

**PROYECTO TÉCNICO DE REFORMA
SOBRE EL VEHÍCULO MARCA IVECO
MODELO 130E18, CON NÚMERO DE
BASTIDOR ZCFA1GD0002*****, PARA EL
MONTAJE DE UN EQUIPO
PORTACONTENEDORES
MULTIBASCULANTE Y AUTOCARGANTE
MODELO JIMECA-8000 KG.**



PETICIONARIO: NOMBRE DEL PETICIONARIO.

EL INGENIERO INDUSTRIAL: HERMENEGILDO RODRÍGUEZ GALBARRO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. MEMORIA DESCRIPTIVA
 - 1.1. Peticionario
 - 1.2. Objeto
 - 1.3. Antecedentes
 - 1.4. Características técnicas del vehículo
 - 1.4.1. Antes de la reforma
 - 1.4.2. Después de la reforma
 - 1.5. Descripción de la reforma

2. MEMORIA DE CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS
 - 2.1. Cálculo del reparto de cargas por eje
 - 2.2. Distribución de los esfuerzos cortantes y flectores
 - 2.3. Coeficiente de seguridad del conjunto del bastidor
 - 2.4. Cálculo del bulón de giro
 - 2.5. Cálculo de anclajes
 - 2.6. Estudio de la estabilidad del vehículo reformado
 - 2.7. Conclusiones

3. PLIEGO DE CONDICIONES
 - 3.1. Calidad de los materiales empleados
 - 3.2. Normas de ejecución
 - 3.3. Certificados y autorizaciones
 - 3.4. Taller ejecutor

4. PRESUPUESTO

5. PLANOS

- ANEXOS
 - A.1 FOTOGRAFÍAS

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. Peticionario.

Se ha procedido a la redacción del presente proyecto sobre reforma de importancia en vehículo industrial por encargo de *NOMBRE DEL PETICIONARIO*, con domicilio a efectos de notificación en la localidad de *DOMICILIO DEL PETICIONARIO*, y C.I.F. *PETICIONARIO*.

1.2. Objeto.

El presente proyecto técnico tiene como objetivo principal el dar cumplimiento a la normativa vigente a fin de demostrar la viabilidad que tiene la reforma realizada sobre el vehículo marca IVECO modelo 130E18 con número de bastidor ZCFA1GD0002*****, consistente en la instalación de un equipo portacontenedores hidráulico autocargante, a fin de obtener la necesaria aprobación por parte de la Autoridad competente para la autorización del funcionamiento por vías públicas del mencionado vehículo.

1.3. Antecedentes

Para la realización del presente proyecto técnico que describe la reforma a legalizar se ha tenido en cuenta la siguiente reglamentación:

- Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos;
- Manual de Reformas de Vehículos, revisión del 14 de enero de 2011, publicado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio;
- 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;
- Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, por el que se dictan normas para la aplicación de determinadas Directivas de la CEE, relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos;

- Orden ITC/1900/2006, de 13 de junio de 2006, por la que se actualizan los anexos I y II del RD 2028/1986;
- Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos;
- Orden de 15 de septiembre de 2000, por la que se modifica el anexo XVIII "Placas de matrícula", del Reglamento General de Vehículos;
- Orden PRE/3298/2004, de 13 de octubre, por la que se modifica el anexo IX "Masas y Dimensiones", del Reglamento General de Vehículos;
- Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas;
- Real decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Asimismo, se ha tenido en cuenta, habida cuenta del tipo de reforma que se trata y de los sistemas y componentes del vehículo que se ven afectados, la siguiente reglamentación específica:

- Directiva 70/221/CEE sobre los depósitos de carburante líquido y los dispositivos de protección trasera de los vehículos a motor y de sus remolques;
- Directiva 2003/97/CEE sobre la homologación de los dispositivos de visión indirecta y de los vehículos equipados con estos dispositivos;
- Directiva 72/245/CEE relativa a la compatibilidad electromagnética de los vehículos;
- Directiva 76/756/CEE sobre la instalación de dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa de los vehículos a motor y de sus remolques;
- Directiva 89/297/CEE sobre la protección lateral de determinados vehículos a motor y sus remolques;
- Directiva 91/226/CEE sobre los sistemas antiproyección de determinadas categorías de vehículos de motor y de sus remolques;

