determinadas categorías de vehículos de motor [15].

Debido a la restricción de velocidad, las situaciones más críticas de deslizamiento se producirían en los tramos de carretera cuya velocidad máxima es menor de 90km/h. Sobre todo en aquellos casos que las condiciones meteorológicas sean muy adversas, como en el caso del hielo.

#### 6.6. Estudio estático de la estabilidad.

Se realizará el estudio de la estabilidad estática del vehículo atendiendo a un criterio que resulta de un estudio matemático.

##### 6.6.1. Cálculo de la estabilidad longitudinal.

Para realizar los cálculos es necesario calcular la posición del c.d.g. del vehículo.

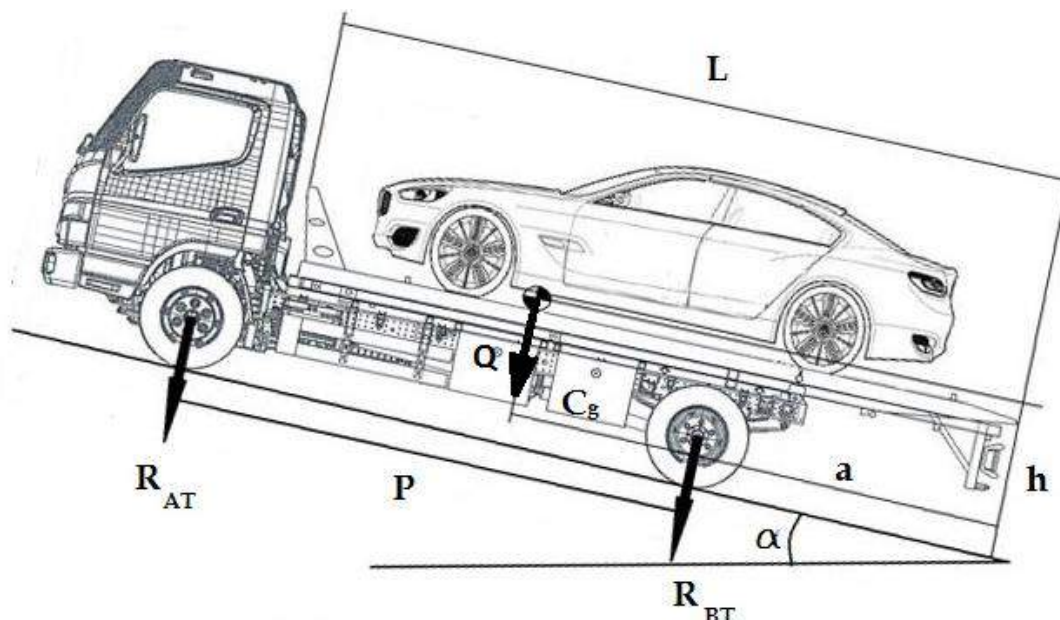


Ilustración 28: Estabilidad longitudinal estática.

Para el cálculo de la distancia  $C_g$  del centro de gravedad del vehículo al eje trasero se empleará la siguiente expresión:

$$C_g = \frac{Q \cdot y_1 + R_{AT} \cdot p}{Q + R_{AT} + R_{BT}}$$

Ecuación 50

Donde:

- $y_1 = \frac{L}{2} - a$ ; siendo L la longitud de la plataforma y “a” el voladizo posterior. Tomando para este proyecto  $y_1 = 453 \text{ mm}$
- $R_{AT}$  y  $R_{BT}$  son las reacciones sobre los ejes delantero y trasero, debido a la tara del autobastidor, o chasis cabina.

$$R_{AT} = 1.720 \text{ kg} \quad y \quad R_{BT} = 880 \text{ kg}$$

- Q es el peso de la plataforma y la carga máxima a transportar.  $Q = 4.750 \text{ kg}$

Con estos valores la distancia  $C_g$  del centro de gravedad del vehículo al eje trasero es:

$$C_g = 1.580 \text{ mm}$$

Aplicando un punto de vista matemático, para que el vehículo se encuentre en posición estable, se tiene que verificar que:

$$R_{AT\alpha} > 0$$

Ecuación 51

Siendo  $R_{AT\alpha}$  el reparto de carga sobre el eje delantero en una carretera con una inclinación  $\alpha$  cualquiera.

Para que este vehículo no deslice es necesario que cumpla que la fuerza total de adherencia sea mayor que la resistencia al movimiento debida a la pendiente.

$$F_a > R_p$$

Ecuación 52

Donde  $F_a = Q_T \cdot \cos \alpha \cdot \mu_a$  es la fuerza de adherencia y  $\mu_a$  el coeficiente de adherencia (en la práctica se suele tomar que  $\mu_a = 0,6$ ) y siendo  $R_p = Q_T \cdot \sin \alpha$  la resistencia al movimiento del vehículo debido a la pendiente.

Por lo tanto, para que el vehículo no bascule ni deslice han de cumplirse las condiciones citadas anteriormente. Que también pueden resumirse de la siguiente manera:

$$\mu_a > \tan \alpha < \frac{C_g}{h}$$

Ecuación 53

Siendo  $C_g$  la distancia de c. d. g. del peso total del vehículo al eje trasero y h la altura del c. d. g. respecto al suelo. Además la pendiente máxima que suele utilizarse en la práctica es  $\tan \alpha = 0,3$  (30%) con el vehículo parado.

Sustituyendo los valores en la Ecuación 51, se obtiene que:

$$\mu_a = 0,6 > \tan \alpha = 0,3$$

$$\frac{C_g}{h} = \frac{1.580}{889} = 1,78 > \tan \alpha = 0,3$$

### 6.6.2. Cálculo de la estabilidad lateral.

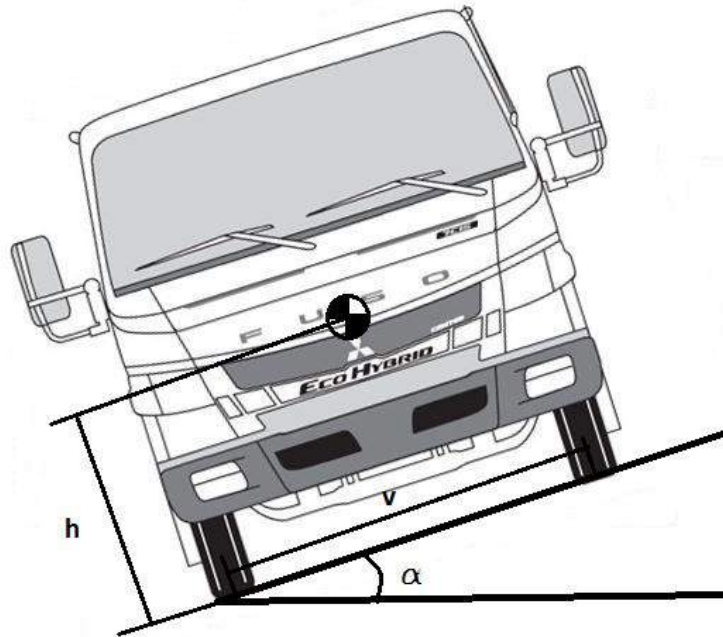


Ilustración 29: Estabilidad lateral estática [7].

De la misma forma, para que el vehículo colocado transversalmente no bascule ni deslice es necesario que cumpla la siguiente condición:

$$\mu_a > \tan \alpha < \frac{v}{2 \cdot h}$$

Ecuación 54

Siendo  $v$  la vía media del vehículo ( $v = 2.030 \text{ mm}$ ).

Aunque una carretera no suele tener un peralte de más de un 10%, con el objetivo de tener un margen de seguridad alto, el peralte que se tomará en los cálculos tendrá un valor del 30% en reposo.

$$\mu_a = 0,6 > \tan \alpha = 0,3$$

$$\frac{v}{2 \cdot h} = \frac{2.030}{2 \cdot 889} = 1,14 > \tan \alpha = 0,3$$

Como se puede comprobar cumple todos los requisitos de estabilidad, tanto estática como dinámica.

### 6.7. Maniobrabilidad del vehículo.

Atendiendo a condiciones de seguridad y al cumplimiento de la directiva 97/27/CEE. Para garantizar una maniobrabilidad suficiente del vehículo, debe mantenerse la carga mínima sobre el eje delantero (un 25% del peso total del vehículo) en todas las condiciones de carga.

Comprobación de adherencia	Peso máximo (kg)	Condición de adherencia, (25%) del peso max. (kg)	Peso del eje delantero (kg)	Peso del eje delantero mayor que el 25% peso máximo
Posición de marcha o en vacío	4.050	1.012	1.891	Cumple
Carga máxima, posición de vuelco $\alpha=0^\circ$	7.500	1.875	2.429	Cumple
Carga máxima, posición de vuelco $\alpha=\alpha_{\max}$	7.500	1.875	1.913	Cumple
Carga máxima al arranque	7.500	1.875	2.080,4	Cumple
Carga máxima a la frenada	7.500	1.875	3.087	Cumple

Tabla 22: Maniobrabilidad del vehículo.

Como se puede comprobar en todos los casos cumple la restricción establecida por la Directiva 97/27/CEE la cual, dice que el eje delantero tiene que soportar al menos el 25% de la carga.

### 6.8. Cálculo de los esfuerzos que actúan sobre los bulones y las articulaciones de la plataforma basculante.

En este apartado se indicará el cálculo de la resistencia de los bulones del mecanismo, que sirven como unión entre distintos elementos.

Estos bulones permiten libremente un cierto giro relativo entre las piezas que enlaza. En este caso, se recomienda disponer de un casquillo de material resistente a la corrosión, tal como bronce o bronce sinterizado con PTFE, entre el bulón y las piezas a unir cuando sea necesario el giro de la unión.

En los bulones hay dos esfuerzos, cortante y flector. Los cuales se realizarán los cálculos después de las ilustraciones.

Los esfuerzos de la sujeción de los bulones están calculados previamente por el fabricante de la plataforma portavehículos.



En la plataforma portavehículos hay 8 bulones como se muestra en las siguientes imágenes:

- Bulones del bastidor auxiliar o sub-chasis:

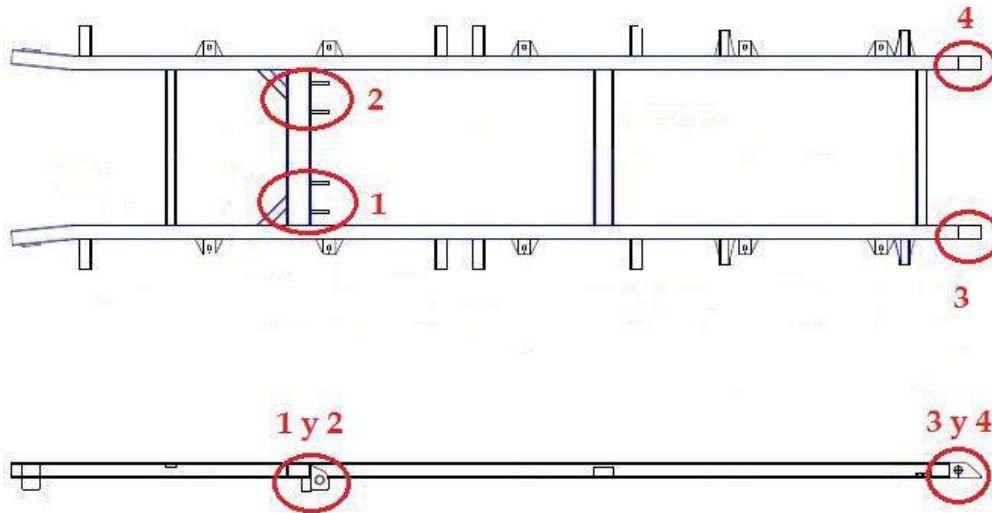


Ilustración 30: Bulones en el bastidor auxiliar o sub-chasis.

- Bulones de la estructura basculante:

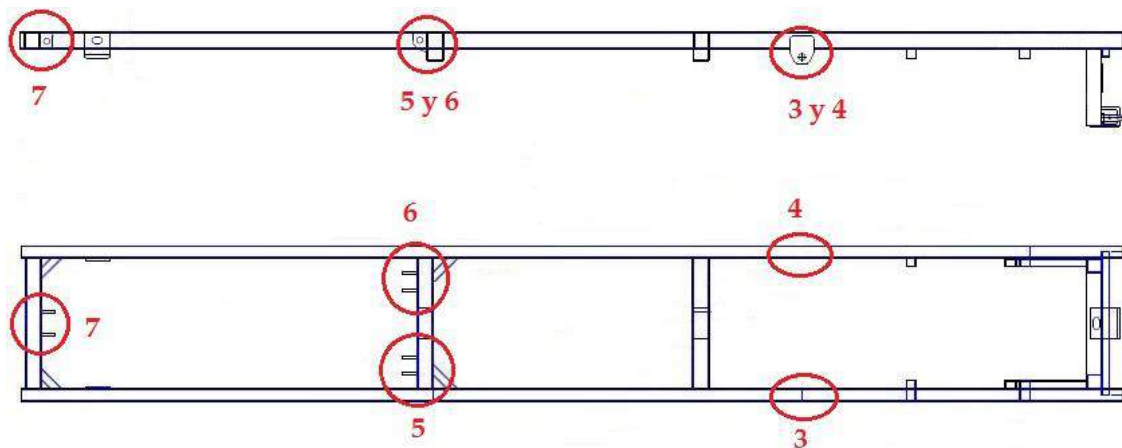


Ilustración 31: Bulones en la estructura basculante.

- Bulones de la plataforma:

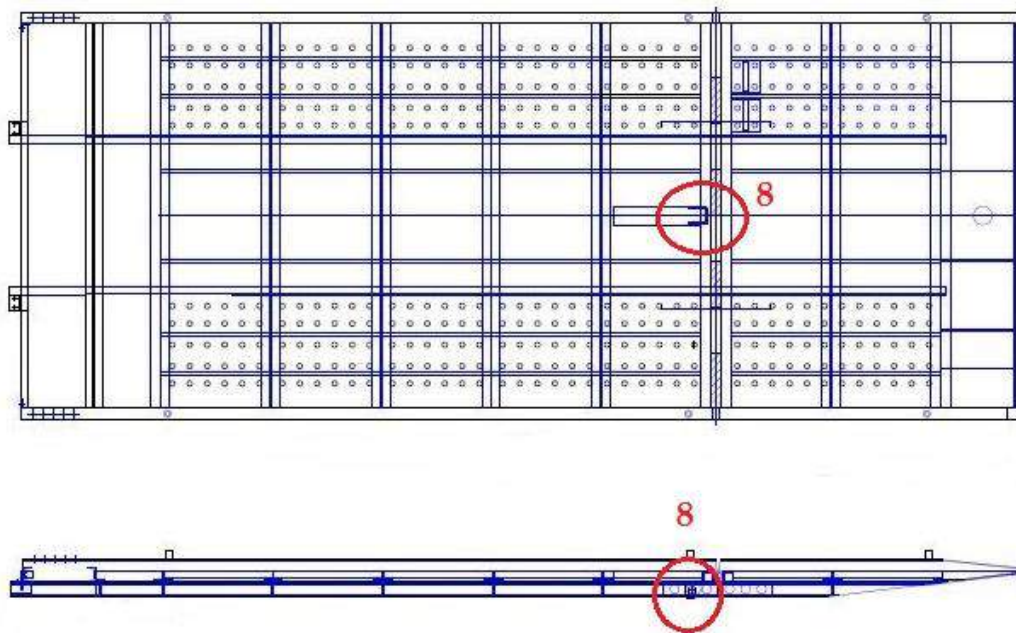


Ilustración 32: Bulones en la plataforma.

#### 6.8.1. Cálculo del esfuerzo cortante:

Cuando el bulón esté sometido a un esfuerzo cortante ( $F_{E,b}$ ), o esfuerzo de cortadura, entonces la resistencia ( $F_{R,b}$ ) de dicho bulón de diámetro “d”, sección transversal “A” y fabricado de un tipo de acero que tenga una resistencia última de tracción  $f_{ub}$ , viene dada por la siguiente expresión [16]:

$$F_{R,b} = 0,6 \cdot A \cdot \frac{f_{ub}}{Y_{Mb}} \quad \text{Ecuación 55}$$

Donde  $Y_{Mb}$  es el coeficiente parcial para la resistencia del acero del que está fabricado el bulón. En este caso, para uniones con bulón, se tiene que este coeficiente de seguridad tiene un valor de:

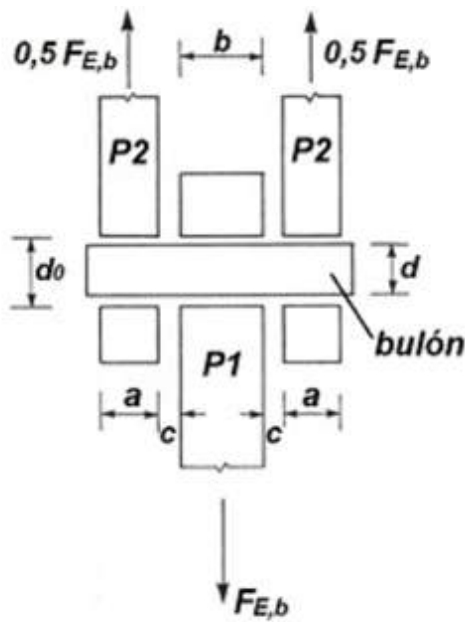
$$Y_{Mb} = 1,25$$

Entonces se tendrá que el bulón empleado de diámetro “d” resistirá el esfuerzo ( $F_{E,b}$ ), si cumple:

$$F_{R,b} > F_{E,b} \quad \text{Ecuación 56}$$

### 6.8.2. Cálculo del momento flector.

Los bulones del mecanismo de la plataforma, llevan una pieza central que se encuentra sometida a un esfuerzo ( $F_{E,b}$ ), con dos piezas laterales (P2) separadas una cierta distancia de la pieza central. En este caso, al emplear un bulón para enlazar dichas piezas, éste se verá sometido a esfuerzo de flexión.



- P1 - Pieza central.
- P2 - Piezas laterales.
- b - Espesor de la pieza central.
- a - Espesor de las piezas laterales.
- d - Diámetro del bulón.
- d0 - Diámetro del agujero por donde pasa el bulón.
- c - Distancia entre las piezas laterales y la central.

Ilustración 33: Diagrama esfuerzos en el bulón [16].

A continuación se encuentra la tabla 23 con los valores que muestra la Ilustración 33 para cada bulón:

Bulones	Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	b (mm)	c (mm)
1	40	1.256,64	12	35	33
2	40	1.256,64	12	35	33
3	30	706,86	12	60	0
4	30	706,86	12	60	0
5	40	1.256,64	12	35	18
6	40	1.256,64	12	35	18
7	40	1.256,64	12	35	33
8	40	1.256,64	12	35	23

Tabla 23: Dimensiones de los bulones.

El valor del momento flector que se produce en el bulón, se puede calcular mediante la Ecuación 55:

$$M_{E,b} = F_{E,b} \cdot \frac{(b + 4 \cdot c + 2 \cdot a)}{8} \quad \text{Ecuación 57}$$

De esta manera para que el bulón de diámetro “d” con módulo resistente “W” y fabricado con un límite elástico “ $f_{yb}$ ”, resista al momento flector, debe cumplir:

$$M_{E,b} \leq 1,5 \cdot W \cdot \frac{f_{yb}}{Y_{Mb}} \quad \text{Ecuación 58}$$

Donde  $Y_{Mb}$  es el coeficiente parcial para la resistencia del acero del que está fabricado el bulón. En este caso, para uniones con bulón, se tiene que este coeficiente de seguridad vale:

$$Y_{Mb} = 1,25$$

El modulo resistente viene dado por el momento de inercia de la sección del bulón y el diámetro, dando la siguiente expresión:

$$W = \frac{I}{d/2} \rightarrow W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad \text{Ecuación 59}$$

### 6.8.3. Acción conjunta del cortante y el flector.

Para los casos donde el bulón esté sometido simultáneamente a la acción combinada de un esfuerzo cortante ( $F_{E,b}$ ) y de un momento flector ( $M_{E,b}$ ), entonces se deberá cumplir la siguiente relación, para que la resistencia que ofrezca el bulón en la unión sea suficiente:

$$\left( \frac{M_{E,b}}{M_{R,b}} \right)^2 + \left( \frac{F_{E,b}}{F_{R,b}} \right)^2 \leq 1 \quad \text{Ecuación 60}$$

Siendo ( $M_{R,b}$ ) el momento flector resistente y ( $F_{R,b}$ ) la resistencia a cortante del bulón, que se calcula según las expresiones dadas en los apartados anteriores.

Para estar del lado de la seguridad se va a utilizar la hipótesis de que sobre los bulones actúa todo el peso de la plataforma y del vehículo transportado. Por lo tanto el esfuerzo cortante será:

$$F_{E,b} = 46.550 \text{ N}$$

En la siguiente tabla se resume el total de los esfuerzos soportados por los bulones.

Bulones	$F_{R,b}$ (N)	$F_{E,b}$ (N)	W (mm <sup>3</sup> )	$M_{R,b}$ (N·mm)	$M_{E,b}$ (N·mm)
1	386.038	46.550	6.283	$3,016 \cdot 10^6$	$1,111 \cdot 10^6$
2	386.038	46.550	6.283	$3,016 \cdot 10^6$	$1,111 \cdot 10^6$
3	217.146	46.550	2.650	$1,272 \cdot 10^6$	$4,887 \cdot 10^5$
4	217.146	46.550	2.650	$1,272 \cdot 10^6$	$4,887 \cdot 10^5$
5	386.038	46.550	6.283	$3,016 \cdot 10^6$	$7,622 \cdot 10^5$
6	386.038	46.550	6.283	$3,016 \cdot 10^6$	$7,622 \cdot 10^5$
7	386.038	46.550	6.283	$3,016 \cdot 10^6$	$1,111 \cdot 10^6$
8	386.038	46.550	6.283	$3,016 \cdot 10^6$	$8,786 \cdot 10^5$

Tabla 24: Esfuerzos soportado por los bulones.

Con los datos vistos anteriormente, se comprueba que los esfuerzos no superan las resistencias tanto a cortadura como a flexión y al esfuerzo combinado de los bulones.

Bulones	$F_{R,b} > F_{E,b}$	$M_{R,b} > M_{E,b}$	$\left(\frac{M_{E,b}}{M_{R,b}}\right)^2 + \left(\frac{F_{E,b}}{F_{R,b}}\right)^2 \leq 1$
1	Si	Si	0,15
2	Si	Si	0,15
3	Si	Si	0,19
4	Si	Si	0,19
5	Si	Si	0,08
6	Si	Si	0,08
7	Si	Si	0,15
8	Si	Si	0,09

Tabla 25: Comprobación esfuerzo sufrido por los bulones con su resistencia.

### 6.9. Cálculo de los esfuerzos a realizar por los cilindros en situación de trabajo.

Para la elección de un cilindro hidráulico se debe conocer la máxima carga a la que va a estar sometido. En el caso de los cilindros que elevan la plataforma, la carga máxima se produce en el instante inicial de la basculación de la plataforma, es decir, cuando la plataforma está en 0°.

En el cilindro que desplaza la plataforma la carga máxima se encuentra en el momento que la plataforma ha cogido el vehículo y se dispone a elevar la plataforma.

### 6.9.1. Cálculo de los cilindros elevadores.

Cuando la plataforma está en  $\alpha=0^\circ$  los esfuerzos producidos por el peso de la carga en el punto de articulación del cilindro hidráulico es:

$$R_2 = \frac{Q \cdot \left(\frac{L}{2} - f\right)}{c} \quad \text{Ecuación 61}$$

Donde “f”, “c” y “L” vienen definidos en la Ilustración 21 y sus valores están en la tabla 4.