- Directiva 97/27/CEE relativa a las masas y dimensiones de determinadas categorías de vehículos de motor y de sus remolques;

1.4. Características técnicas del vehículo

El vehículo que va a ser objeto de las reformas definidas por este proyecto, responde a la siguiente descripción técnica:

Datos	
Marca:	IVECO
Tipo / variante / versión:	130E18
Denominación comercial:	S/S
Categoría del vehículo:	S/S
Nombre y dirección del fabricante del vehículo de base:	S/S
Emplazamiento de la placa del fabricante:	S/S
Parte fija VIN:	ZCFA1GD0
Emplazamiento del número de identificación del vehículo:	S/S
Número de homologación:	S/S
Fecha:	S/S
CONSTITUCIÓN GENERAL DEL VEHÍCULO	
Nº de ejes y ruedas:	2 / 6 – 10R22,5
Número y emplazamiento de ejes con ruedas gemelas:	1 TRASERO
MASAS Y DIMENSIONES	
Distancia entre ejes consecutivos 1º, 2º, 3º, ...:	3.690 mm
Vía de cada eje 1º / 2º / 3º / ...:	1.910 / 1.745 mm
Masa del vehículo en orden de marcha:	S/S
Distribución de esta masa entre los ejes 1º/2º/3º/punto de enganche si hay remolque.....:	S/S
Masa máxima en carga admisible prevista para matriculación/circulación (MMA):	13.350 KG
Masa máxima en carga admisible prevista para matriculación/circulación en cada eje 1º/2º/3º/:	4.800 KG / 9.200 KG

A continuación se especifican las características técnicas del vehículo objeto de estudio. Sólo se identificarán aquellas características que cambian antes y después de la reforma, según el modelo de ficha reducida de características técnicas que figura en el apéndice 2, parte III, correspondiente al Anexo III para vehículos de las categorías M y N del RD 750/2010. Se entiende que el resto de características técnicas del vehículo se mantiene invariantes respecto a lo que indica su ficha de características original.

1.4. 1. Antes de la reforma

Se adjunta los valores iniciales de aquellas características que van a resultar modificadas debida a la reforma:

Datos	
MASAS Y DIMENSIONES	
Longitud:	S/S
Anchura:	S/S
Altura (en orden de marcha):	S/S
Voladizo trasero:	S/S

1.4. 2. Después de la reforma

A continuación se adjunta los valores finales de las características del vehículo una vez efectuada la reforma:

Datos	
MASAS Y DIMENSIONES	
Longitud:	6.600 mm
Anchura:	2.450 mm
Altura (en orden de marcha):	3.500 mm
Voladizo trasero:	1.600 mm

1.5. Descripción de la reforma

La reforma a realizar consistirá en la transformación de un vehículo 4x2 tipo carretero en vehículo portacontenedores volquete-autocargante, mediante la instalación de un equipo multibascalante-autocargante, del fabricante marca JIMECA, modelo JI-8000 kg., con una capacidad máxima de manipulación de carga de hasta 8.000 kg. de capacidad, consistente en una carrocería móvil que permita el desplazamiento de la caja de carga sobre el bastidor del vehículo, de forma que pueda ser posible descargar la caja del camión.

La estructura móvil del equipo multibascalante irá incorporada en un sobrebastidor que servirá de refuerzo al propio autobastidor original del vehículo. Dicha estructura podrá rotar alrededor de un bulón de giro accionada por un cilindro hidráulico telescópico frontal. El brazo extremo de la estructura móvil terminará en un gancho para que pueda anclar la caja de carga para su arrastre.

Por otro lado, el movimiento del extremo de la estructura se completará con otro movimiento de extensión del gancho gracias a un par prismático accionado igualmente por otro equipo hidráulico, esta vez compuesto por dos cilindros gemelos telescópicos, que proporciona los grados de libertad de movimiento al mecanismo suficientes para la carga y descarga de la caja del camión.

2. MEMORIA DE CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

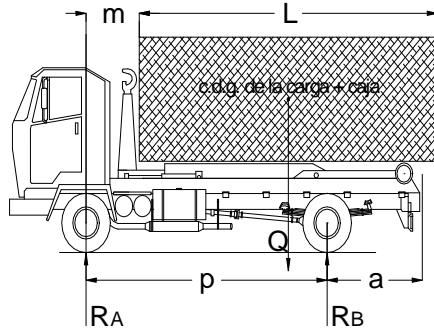
2.1. Cálculo del reparto de cargas por eje.

Para el reparto de cargas sobre los ejes del vehículo, que es necesario conocer para el posterior diseño del bastidor, se van a considerar las siguientes acciones:

- Peso del equipo multibasculante aplicado en su c.d.g. (Q_E).
- Peso de la caja de carga (Q_1).
- Peso máx. admitido de la mercancía a transportar / carga útil (Q_2).

a) En posición de marcha:

Para el caso del vehículo que nos ocupa, al tratarse de un 4x2, para la posición de marcha, se va a considerar la carga debida al peso del equipo multibasculante aplicada en su c.d.g., el peso de la caja de carga distribuida uniformemente, y la carga de la mercancía o carga útil, igualmente repartida uniformemente sobre la caja de carga. El cálculo de las reacciones sobre los ejes del vehículo (delantero (R_A) y trasero (R_B)) viene dado por las siguientes expresiones:



$$R_A = \frac{Q_E * g + Q * (L/2 - a)}{p};$$

$$R_B = \frac{Q_E * (p - g) + Q * (L/2 + m)}{p};$$

donde, según las hojas de planos que se adjuntan al final del presente proyecto, los parámetros anteriores toman las siguientes dimensiones:

- L : Longitud de la caja de carga, de valor 4.680 mm;
- a : Voladizo posterior, de valor 1.600 mm;
- p : Distancia entre ejes, de valor 3.690 mm;
- g : Distancia del c.d.g. del equipo al eje trasero, de valor 1.640 mm;
- m : Distancia eje delantero al comienzo de la caja, de valor 610 mm;
- Q : Peso de la caja más la carga útil, de valor 8.540 Kg. ($Q_1 + Q_2$);
- Q_E : Peso del equipo aplicado en su c.d.g., de valor 820 Kg;

Sustituyendo los valores anteriores, se obtienen las siguientes reacciones en los ejes:

$$R_A=2077 \text{ Kg}$$

$$R_B=7283 \text{ Kg}$$

En la siguiente tabla se resume el total de las reacciones sobre los ejes, según la naturaleza de la sollicitación, y en la que se comprueba que no se superan los límites legales establecidos para cada eje:

DEBIDO A:	1 ^{er} EJE	2 ^o EJE	TOTAL
CHASIS-CABINA	2605 kg	1310 kg	3915 kg
OCUPANTES	75 kg	0 kg	75 kg
EQUIPO MULTIBASCULANTE	364 kg	456 kg	820 kg
CARGA ÚTIL + CAJA	1713 kg	6827 kg	8540 kg
TOTAL	4757 kg	8593 kg	13350 kg
P.M.A.	4800 kg	9200 kg	13350 kg

b) En posición de inicio de vuelco de la mercancía, $\alpha=0^\circ$.