Para estar en el lado de la seguridad se utilizará la hipótesis de que el cilindro eleva el mecanismo entero de la plataforma y el vehículo cargado:  $Q= 4.725 \text{ kg}$

Sustituyendo los datos en la Ecuación 6.9.1 se obtiene que la reacción en el punto de apoyo del cilindro elevador en el momento que  $\alpha=0^\circ$  es:

$$R_{2(\alpha=0^\circ)} = 21.818 \text{ N}$$

Como se van a utilizar dos cilindros para elevar la plataforma:

$$R_{2(\alpha=0^\circ)} = F_{max} = 2 \cdot F_{cilindro}$$

El esfuerzo que debe realizar el cilindro es el producto de la presión y la sección del cilindro, el cual debe de ser mayor que la mitad de la reacción  $R_{2(\alpha=0^\circ)}$ , para poder levantar la plataforma con el vehículo.

$$P \cdot S \geq F_{cilindro} \quad \text{Ecuación 62}$$

Por lo tanto, la sección del cilindro “S”, considerando que la presión que proporciona la bomba hidráulica es de  $P= 200 \text{ bar}= 200 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ , será:

$$S \geq \frac{R_{2(\alpha=0^\circ)}}{2 \cdot P} = \frac{21.818}{2 \cdot 200 \cdot 10^5} = 5,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 545 \text{ mm}^2$$

El diámetro del cilindro “D” ha de ser como mínimo:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad \text{Ecuación 63}$$

Despejando el diámetro de la Ecuación 61:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = 26,34 \text{ mm} \quad \text{Ecuación 64}$$

Una vez obtenidos los datos necesarios para los cilindros, se buscará en el catálogo de cilindros marca Bezares, el cilindro que se ajuste a los datos requeridos:

Características del cilindro:

- Fabricante: Bezares.
- Código: 3E24TT3255C
- Diámetro: 79 mm
- Presión: 200 bar
- Carrera: 3.255 mm
- Carga soportada: 24 Tn

### 6.9.2. Cálculo del cilindro desplazador.

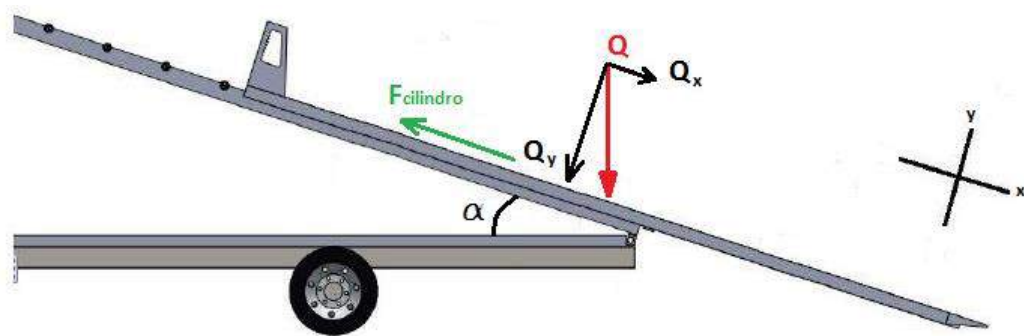


Ilustración 34: Esfuerzos en el cilindro desplazador.

El esfuerzo máximo que tiene que realizar el cilindro, es cuando la plataforma esta elevada su máximo ángulo, y tiene que subir la plataforma con el vehículo encima. Se va a utilizar la hipótesis de que la carga  $Q$  es la carga del vehículo más la carga del mecanismo de la plataforma, así se estará del lado de la seguridad. Al estar la plataforma colocada sobre ruedas de nylon, se considerará que el rozamiento es despreciable. Cuando la plataforma está en  $\alpha=45^\circ$  los esfuerzos producidos por el peso de la carga son:

	Kilogramos	Newton
$Q$	4.750	46.597,4
$Q_x$	3.358,76	32.949,4
$Q_y$	3.358,76	32949,4

Tabla 26: Valores del esfuerzo del cilindro.

Se ha optado por la elección de un cilindro de doble efecto de la casa Bezares. Ha de ser de doble efecto para poder mover la plataforma hacia delante y hacia detrás.

El cilindro tiene que superar la fuerza de  $Q_x$ :

$$Q_x \leq F_{cilindro} \quad \text{Ecuación 65}$$

El esfuerzo que debe realizar el cilindro es el producto de la presión y la sección del cilindro, el cual debe de ser mayor que la fuerza  $Q_x$  para poder desplazar la plataforma con el vehículo. De la Ecuación 63 se iguala la fuerza del cilindro a  $Q_x$ .

Por lo tanto, la sección del cilindro " $S$ ", considerando que la presión que proporciona la bomba hidráulica es de  $P = 200 \text{ bar} = 200 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ , será:

$$S \geq \frac{Q_x}{P} = \frac{32.949,4}{200 \cdot 10^5} = 1,65 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 1.650 \text{ mm}^2 \quad \text{Ecuación 66}$$

Una vez obtenido la sección utilizando la Ecuación 64 se obtendrá el diámetro del cilindro " $D$ " mínimo:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = 45,84 \text{ mm} \quad \text{Ecuación 67}$$

Una vez obtenidos los datos necesarios para los cilindros, se buscará en el catálogo de cilindros marca Bezares, el cilindro que se ajuste a los datos requeridos:

Características del cilindro:

- Fabricante: Bezares.
- Código: 3E28TT3800C
- Diámetro: 79 mm
- Presión: 200 bar
- Carrera: 4540 mm
- Carga soportada: 24 Tn



#### 6.10. Cálculo de los tornillos de amarre.

El sub-chasis o bastidor auxiliar, está fijado al bastidor del vehículo mediante unas uniones, las cuales están soldadas al bastidor auxiliar y sujetas con tornillos de alta resistencia al bastidor del vehículo, ya que, según las directrices marcadas por el fabricante, no está permitido soldar en el chasis del camión.

Estas uniones están formadas por pletinas y tornillos. El bastidor del vehículo viene con una serie de orificios a lo largo de su longitud, por este motivo, aunque no está permitido, no es necesario realizar operaciones de taladrado.

La posición de las pletinas, viene marcada por el fabricante, puede verse en la siguiente imagen:

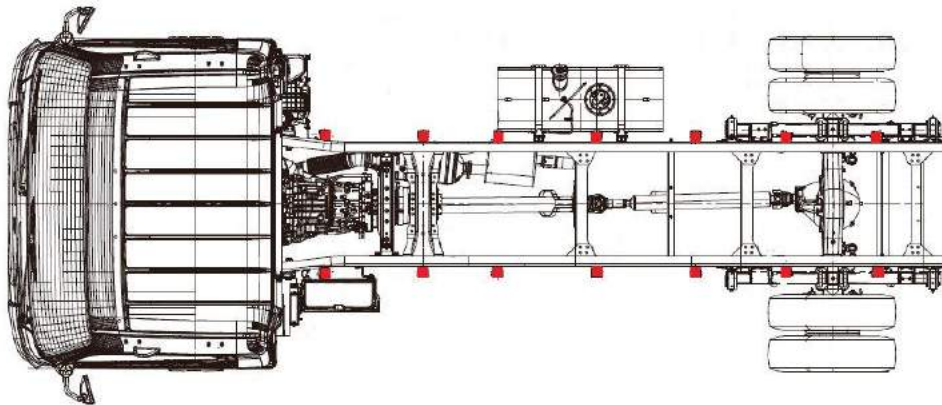


Ilustración 35: Posición de las pletinas en el chasis [7].

Los tornillos trabajan con un esfuerzo cortante:

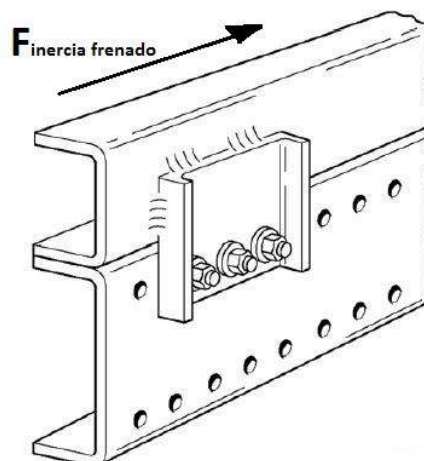


Ilustración 36: Esfuerzo cortante en los tornillos de las pletinas [7].

El caso más extremo de esfuerzo sobre los tornillos se produce cuando el vehículo realiza una frenada brusca, por lo tanto se procederá al cálculo de la resistencia a cortadura de los tornillos en el caso de frenada.

Cuando el vehículo efectúa una acción brusca de frenado aparece una fuerza de inercia que viene dada por la Ecuación 30. Para calcular el momento de inercia se necesitará el coeficiente de frenado que viene dado por la Ecuación 31.

Siendo:  $0,2 \leq k \leq 0,8$

Por lo tanto, para calcular la fuerza de inercia debido a la frenada, se utilizará un valor de  $k=0,8$  por ser el más restrictivo.

$$z \geq 0,1 + 0,85 \cdot (0,8 - 0,2) \rightarrow z \geq 0,61 \quad \text{Ecuación 68}$$

Donde la carga es la suma del peso de la plataforma y del vehículo transportado.

$$(q + C) = 46.550 \text{ N} \quad \text{Ecuación 69}$$

Sustituyendo en la ecuación, se obtendrá el momento de inercia producido por la acción de frenado:

$$I_f = 46.550 \cdot 0,61 = 28.395,5 \text{ N} \quad \text{Ecuación 70}$$

Los tornillos utilizados para realizar la fijación de la plataforma al vehículo son M12 con las siguientes características:

- Calidad: 8.8
- Diámetro: 0,012m
- Área de la sección del tornillo:  $A = \frac{\pi \cdot 0,012^2}{4} = 1,131 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- Tensión de límite elástico:  $\sigma_y = 6,4 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$

Para calcular el límite admisible a cortadura del tornillo, se aplicará la Teoría del Esfuerzo Cortante Máximo (ECM):

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_y}{2} = \frac{6,4 \cdot 10^8}{2} = 3,2 \cdot 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \text{Ecuación 71}$$

La fijación del sub-chasis al bastidor del vehículo se realiza mediante 7 pletinas a cada lado, con 3 tornillos por pletina, obteniendo un resultado de 42 tornillos trabajando a cortadura. La resistencia de los tornillos tendrá que ser superior a la inercia de frenado.

La resistencia a cortadura de cada tornillo es:

$$R_{\text{tornillo}} = \tau_{\text{adm}} \cdot A = 3,2 \cdot 10^8 \cdot 1,131 \cdot 10^{-4} = 36.192 \text{ N} \quad \text{Ecuación 72}$$

La resistencia debida a todos los tornillos será:

$$R_t = R_{\text{tornillo}} \cdot N_{\text{tornillos}} = 36.192 \cdot 42 = 1,52 \cdot 10^6 \text{ N} \quad \text{Ecuación 73}$$

Comparando este valor con la fuerza de inercia debido a la frenada:

$$R_t = 1,52 \cdot 10^6 \text{ N} > 28.395,5 \text{ N} = I_f \quad \text{Ecuación 74}$$

Siendo el coeficiente de seguridad:

$$n = \frac{1,52 \cdot 10^6}{28.395,5} = 53 \quad \text{Ecuación 75}$$

Queda demostrado que los tornillos aguantan el esfuerzo de inercia debido al frenado del vehículo.

## 7. PLIEGO DE CONDICIONES.

El presente Pliego de Condiciones Técnicas, constituye el conjunto de instrucciones, normas, especificaciones y seguridad e higiene en el trabajo, que se deberá respetar durante el tiempo que dure la obra, siendo obligatorio el cumplimiento durante la transformación por ambas partes implicadas, proyectista y carrocerero.

### 7.1. Calidad de los materiales empleados.

Todos los materiales y equipos serán nuevos y vendrán provistos de su correspondiente certificado de calidad, para las características y condiciones de utilización.

El nivel de calidad mínimo del material de los perfiles a usar será al menos el mismo que el utilizado por el bastidor del vehículo. Estos materiales vienen especificados en los cálculos del presente proyecto.

Los materiales y/o equipos defectuosos o que resulten averiados en el transcurso de la obra, serán sustituidos o reparados.

El acero utilizado en la estructura de la plataforma:

- Límite elástico.....  $52 \text{ daN/mm}^2$
- Resistencia a tracción.....  $58 \text{ daN/mm}^2$
- Alargamiento (mínimo)..... 25%

Las características mecánicas de los tornillos:

- Calidad..... M 8.8
- Tensión de rotura.....  $\sigma_r = 80 \text{ kg/mm}^2$
- Tensión límite elástico.....  $\sigma_e = 65 \text{ kg/mm}^2$

### 7.2. Normas de ejecución.

Las operaciones realizadas en la transformación del vehículo, se realizarán según las directrices marcadas por el fabricante.

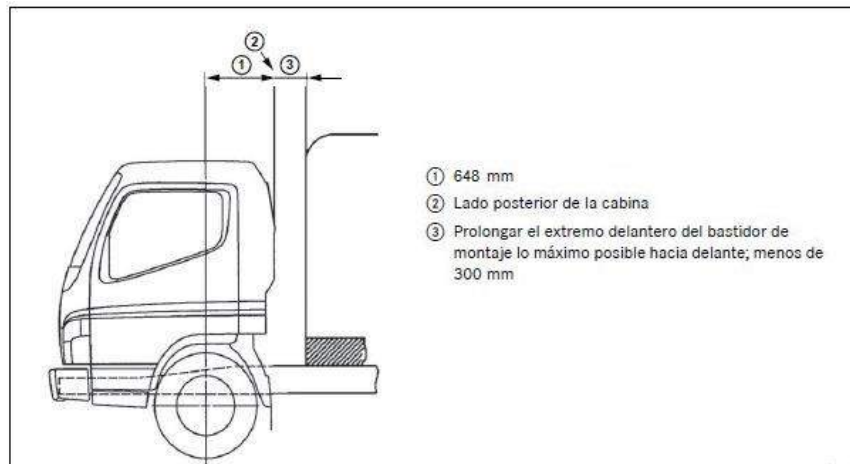
Además la obra se desarrollará acorde con el estudio de seguridad e higiene que está expuesto en el presente pliego de condiciones.

A continuación se exponen unas normas generales sobre la buena práctica aplicada a las reformas y transformaciones de importancia de vehículos industriales.

- **Bastidor auxiliar o de montaje.**

Se recomienda extender a lo largo del bastidor original del vehículo los largueros del bastidor auxiliar o de montaje, de una forma continua y perfectamente apoyada.

La parte delantera del bastidor auxiliar debe montarse lo más cerca posible del lado posterior de la cabina, entre 100mm y 300mm.



**Ilustración 37: Distancia del sub-chasis a la cabina [7].**

Es importante utilizar solo los soportes previstos de fábrica en el chasis del vehículo para la fijación del bastidor auxiliar que se incorpore en la reforma.

A fin de conseguir una transición paulatina de la carga del chasis, se debe achaflanar el extremo delantero de los largueros con un ángulo, no superior a 30º, o con otra forma que cumpla esta misma función. Se tendrá especial cuidado en redondear el extremo delantero en contacto con el bastidor, con un radio de 5mm como mínimo.

Algunos ejemplos de forma del bastidor en la parte delantera son:

- Tipo A: Montar el bastidor auxiliar con la forma que se muestra en la Ilustración 38 para reducir paso a paso las concentraciones de tensión en la parte delantera.

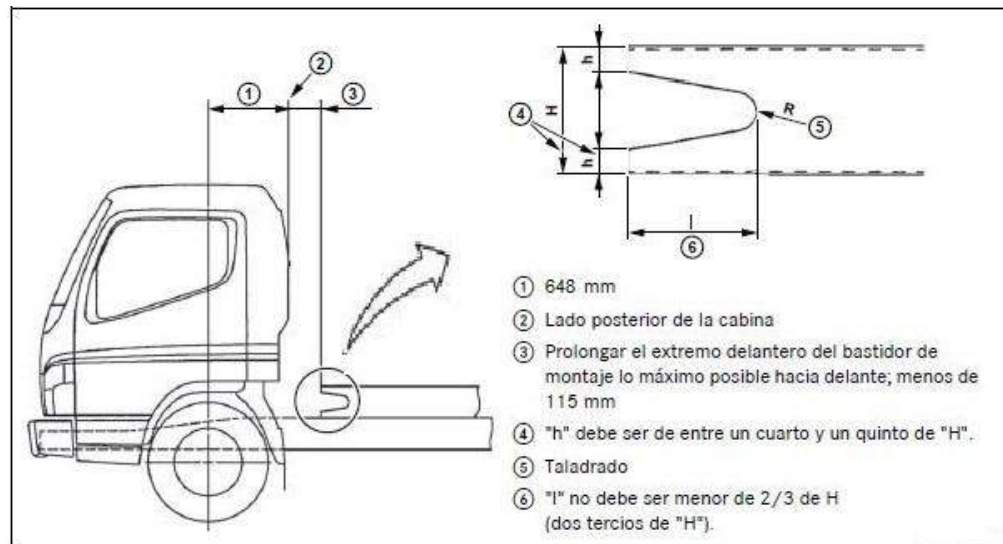


Ilustración 38: Bastidor auxiliar tipo A [7].

- Tipo B: La forma de la parte delantera del bastidor que se puede observar en la figura anterior se recomienda expresamente. Si existe suficiente espacio detrás de la cabina, puede utilizarse también la forma indicada en la Ilustración 39.

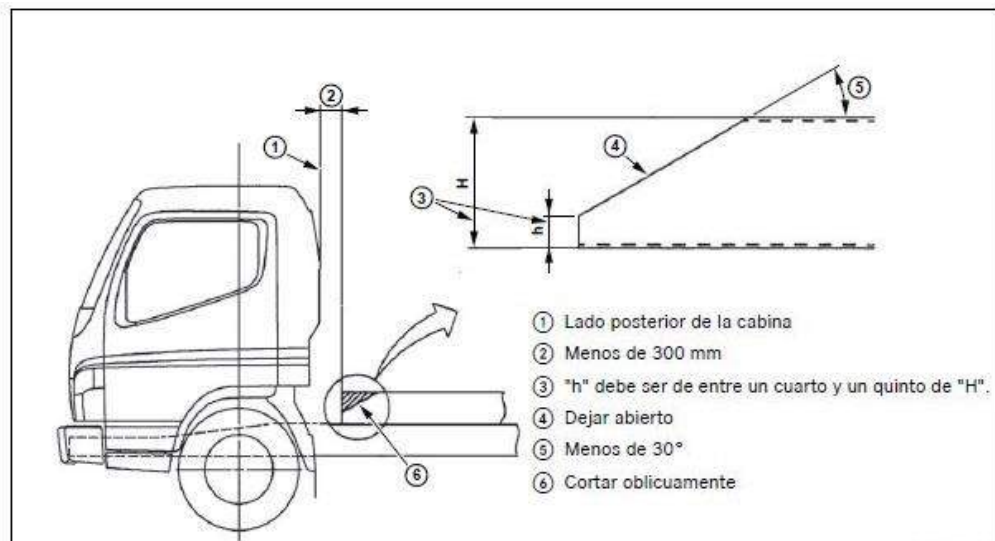


Ilustración 39: Bastidor auxiliar tipo B [7].

- Tipo C: Si la parte delantera del bastidor auxiliar resulta difícil de conformar con alguna de las formas que se muestran con anterioridad, se deberá cortar antes del montaje con la siguiente forma.

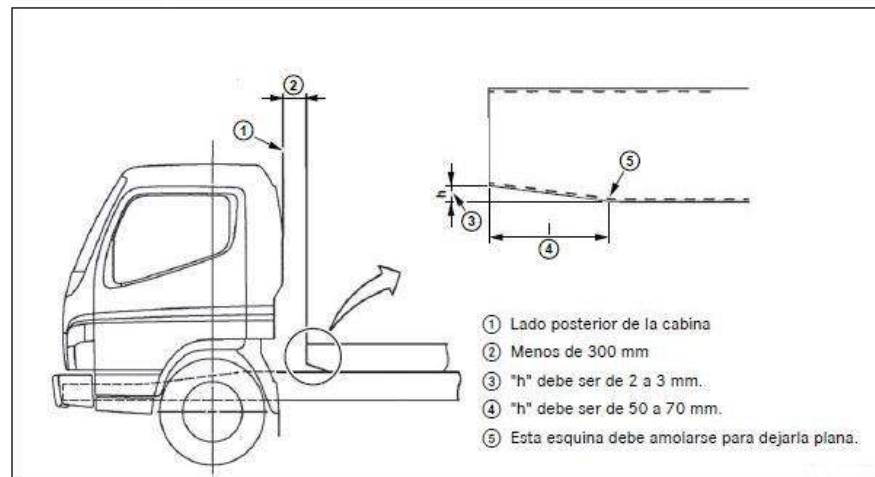


Ilustración 40: Bastidor auxiliar tipo C [7].

- **Fijaciones y anclajes.**

El tipo y número de fijaciones entre el bastidor del vehículo y el bastidor auxiliar depende del modelo del vehículo y del tipo de carrocería prevista.

Generalmente los vehículos van equipados de serie con el primer soporte para la carrocería, tipo escuadra, y opcionalmente también el resto de soportes repartidos a lo largo del bastidor.

Los tornillos utilizados en la unión de los soportes de fijación deberán ser de alta resistencia, calidad 8.8, montados sin holguras, con tuercas autoblocantes de seguridad de calidad 10 y arandelas planas en ambos lados, con dureza mínima 200 HB.

No se debe realizar soldaduras en el bastidor del vehículo para fijar la carrocería y, en ningún caso se perforará las alas de los largueros.

- **Instalaciones eléctricas.**

Las instalaciones eléctricas pueden causar incendios. Solamente podrá realizar las intervenciones necesarias en el sistema el personal cualificado para ello. Se deberá tomar las medidas y seguir los consejos que se muestran a continuación para conseguir una instalación fiable y segura.

- **Fusibles y cables.**

Instalar fusibles y cables correctos. Se deberá instalar los cables de forma correcta. Una negligencia en el montaje puede provocar sobrecargas y cortocircuitos.

Los fusibles que se entreguen con el vehículo no deben de ser reemplazados por fusibles de mayor o menor intensidad.

Instalar cables y manojos de cables extra de forma correcta. Para ello hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Hay que usar cables con la longitud correcta. Una longitud excesiva aumenta el riesgo de roces. Cables demasiado cortos pueden romperse debido a los movimientos entre la línea de propulsión, el chasis y la cabina.
- Sujetar los cables correctamente, preferentemente a lo largo de los manojos de cables ordinarios, para evitar que los cables puedan desprenderse. Usar abrazaderas de cinta de 8mm y colocarlas con un espacio libre entre ellas de 200-400mm.
- No poner abrazaderas contra superficies calientes ( $>100^{\circ}\text{C}$ ) y cantos agudos. Por ejemplo, en tubos de combustible, de aire comprimido y conductos de servo. Los cantos de chapa y tuercas son un ejemplo de cantos agudos.
- No instalar cables en lugares donde puedan quedar atorados o rozar contra piezas móviles.
- Usar un manguito protector alrededor de los cables fuera de la cabina.
- Utilizar pasa-cables cuando pasen a través de orificios.

- **Pintura.**

Durante el pintado se está expuesto a disolventes y otros productos químicos. Usar un equipo de protección correcto, comprobar que hay una buena ventilación y evitar la inhalación y el contacto con la piel. Seguir siempre las instrucciones que se indican en el envase. No utilizar disolvente en el contacto con las piezas de plástico de las lámparas durante la limpieza.

- **Soldadura.**

Generalidades.

Estas normas rigen de forma general para todos los tipos de trabajos con soldadura eléctrica en los vehículos. La soldadura debe ser realizada con una gran meticulosidad para conseguir una correcta unión. Tener mucho cuidado para evitar daños y accidentes.

Restricciones: **Esta totalmente prohibido soldar el sub-chasis al bastidor del chasis.**

- Soldadura eléctrica para la estructura.