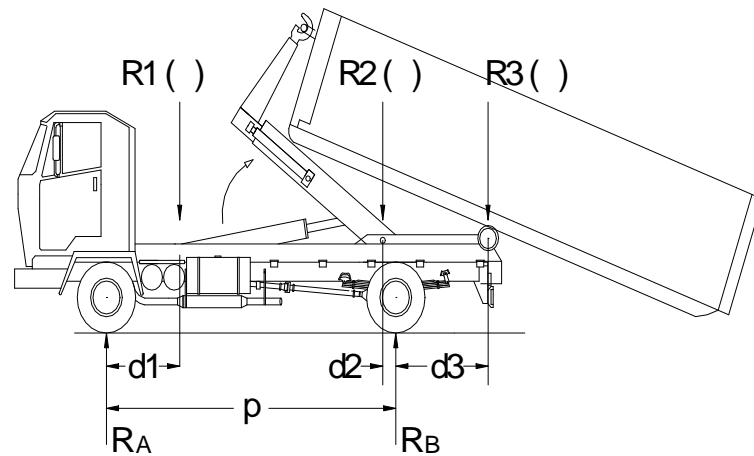
En esta posición las reacciones sobre los ejes del vehículo coinciden con las calculadas para la posición de marcha vistas anteriormente, es decir, que las reacciones sobre los ejes delantero (R_A) y trasero (R_B) vienen dadas por las siguientes expresiones:

$$R_{A(\alpha=0^\circ)} = \frac{Q_E * g + Q * (L/2 - a)}{p};$$

$$R_{B(\alpha=0^\circ)} = \frac{Q_E * (p - g) + Q * (L/2 + m)}{p};$$

DEBIDO A:	1 ^{er} EJE	2 ^o EJE	TOTAL
CHASIS-CABINA	2605 kg	1310 kg	3915 kg
OCUPANTES	75 kg	0 kg	75 kg
EQUIPO MULTIBASCULANTE	364 kg	456 kg	820 kg
CARGA ÚTIL + CAJA	1713 kg	6827 kg	8540 kg
TOTAL	4757 kg	8593 kg	13350 kg
P.M.A.	4800 kg	9200 kg	13350 kg

Pero para esta situación de trabajo, el bastidor comienza a estar sometido a unas cargas puntuales, $R_{1(\alpha=0^\circ)}$, $R_{2(\alpha=0^\circ)}$, y $R_{3(\alpha=0^\circ)}$, debido al movimiento de basculación del equipo, según la representación siguiente que se adjunta:



donde los parámetros anteriores toman las siguientes dimensiones:

- $d1$: Distancia del anclaje del cilindro al eje delantero, de valor 550 mm;
- $d2$: Distancia del bulón de giro del brazo articulado al eje trasero, 450 mm;
- $d3$: Distancia del rodillo de arrastre al eje trasero, de valor 800 mm;

Siendo $R_{1(\alpha=0^\circ)}$, $R_{2(\alpha=0^\circ)}$, y $R_{3(\alpha=0^\circ)}$, las respectivas reacciones en los puntos anteriores sobre el bastidor del vehículo debido al movimiento de basculación de la carga. Dichas reacciones vienen dadas por las siguientes expresiones:

$$R_{1(\alpha=0^\circ)} = \frac{F * ((p - d1 - d2) * \cos \alpha)}{p - d1 - d2};$$

$$R_{2(\alpha=0^\circ)} = F - R_{1(\alpha=0^\circ)};$$

$$R_{3(\alpha=0^\circ)} = Q - F;$$

donde,

$$F = \frac{Q * ((p - d1 - d2) * \cos \alpha + d2 + d3 - L/2 * \cos \theta)}{(p - d1 - d2) * \cos \alpha + d2 + d3};$$

Siendo,

$$\tan \theta = \frac{(p - d1 - d2) * \sin \alpha}{d2 + d3 + (p - d1 - d2) * \cos \alpha};$$

Sustituyendo valores para esta situación de trabajo de comienzo de basculación de la caja ($\alpha=0^\circ$), resultan las reacciones siguientes:

$$R_{1(\alpha=0^\circ)} = 3468 \text{ Kg}$$

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

$$R_{3(\alpha=0^\circ)} = 5072 \text{ Kg}$$

c) En posición de vuelco de la mercancía, $\alpha=45^\circ$.

Cuando la caja de carga se encuentra en posición de vuelco, con un ángulo de inclinación máxima de $\alpha=45^\circ$, las reacciones sobre los ejes delantero (R_A) y trasero (R_B) vienen dadas por las siguientes expresiones:

$$R_{A(\alpha=45^\circ)} = \frac{Q_E * g' + R_1 * (p - d1) + R_2 * d2 - R_3 * d3}{\rho};$$

$$R_{B(\alpha=45^\circ)} = \frac{Q_E * (p - g') + R_1 * d1 + R_2 * (p - d2) + R_3 * (p + d3)}{\rho};$$

Siendo g' el nuevo c.d.g. del equipo para la posición del brazo basculado 45° .