En las soldaduras eléctricas es importante tomar las siguientes medidas para evitar daños personales o en el vehículo.



- Desconectar los cables negativo y positivo de la batería.
  - Buscar un buen lugar para conectar la conexión a masa de la unidad de soldadura, lo más cerca posible al lugar de soldadura y en el armazón que se ha de soldar (0,5 m o más cerca). Limpiar eliminando la pintura y la suciedad y conectar la conexión a masa de la unidad de soldadura. Evitar contactos de corriente a través de cojinetes y puntos de unión. Después de finalizar el trabajo de soldadura, pintar en el lugar soldado.
  - Desconectar todo el equipo eléctrico y electrónico que esté más cerca de 1m del punto de soldadura o de la conexión a masa de la unidad de soldado.
  - Proteger los tubos de plástico y cables eléctricos.
  - Proteger las ballestas de hoja y los fuelles neumáticos.
- Soldadura de placas de fijación.

Seguir el método siguiente para soldar placas de fijación en el sub-chasis/bastidor auxiliar:

- Iniciar el trabajo de soldadura desde un punto cercano al canto lateral de la placa de fijación y continuar hacia el centro de la placa.
  - Soldar desde ambos lados de la chapa. Finalizar la soldadura a una distancia equivalente de la línea central de la chapa.
  - No es necesario que ambos extremos de los cordones de soldadura se encuentren en el centro.
- Taponado de orificios con soldadura.

Los orificios existentes deben ser taponados de nuevo si los orificios quedan más cerca de 50mm de éstos, midiendo entre los cantos de los orificios. Seguir el siguiente método:

- Biselar el orificio a 2/3 del espesor del material.
- Colocar una arandela de cobre A en el lado interior del orificio.
- Soldar con electrodos de  $\varnothing$  3,25mm.
- Para orificios con  $\varnothing$  mayor de 20mm, habrá que colocar una arandela como relleno durante la soldadura del taponado.
- Complementar la soldadura del orificio desde el lado interior.

### 7.3. Certificados y autorizaciones.

Conforme a la legislación vigente, y en especial lo estipulado en el Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos, revisión Marzo de 2014, publicado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, para el tipo de reforma que nos ocupa, se deberá presentar los certificados y autorizaciones competentes en materia de inspección técnica de vehículos (ITV), junto con el vehículo para tramitar su legalización por vías públicas.

Para la autorización de la reforma, será necesario:

- Proyecto técnico y Dirección de obra.
- Certificado de conformidad.
- Certificado taller.
- Certificado de los equipos instalados.

### 7.4. Taller ejecutor de la reforma.

El taller ejecutor de la reforma será:

TALLERES CARROZADOS, S.A. inscrito en el Registro Industrial con el nº XXXX y nº de Registro Especial XXXXX, con domicilio en Madrid, Polígono Industrial.

## **8. SEGURIDAD E HIGIENE.**

El objetivo del presente estudio, es aplicar unas medidas para mejorar la seguridad y la salud de los trabajadores, las cuales vienen reflejadas en la Directiva Europea 89/391/CEE [17].

Este estudio básico de Seguridad y salud, establece que durante la realización de esta obra las previsiones respecto a los riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los riesgos derivados de los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento.

El estudio se divide en varias partes, seguridad en la fabricación, en el mantenimiento, en la utilización y en la conducción.

### **8.1. Seguridad en la fabricación:**

En la fabricación de cualquier máquina o estructura se ven involucrados otros equipos y maquinarias, que llevan asociados una serie de riesgos producidos por los trabajos que realizan los operarios.

Para cualquier fábrica se pueden advertir varios tipos de peligros, dependiendo de la energía empleada por la máquina y del trabajo de esta. Los principales riesgos son por: energía eléctrica, energía mecánica y líquidos a presión.

#### **8.1.1. Energía eléctrica.**

Los principales riesgos asociados a la energía eléctrica son las descargas eléctricas producidas por el contacto directo con elementos conductores (como el contacto accidental con elementos que normalmente son conductores), por contacto indirecto (como el contacto con elementos que conducen corriente como consecuencia de algún fallo), por quemaduras, incendios o explosiones causadas por chispas eléctricas o por el sobrecalentamiento de equipos eléctricos.

Según el RD 614/2001 sobre las disposiciones mínimas frente a riesgos asociados a la energía eléctrica, los operarios deberán adoptar medidas apropiadas para que durante la utilización de esta energía no se adviertan afectada la seguridad de los trabajadores o riesgos para la salud. Y si ello no fuese posible, para que estos riesgos sean reducidos a lo mínimo posible [18].

Para poder evitar riesgos de electrocución los operarios deberán tener el título de prevención de riesgos laborales y actuar conforme al RD 614/2001 que marca los métodos preventivos mínimos. Además de emplear guantes de protección y aislamientos. Y para las zonas de alta tensión si fuese necesario barreras y resguardos.

Las máquinas que puedan provocar peligros eléctricos deberán estar señalizadas con la correspondiente indicación.



Ilustración 41: Señalización riesgo eléctrico.

### 8.1.2. Riesgo mecánico.

Se entiende por riesgo mecánico al conjunto de situaciones que pueden dar lugar a una lesión física por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas que se están trabajando o materiales proyectados, ya sean sólidos o fluidos.

El concepto de máquina comprende a todos aquellos conjuntos de elementos o instalaciones que transforman energía con vista a una función productiva principal o auxiliar. Es común a las máquinas el poseer en algún punto o zona concentraciones de energía, ya sea energía cinética de elementos en movimiento u otras formas de energía (eléctrica, neumática, etc.)[19].

Se puede diferenciar el conjunto de una máquina en dos partes:

- Sistema de transmisión: conjunto de elementos mecánicos cuya misión es el de producir, transportar o transformar la energía utilizada en el proceso. Esta parte de la máquina se caracteriza porque el operario no debe penetrar en ellas durante las operaciones de producción.
- Zona de operación (o punto de operación): Es la parte de la máquina en que se ejecuta el trabajo útil sobre una pieza, mediante la energía que el sistema de transmisión comunica al elemento activo de la máquina. Esta zona caracteriza en que el operario debe penetrar en ella en las operaciones normales de alimentación, extracción de piezas, o si es proceso automático, para corregir deficiencias de funcionamiento.

Las formas elementales del riesgo mecánico son:

- Peligro de cizallamiento: este riesgo se encuentra localizado en los puntos donde se mueven los filos de dos objetos lo suficientemente juntos el uno de otro, como para cortar material relativamente blando. Muchos de estos puntos no pueden ser protegidos, por lo que hay que estar especialmente atentos cuando esté en funcionamiento porque en muchas ocasiones el movimiento de estos objetos no es visible debido a la gran velocidad del mismo. La lesión resultante, suele ser la amputación de algún miembro. En el caso de que la máquina de fabricación presente este riesgo, deberá ir acompañado con el sistema de señalización adecuado.



Ilustración 42: Señalización cizallamiento.

- Peligro de atrapamientos o de arrastres: Es debido por zonas formadas por dos objetos que se mueven juntos, de los cuales al menos uno, rota como es el caso de los cilindros de alimentación, engranajes, correas de transmisión, etc. Las partes del cuerpo que más riesgo corren de ser atrapadas son las manos y el cabello, también es una causa de los atrapamientos y de los arrastres la ropa de trabajo utilizada, por eso para evitarlo se deben usar ropa ajustada para evitar que sea enganchada y proteger las áreas próximas a elementos rotativos y se debe llevar el pelo recogido.



Ilustración 43: Señalización atrapamiento.

- Peligro de aplastamiento: Las zonas de peligro de aplastamiento se presentan principalmente cuando dos objetos se mueven uno sobre otro, o cuando uno se mueve y el otro está estático. Este riesgo afecta principalmente a las personas que ayudan en las operaciones de enganche, quedando atrapadas entre la máquina y el apero o pared. También suelen resultar lesionados los dedos y manos.



Ilustración 44: Señalización aplastamiento.

- **Proyección de partículas:** Muchas máquinas en funcionamiento normal expulsan partículas, pero entre estos materiales se pueden introducir objetos extraños como piedras, ramas y otros, que son lanzados a gran velocidad y que podrían golpear a los operarios. Este riesgo puede reducirse o evitarse con el uso de protectores o deflectores.



Ilustración 45: Señalización proyección de partículas.

- **De líquidos:** Las máquinas también pueden proyectar líquidos como los contenidos en los diferentes sistemas hidráulicos, que son capaces de producir quemaduras y alcanzar los ojos. Para evitar esto, los sistemas hidráulicos deben tener un adecuado mantenimiento preventivo que contemple, entre otras cosas, la revisión del estado de conducciones para detectar la posible existencia de poros en las mismas. Son muy comunes las proyecciones de fluido a presión.

Otros tipos de peligros mecánicos producidos por las máquinas son el peligro de corte o de seccionamiento, de enganche, de impacto, de perforación o de punzonamiento y de fricción o de abrasión.

El riesgo mecánico generado por partes o piezas de la máquina está condicionado fundamentalmente por su forma (aristas cortantes, partes agudas), su posición relativa (ya que cuando las piezas o partes de máquinas están en movimiento, pueden originar zonas de atrapamientos, aplastamiento, cizallamiento, etc.), su masa y estabilidad (energía potencial), su masa y velocidad (energía cinética), su resistencia mecánica (a la rotura o deformación) y su acumulación de energía (por muelles o depósitos a presión).

Algunos de los riesgos de la fabricación son:

- **Cizalla de chapa y plegadora:**
  - Atrapamientos.
  - Sobreesfuerzos.
  - Caída de objetos.
  - Cortes.

- Taladro de columna, torno y prensa:
  - Proyecciones de objetos.
  - Cuerpos extraños en los ojos.
  - Atrapamientos.
  - Contactos eléctricos directos e indirectos.
  - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
  - Cortes en las manos o brazos.
  - Sobreesfuerzos.
- Soldadura:
  - Quemaduras físicas y químicas.
  - Proyecciones de fragmentos.
  - Inhalación de sustancias tóxicas.
  - Contactos eléctricos directos e indirectos.
  - Cuerpos extraños en los ojos.
  - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
  - Incendios.
  - Exposición a fuentes luminosas peligrosas.
- Pintura:
  - Incendios.
  - Inhalación de sustancias tóxicas.
  - Atmósferas tóxicas irritantes.
- Materiales:
  - Atrapamientos.
  - Golpes.
  - Cortes.
  - Sobreesfuerzos.

Para evitar estos peligros es necesario que los operarios cuenten con la formación necesaria de prevención de riesgos laborales, conocer la señalización y adoptar las medidas necesarias para evitar los riesgos mencionados con anterioridad.

La utilización de los equipos de protección viene regulada en el RD 773/1997. Que regula y normaliza la protección individual.

A parte de las señalizaciones visuales y todas las medidas de protección comentadas con anterioridad, para garantizar la seguridad es necesario que los operarios tengan medios de protección individuales. Estos medios de protección están establecidos en el RD 773/1997 [20].

- Casco: Este equipo es el encargado de proteger la cabeza del usuario. Protege contra impactos, penetraciones, contactos eléctricos y quemaduras. Debe cumplir la norma europea EN 397/A1.



Ilustración 46: Protección fabricante: Casco.

- Protectores auditivos: Son tapones o auriculares encargados de proteger los oídos del usuario frente a ruidos presentes en el entorno. Cumple la norma EN 352-2.



Ilustración 47: Protección fabricante: protectores auditivos.



Ilustración 48: Protección fabricante: protectores auditivos.

- Gafas de seguridad: Encargadas de proteger los ojos del usuario de posibles proyecciones de partículas o fluidos. Cumple norma EN 166/2002.



Ilustración 49: Protección fabricante: gafas de seguridad.



- Guantes contra agresiones mecánicas: Protege las manos del operario frente a cortes, perforaciones, etc... Cumple la norma EN 388.



Ilustración 50: Protección fabricante: guantes.

- Fajas y cinturones antivibraciones: Equipo de trabajo destinado a la protección del tronco del operario, de movimientos bruscos y/o repetitivos, con la finalidad de evitar posibles lumbalgias o problemas de espalda y abdomen. Cumple la norma EN 471.



Ilustración 51: Protección fabricante: Fajas y cinturones.

- Calzado de seguridad: Equipo de protección destinado a proteger los pies del operario de golpes, aplastamientos, impactos, etc... Cumple la norma EN ISO 20345.



Ilustración 52: Protección fabricante: calzado de seguridad.

- Protección para soldadores: Para soldar es necesario utilizar la careta de soldador, el mandil y guantes especiales para soldadura. Estos utensilios protegen al soldador de los rayos dañinos, la luz brillante intensa del arco, las quemaduras y protege contra la proyección de partículas.



Ilustración 53: Protección fabricante: protección para soldador.

## 8.2. Seguridad en el mantenimiento.

El Real Decreto 1215/97 establece unas normas para su correcto mantenimiento, con el fin de alargar la vida de la maquinaria.

- Comprobar que los dispositivos del camión están en perfecto estado: frenos, neumáticos...
- Comprobar que los rótulos de información de los riesgos estén en lugar visible y en buen estado.
- Asegurar una buena visibilidad manteniendo limpios los cristales, retrovisores, parabrisas y espejos.
- Verificar que la cabina este limpia y sin objetos descontrolados en la zona de los mandos.
- En operaciones de mantenimiento, el camión deberá estar estacionado en terreno llano, con el motor parado, la palanca de transmisiones en punto muerto, con el freno de estacionamiento conectado y el interruptor de la batería deberá estar desconectado.
- Los residuos generados como consecuencia de una avería o de su reparación han de ser eliminados en contenedores específicos para residuos peligrosos.

Los riesgos debido al mantenimiento son:

- Caídas a diferente nivel.
- Atrapamientos.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Caída de objetos.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
- Cortes en las manos o brazos.
- Sobreesfuerzos.
- Proyecciones de fragmentos.
- Inhalación de sustancias tóxicas.

Para garantizar la seguridad es necesario que los operarios tengan medios de protección individuales. Estos medios de protección están establecidos en el RD 773/1997.

- Casco: Este equipo es el encargado de proteger la cabeza del usuario. Protege contra impactos, penetraciones, contactos eléctricos y quemaduras. Debe cumplir la norma europea EN 397/A1.



Ilustración 54: Protección mantenimiento: casco.

- Protectores auditivos: Son tapones o auriculares encargados de proteger los oídos del usuario frente a ruidos presentes en el entorno. Cumple la norma EN 352-2.



Ilustración 55: Protección mantenimiento: protectores auditivos.



Ilustración 56: Protección mantenimiento: protectores auditivos.

- Gafas de seguridad: Encargadas de proteger los ojos del usuario de posibles proyecciones de partículas o fluidos. Cumple norma EN 166/2002.



Ilustración 57: Protección mantenimiento: gafas de seguridad.

- Guantes contra agresiones mecánicas: Protege las manos del operario frente a cortes, perforaciones, etc... Cumple la norma EN 388.



Ilustración 58: Protección mantenimiento: guantes.

- Ropa y accesorios de señalización: Este equipo de protección consiste en ropa de señalización destinada a ser percibida por los demás operarios, en condiciones de riesgo, bajo cualquier tipo de luz. Cumple la norma EN 471.



Ilustración 59: Protección mantenimiento: ropa y accesorios de señalización.

- Fajas y cinturones antivibraciones: Equipo de trabajo destinado a la protección del tronco del operario, de movimientos bruscos y/o repetitivos, con la finalidad de evitar posibles lumbalgias o problemas de espalda y abdomen. Cumple la norma EN 471.

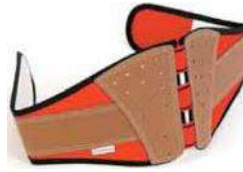


Ilustración 60: Protección mantenimiento: fajas y cinturones.

- Calzado de seguridad: Equipo de protección destinado a proteger los pies del operario de golpes, aplastamientos, impactos, etc... Cumple la norma EN ISO 20345.



Ilustración 61: Protección mantenimiento: calzado de seguridad.

### 8.3. Seguridad en la utilización.

Para la utilización de la plataforma portavehículos se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Los operarios encargados de cargar y descargar los vehículos deberán utilizar guantes de protección.
- Se aconseja el uso de chaleco reflectante durante la carga y descarga.
- El camión portavehículos debe ser el adecuado para transportar el vehículo en cuestión.
- Los equipos hidráulicos y los dispositivos mecánicos deberán estar en perfecto estado para su utilización.
- La plataforma donde irán fijados los vehículos deberá estar completamente limpia.
- La superficie de carga deberá estar exenta de aristas vivas, cortantes, etc... que pudieran dañar la carga.
- El portavehículos deberá estar provisto de calzos para las ruedas y amarres para los vehículos transportados.
- Se deberá cargar y descargar el portavehículos de manera que pueda garantizarse la estabilidad de este.
- Queda prohibido la presencia de personas en el radio de acción de la plataforma.
- Prohibido sobrepasar la carga máxima admitida por el fabricante.
- Hay que supervisar la carga de los vehículos y comprobar su correcto anclaje a la plataforma.

Los riesgos asociados a la utilización de la plataforma portavehículos, cargar vehículos, transportarlos y demás acciones relacionadas con su utilización son:

- Caída de personas a diferente nivel.
- Golpes contra objetos inmóviles y móviles.
- Atrapamientos entre objetos.
- Atrapamientos por vuelco de máquinas.
- Contactos térmicos.
- Contactos eléctricos.
- Explosiones.
- Incendio.
- Proyección de fluidos a presión.
- Atropellos, golpes y choques contra vehículos.
- Riesgo de daños a la salud derivados de agentes físicos: ruidos y vibraciones.

Para garantizar la seguridad es necesario que los operarios tengan medios de protección individuales. Estos medios de protección están establecidos en el RD 773/1997.

- Guantes contra agresiones mecánicas: Protege las manos del operario frente a cortes, perforaciones, etc... Cumple la norma EN 388.



**Ilustración 62: Protección en la utilización: guantes.**

- Ropa y accesorios de señalización: Este equipo de protección consiste en ropa de señalización destinada a ser percibida por los demás operarios, en condiciones de riesgo, bajo cualquier tipo de luz. Cumple la norma EN 471.



Ilustración 63: Protección en la utilización: ropa y accesorios reflectantes.

- Fajas y cinturones antivibraciones: Equipo de trabajo destinado a la protección del tronco del operario, de movimientos bruscos y/o repetitivos, con la finalidad de evitar posibles lumbalgias o problemas de espalda y abdomen. Cumple la norma EN 471.

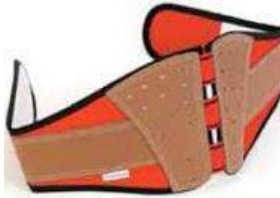


Ilustración 64: Protección en la utilización: fajas y cinturones.

- Calzado de seguridad: Equipo de protección destinado a proteger los pies del operario de golpes, aplastamientos, impactos, etc... Cumple la norma EN ISO 20345.



Ilustración 65: Protección en la utilización: calzado de seguridad.

#### 8.4. Seguridad en la conducción.

Para intentar evitar el mayor riesgo posible y poder garantizar la seguridad, se deberá seguir unas normas generales de medidas preventivas. Las cuales vienen reguladas por el RD 1215/97.

- El conductor del vehículo deberá tener el permiso de circulación adecuado.
- Verificar que se mantiene al día la documentación de la Inspección Técnica de Vehículos (ITV).
- Ha de estar provisto de señal acústica de marcha atrás.
- Ajustar el asiento y los mandos a la posición adecuada.
- Para utilizar el teléfono móvil en marcha, será necesario un sistema de manos libres.
- Prohibido sobrepasar la carga máxima admitida por el fabricante.
- Prohibido la presencia de personas en el radio de acción de la plataforma.
- No subir ni bajar con el camión en movimiento.
- Durante la conducción utilizar siempre el cinturón de seguridad.
- No está permitido bajar pendientes con el motor parado o en punto muerto.
- Hay que supervisar la carga de los vehículos y comprobar su correcto anclaje a la plataforma.
- Se debe planificar la ruta teniendo en cuenta el perfil de gálibo, altura máxima del portavehículos cargado, etc... Con el fin de evitar cualquier restricción de paso o deterioro de la carga en relación con zonas de obras, puentes, avenidas, calles, arcenes...
- Se debe adaptar la ruta a seguir dependiendo de las influencias meteorológicas (nieve, lluvia, hielo...) a fin de evitar al máximo cualquier riesgo para la carga y el transporte.
- Se deben minimizar los riesgos en tipos de calzada deteriorada.



## 9. PRESUPUESTO.

Descripción	Unidades	Precio unidad (€)	Total (€)
<b>MATERIALES</b>			
Acero ST 52	1.450	2 (€/kg)	2.900
Cilindro hidráulico para la función bascular, de doble efecto.	2	265	530
Cilindro hidráulico desplazador, de doble efecto.	1	450	450
Equipo hidráulico (toma de fuerza + bomba )	1	1.275	1.275
Depósito de aceite con capacidad 30 litros	1	172	172
Filtro de retorno de aceite.	1	32	32
Aceite	30	5	150
Mangueras hidráulicas marca Parker Elite, racores y conectores.	1	300	300
Distribuidor hidráulico con funciones manuales y eléctricas.	1	1.073	1.073
Radio control del cabestrante.	1	184	184
Cabestrante hidráulico marca BZC 3500Kg.	1	1.350	1.350
Cable del cabestrante de 10 mm y 20 metros de longitud.	1	40	40
Cajón de accesorios de PVC.	2	82	164
Accesorios, cinchas, tensor, tacos...	1	60	60
Señal luminosa.	1	650	650
Faros de trabajo.	2	45	90
Piloto trasero	2	29	58
3ª luz de freno	1	32	32
Tornillos, arandelas tuercas, elementos de sujeción...	1	100	100
Protecciones laterales: perfil curvo de cierre.	4	16	64
Protecciones laterales: perfil aluminio.	10	19	190
Calzos de tope de rueda	2	40	80
Desplazador hidráulico del cabestrante	1	975	975
Guardabarros de plástico	2	34	68

Imprimación pintura anticorrosiva	1	100	100
Granallado de todos los componentes	1	200	200
Imprimación y esmalte del color, y tratamiento con pintura antideslizante	1	500	500
<b>TOTAL</b>			<b>11.787</b>
<b>MANO DE OBRA</b>			
Preparación del chasis.	8	10	80
Granallado, imprimación y pintado de la estructura.	16	10	160
Instalación de bomba y grupo hidráulico.	10	10	100
Instalación de la plataforma portavehículos.	16	10	160
Instalación eléctrica	8	10	80
<b>TOTAL</b>			<b>580</b>
<b>INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN</b>			
Estudio del proyecto, cálculos...	40	15	600
Informe de idoneidad del fabricante.	1	300	300
Tramitación y tasas ITV	1	250	250
Registro de propiedad intelectual	1	20	20
Certificado de fin de obra	1	40	40
<b>TOTAL</b>			<b>1.210</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO SIN IVA</b>			<b>13.577 €</b>
<b>21% IVA</b>			<b>2.851,17 €</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>			<b>16.428,17 €</b>

Tabla 27: Presupuesto.

## 10. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

### 10.1. Conclusiones.

El trabajo realizado ha cumplido los objetivos fijados en cuanto a:

- La plataforma portavehículos elegida cumple con todas las directivas y normativas establecidas por los órganos de gobierno.
- Tras la realización del estudio de la plataforma, resiste los esfuerzos producidos por la carga en todas las situaciones. También cumple las condiciones impuestas por el fabricante del vehículo.
- En cuanto al estudio de la seguridad en su conducción, se comprueba que está dentro de los límites exigidos por la ley.

Otros objetivos paralelos que se han alcanzado, propios de un proyecto académico como este, es la capacidad para buscar las directivas y normas vigentes que afectan a la transformación de vehículos y a las reformas de importancia, así como las normas de seguridad en su conducción. También se han adquirido conocimientos relativos a la realización de proyectos, búsqueda de la información y datos necesarios para su realización, interpretación de los datos obtenidos y se ha podido ver como los conocimientos aprendidos durante la carrera son aplicables a proyectos reales.