Por otro lado, para esta posición de trabajo de máxima inclinación de la caja de carga, las reacciones que se ejercen sobre el bastidor, $R_{1(\alpha=45^\circ)}$, $R_{2(\alpha=45^\circ)}$, y $R_{3(\alpha=45^\circ)}$, se calculan según las expresiones ya conocidas:

$$R_{1(\alpha=0^\circ)} = \frac{F * ((p - d1 - d2) * \cos \alpha)}{p - d1 - d2};$$

$$R_{2(\alpha=0^\circ)} = F - R_{1(\alpha=0^\circ)};$$

$$R_{3(\alpha=0^\circ)} = Qr - F;$$

donde,

$$F = \frac{Qr * ((p - d1 - d2) * \cos \alpha + d2 + d3 - L/2 * \cos \theta)}{(p - d1 - d2) * \cos \alpha + d2 + d3};$$

siendo,

$$\tan \theta = \frac{(p - d1 - d2) * \sin \alpha}{d2 + d3 + (p - d1 - d2) * \cos \alpha};$$

Para esta situación de trabajo, es decir, con la máxima basculación de la caja de carga ($\alpha=45^\circ$), se puede considerar un valor de la carga portada en la caja con un valor remanente del 70%, es decir que $Qr=0,70*Q$, por lo que las reacciones sobre el bastidor resultan las siguientes:

$$R_{1(\alpha=40^\circ)} = 1540 \text{ Kg}$$

$$R_{2(\alpha=40^\circ)} = 638 \text{ Kg}$$

$$R_{3(\alpha=40^\circ)} = 3800 \text{ Kg}$$

Sustituyendo los valores anteriores en las expresiones anteriores, se obtienen las siguientes reacciones en los ejes para esta posición de trabajo:

$$R_A = 848 \text{ Kg}$$

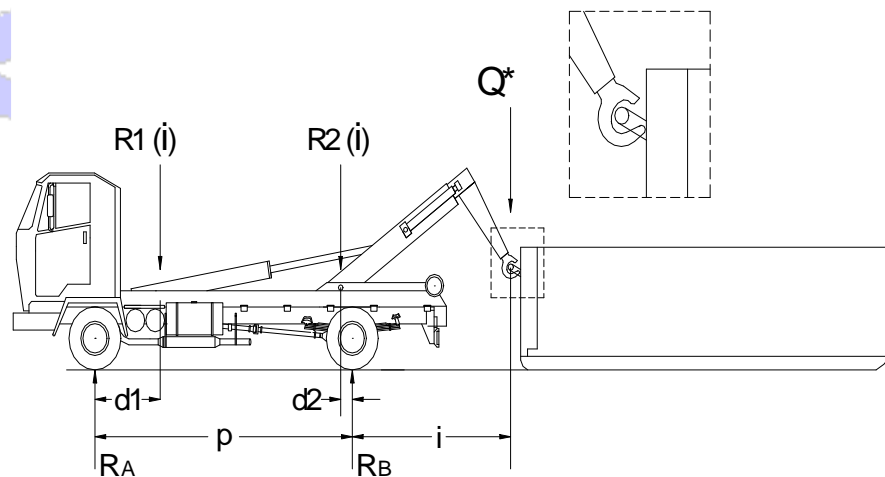
$$R_B = 5950 \text{ Kg}$$

En la siguiente tabla se resume el total de las reacciones sobre los ejes, según la naturaleza de la sollicitación, y en la que se comprueba que no se superan los límites legales establecidos para cada eje:

DEBIDO A:	1 ^{er} EJE	2 ^o EJE	TOTAL
CHASIS-CABINA	2605 kg	1310 kg	3915 kg
OCUPANTES	75 kg	0 kg	75 kg
EQUIPO MULTIBASCULANTE	283 kg	537 kg	820 kg
CARGA ÚTIL + CAJA	565 kg	5413 kg	5978 kg
TOTAL	3528 kg	7260 kg	10788 kg
P.M.A.	4800 kg	9200 kg	13350 kg

d) En posición de comienzo de carga de la caja.