A la vista de lo indicado anteriormente en la memoria descriptiva, se estima que el vehículo es apto para soportar las transformaciones indicadas en este proyecto. Además esta plataforma es capaz de transportar el 100% de los turismos que hay en España, según los datos de la DGT del año 2013, podría llevar a los 22 millones de turismos se encuentran en España, y en cuanto a los vehículos industriales, podría transportar todas las furgonetas del parque de vehículos en vacío, aproximadamente 3 millones.

Por lo tanto es un proyecto viable para su amortización de los gastos y un posible beneficio.

### 10.2. Trabajos futuros.

A continuación se van a proponer trabajos futuros y complementarios al proyecto que se ha realizado.

- Realizar el diseño y análisis de una segunda planta en la plataforma. La cual se pueda plegar y elevar a través de dos cilindros elevadores. Permitiendo la posibilidad de transportar dos vehículos al mismo tiempo.

- Realizar el diseño de una plataforma de las mismas características que las estudiadas en este proyecto pero buscando un material más ligero. Con esto se podrían transportar vehículos más pesados.
- Otro trabajo interesante sería el diseño e instalación de una estructura para poder incorporarle al vehículo un gancho remolque y así poder sujetar remolques o carros.
- También se podría hacer el cálculo y diseño de una cuchara portavehículos para llevar otro vehículo a la altura del suelo, o poder remolcar vehículos donde la altura del lugar donde se encuentre no permita elevarlo en la plataforma.
- Estudiar la posibilidad de instalarle una grúa articulada, para poder tener la posibilidad de coger maquinaria o vehículos pequeños como motocicletas desde un lateral.
- Estudiar y diseñar un mecanismo para que la plataforma gire 180º, al igual que lo ha realizado el taller Peragón.

Todos estos futuros proyectos lo que buscan es sacarle más rentabilidad al camión, ofreciendo nuevas posibilidades de carga para diferentes aplicaciones, o poder transportar más vehículos a la vez.

## 11. BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.

- [1] ANFAC. *Estadísticas*. (s.f.) Recuperado el 15 de Abril de 2015, de <http://www.anfac.com>
- [2] Mitsubishi-fuso. *La marca*. (s.f.). Recuperado el 10 de mayo de 2015, de <http://www.mitsubishi-fuso.com>
- [3] Directiva 2007/46/CE. Diario oficial de la Unión Europea, Unión Europea. De 5 de Septiembre de 2007.
- [4] Real Decreto 866/2010. Boletín oficial del estado, España. De 2 de Julio de 2010.
- [5] Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Manual de Reformas de Vehículos 2ª rev. Marzo de 2014.
- [6] Real Decreto 750/2010. Boletín oficial del estado, España. De 4 de Julio de 2010.
- [7] Directrices para la construcción y el montaje de carrocerías Canter FEA/FEB/FEC/FG Europa, Mitsubishi Fuso. De 1 de Enero de 2013.
- [8] Directiva 97/27/CE. Diario oficial de la Unión Europea, Unión Europea. De 22 de Julio de 1997.
- [9] Hermenegildo Rodríguez Galbarro. *Proyecto técnico de reforma sobre el vehículo marca Nissan modelo TL100.35, con número de bastidor VWASDXTL053800110, para su transformación en volquete*. [En línea]. Disponible en: <http://www.ingemecanica.com/reformas/proyecto10.html>
- [10] Departamento de ingeniería mecánica de la Universidad Carlos III de Madrid. *Reparto de cargas*. Apuntes de teoría de vehículos.
- [11] Castello & Bermúdez. ¿Qué sabes de las plataformas deslizantes portavehículos? (30 diciembre 2014) Recuperado el 15 de Mayo de 2015, de <http://www.carroceriasbeniparrel.es>
- [12] Departamento de ingeniería de estructuras de la Universidad Carlos III de Madrid. *Resistencia de materiales*. Apuntes de ingeniería estructural.
- [13] Directiva 98/14/CE. Diario oficial de la Unión Europea, Unión Europea. De 27 de Enero de 1998.
- [14] Ministerio de fomento. *Trazado*. Instrucciones de carreteras Norma 3.1-IC. De 27 diciembre de 1999.



[15] Directiva 92/6/CEE. Diario oficial de la Unión Europea, Unión Europea. De 10 de Febrero de 1992.

[16] Ingemecánica. *Cálculo de Uniones con Bulones*. (s.f.) Recuperado 20 de Abril de 2015. <http://www.ingemecanica.com>

[17] Prevención de riesgos laborales asociados a la industria. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo "INSHT".

[18] Real Decreto 614/2001 sobre seguridad en trabajos con energía eléctrica.

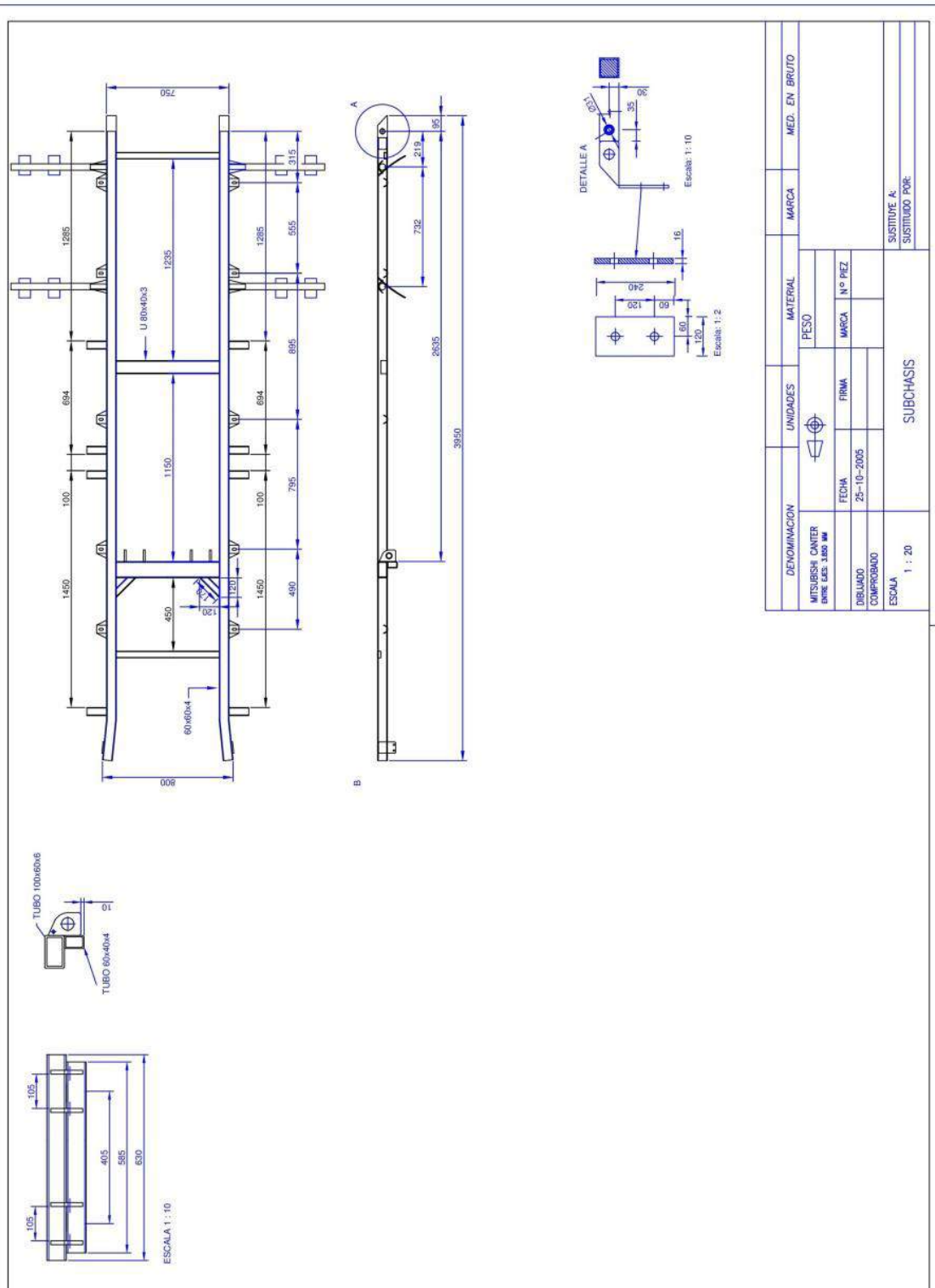
[19] Real Decreto 1215/97 sobre reglamentación de empleo de cualquier tipo de maquinaria.

[20] Real Decreto 773/1997 sobre reglamentación de medios de protección de personal que emplee maquinarias.

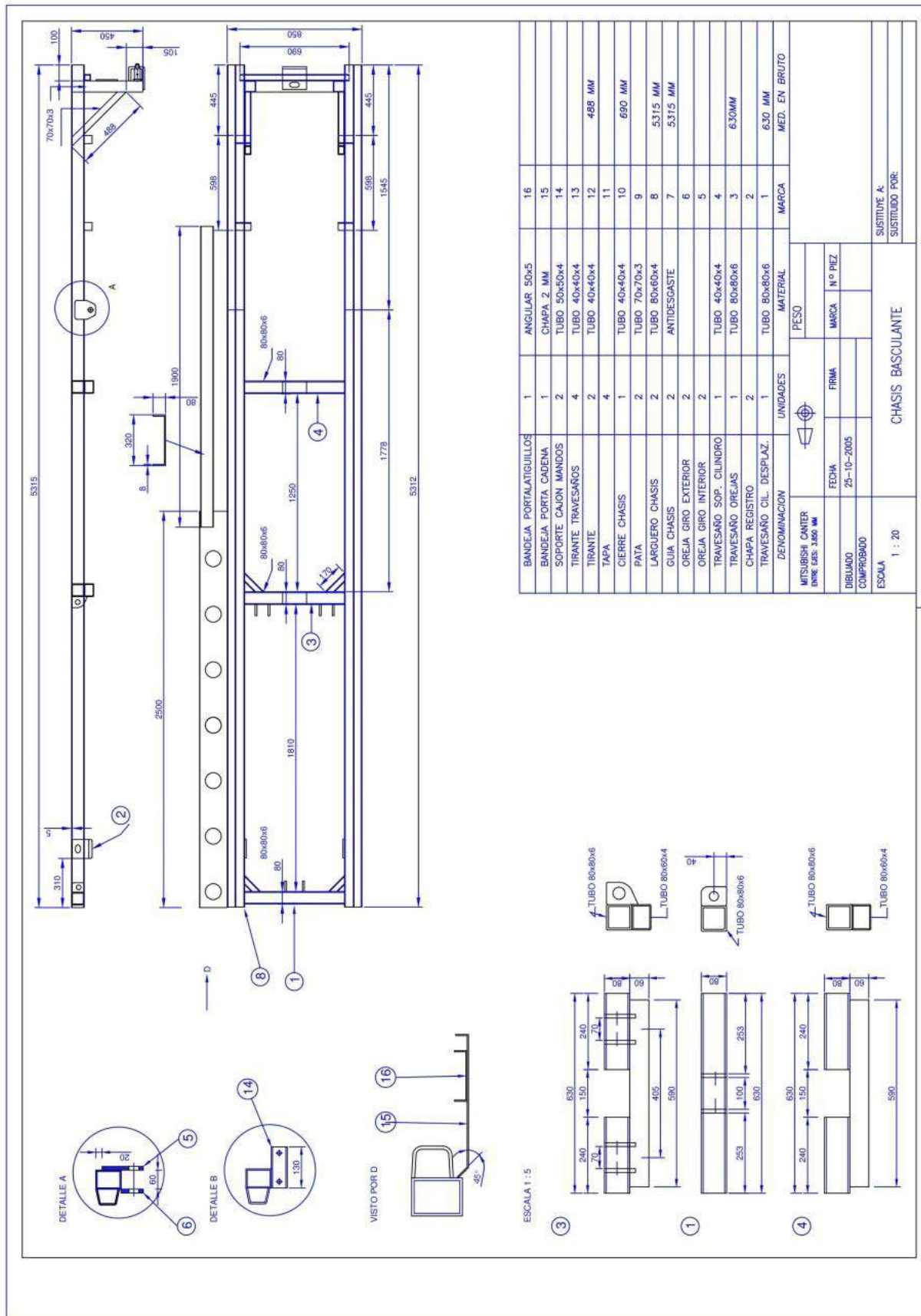
## ANEXOS.

### PLANOS.

- Plano del sub-chasis o bastidor auxiliar:

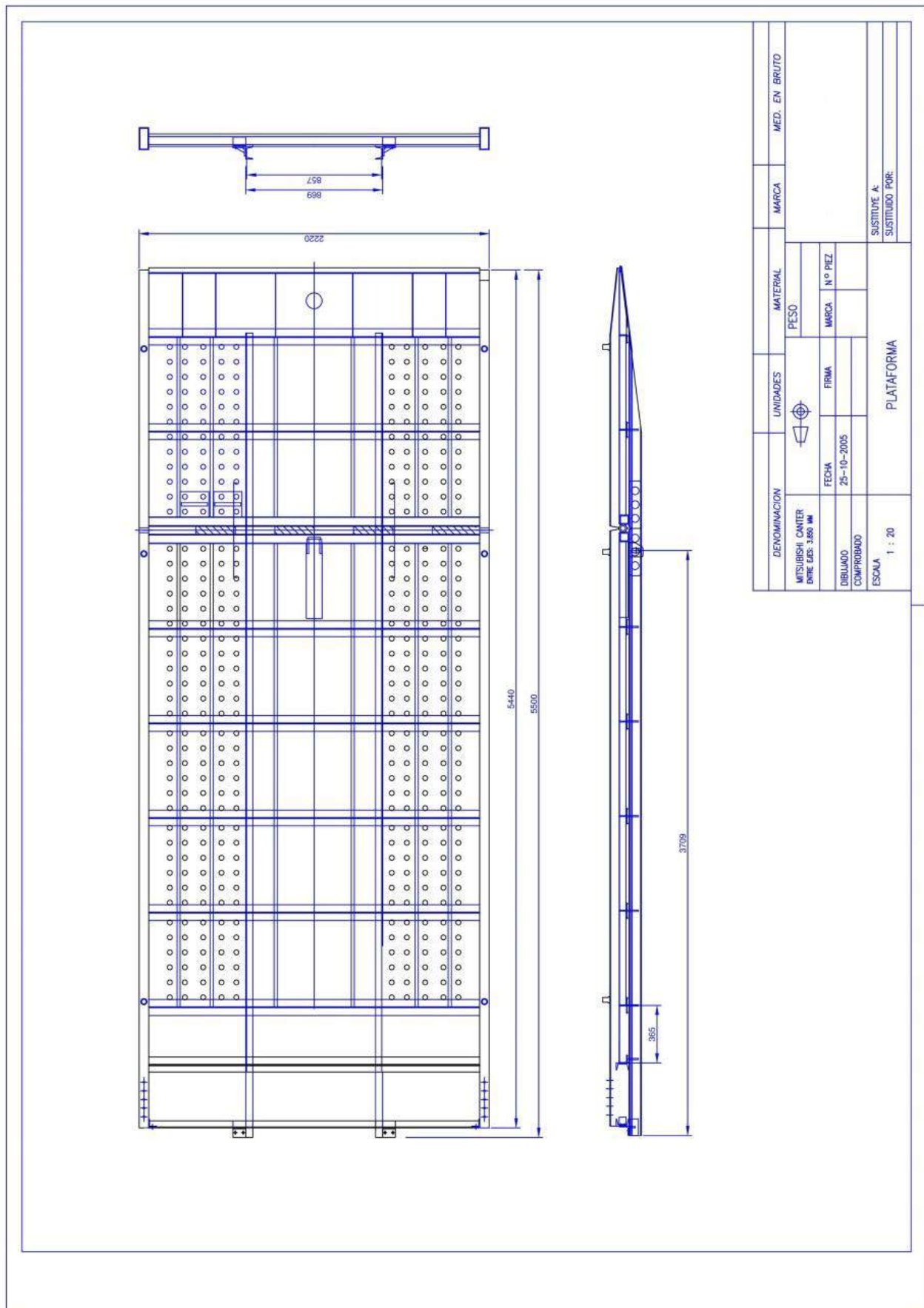


- Plano de la estructura basculante:

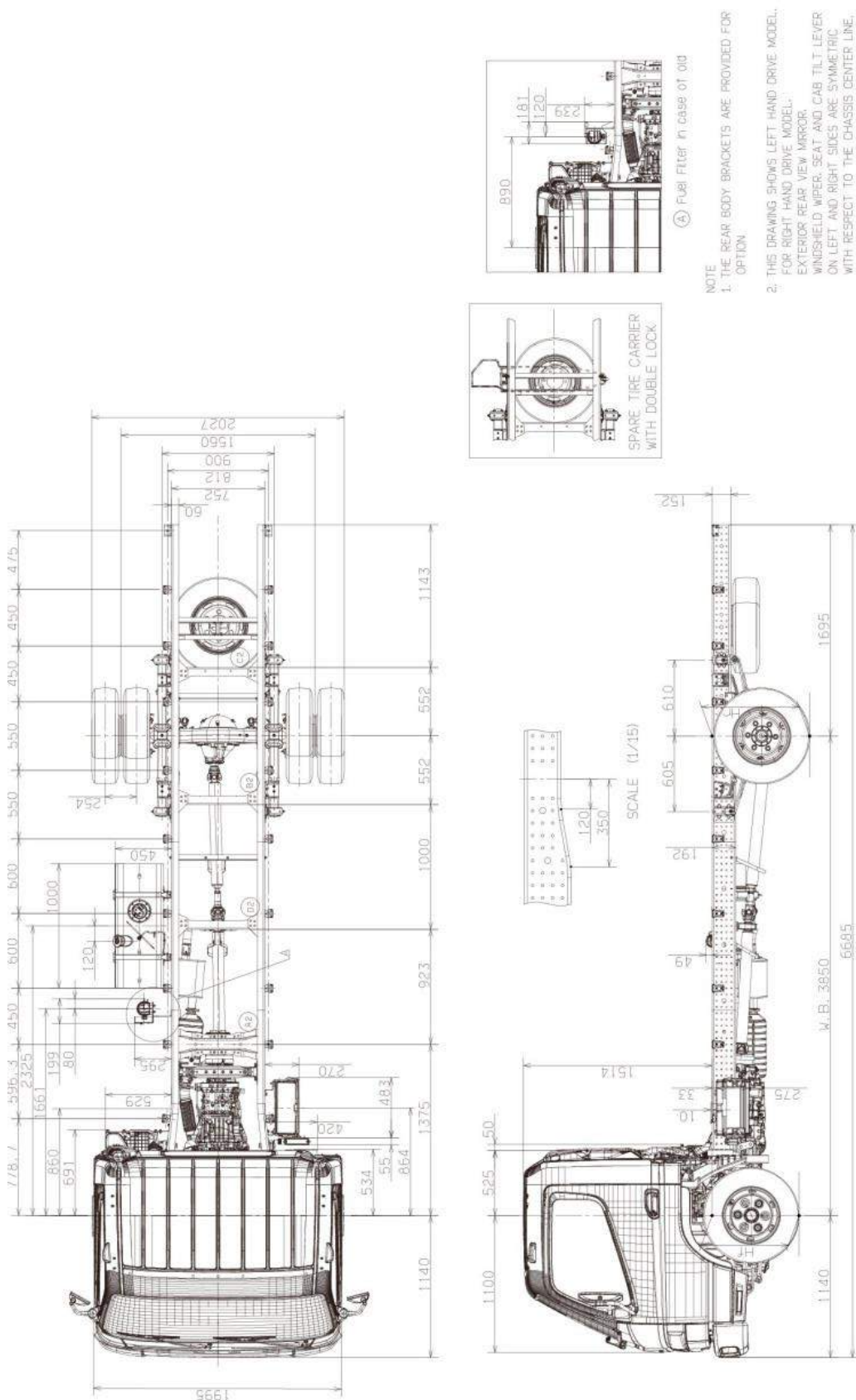




- Plano de la plataforma:



- Plano del chasis del camión:

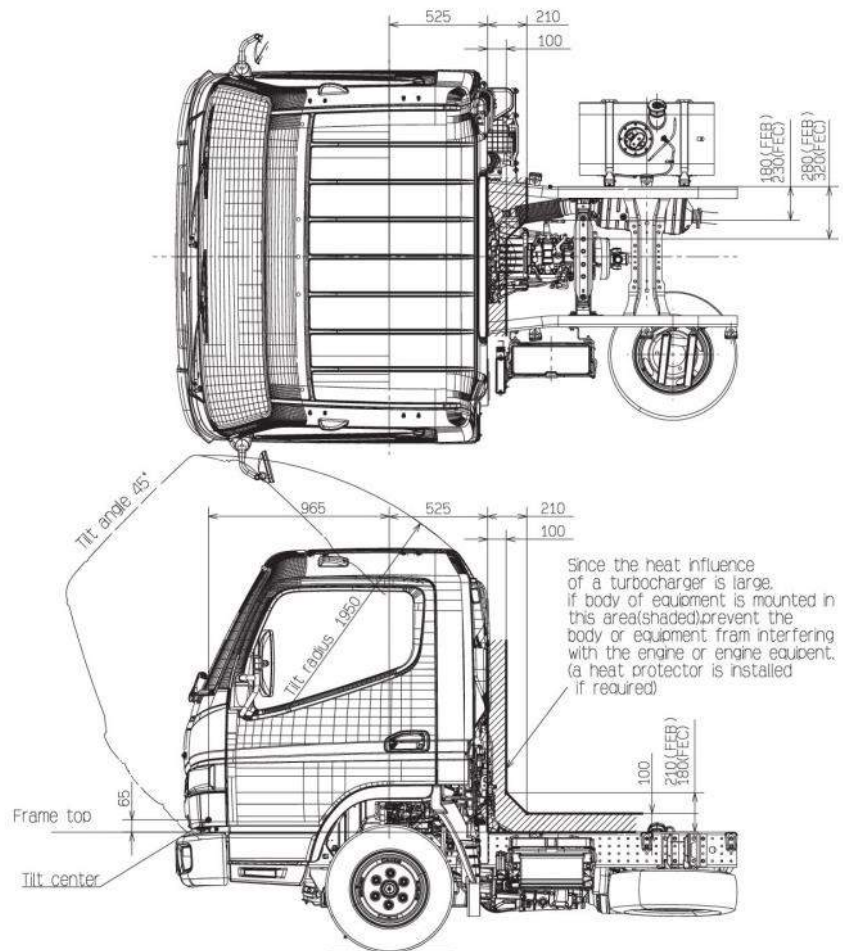




G.V.W. 7.5 t	Vehicle type FEB71GL3SEA7	Scale 1:30	Date 13Feb.2012	Model Canter EuroV
Wheel base 3850	Model code 7C15	Third angle Projection (E)	Name of drawing Chassis Cab drawing	
Cab type Wide cab	Engine type 4P10 110kW			



MITSUBISHI FUSO TRUCK & BUS CORPORATION

- Plano cabina del camión:



G.V.W	Vehicle type	Scale	Date	Model
-	-	1:30	12May.2011	Canter Euro5b+/VI
Wheel base	Model code	Third angle Projection	Name of drawing	
-	-			
Cab type	Engine type		Chassis Cab drawing	
Wide Single	-			

mitsubishi FUSO TRUCK & BUS CORPORATION

## DIAGRAMA GANTT

A continuación se adjunta un diagrama de Gantt que representa una estimación de la organización del proyecto en cuanto a duración de las tareas realizadas. Dejando como reserva hasta el 10 de junio. El diagrama se debe tomar como una estimación inicial para observar la clasificación de las tareas.