Para esta posición de trabajo, la caja se encuentra apoyada en el suelo, cuando el gancho comienza a elevar la caja de carga por su asa delantera, según se muestra en la figura siguiente:



Cuando el gancho comienza a tirar de la caja para su elevación, ésta queda apoyada en dos puntos: sobre el rodillo trasero y sobre el asa que pende del gancho del equipo. Para esta posición, se puede considerar que la carga se reparte por igual entre ambos puntos, por lo que $Q^*=Q/2$, y las reacciones que origina el equipo multibasculante, $R_{1(i)}$ y $R_{2(i)}$, sobre el bastidor del vehículo viene dada por las siguientes expresiones:

$$R_{1(i)}=Q/2- R_{2(i)}; \text{ siendo}$$

$$R_{2(i)}=\frac{Q/2 * (i + p - d1)}{p - d1 - d2};$$

Sustituyendo valores de medidas y cargas del proyecto, se tienen las siguientes reacciones:

$$R_{1(i)} = -3016 \text{ Kg}$$

$$R_{2(i)} = 7286 \text{ Kg}$$

Para esta situación de trabajo los cálculos realizados deben justificar que las reacciones originadas en los ejes del vehículo cuando se realiza la carga o descarga del contenedor con su carga, no superan los valores técnicamente admisibles (MMTA) en cada eje, aunque sí se sobrepase lo establecido legalmente por cada eje para su circulación (MMA). Esto puede ser así dado que esta operación es transitoria y sólo se lleva a cabo con el vehículo parado, y no tiene efecto durante la situación normal de circulación del vehículo.

No obstante, el cálculo de las reacciones sobre cada eje sí que permiten asegurar la estabilidad del vehículo durante el proceso de carga y que no existe peligro de vuelco durante la operación.

Así, para esta posición de trabajo las reacciones sobre los ejes delantero (R_A) y trasero (R_B), debido al peso del equipo y la mercancía, incluida la caja de carga, vienen dadas por las siguientes expresiones:

$$R_{A(i)} = \frac{Q_E * g - Q/2 * i}{p};$$

$$R_{B(i)} = \frac{Q_E * (p - g) + Q/2 * (p + i)}{p};$$

que sustituyendo valores valen,

$$R_{A(i)} = -1449 \text{ Kg}$$

$$R_{B(i)} = 6539 \text{ Kg}$$

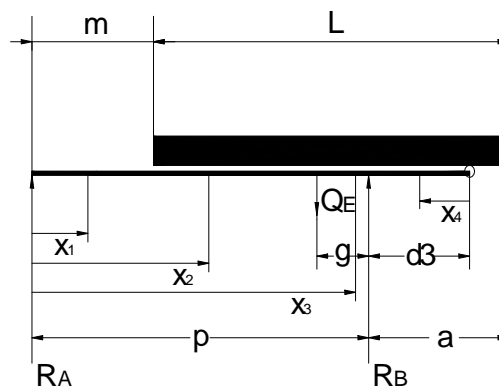
En la siguiente tabla se resume el total de las reacciones sobre los ejes, según la naturaleza de la sollicitación, y en la que se comprueba que no se superan los límites legales establecidos para cada eje:

DEBIDO A:	1 ^{er} EJE	2 ^o EJE	TOTAL
CHASIS-CABINA	2605 kg	1310 kg	3915 kg
OCUPANTES	75 kg	0 kg	75 kg
EQUIPO MULTIBASCULANTE	229 kg	591 kg	820 kg
CARGA ÚTIL + CAJA	-1678 kg	5948 kg	4270 kg
TOTAL	1231 kg	7849 kg	9080 kg
P.M.A.	4800 kg	9200 kg	13350 kg

2.2. Distribución de los esfuerzos cortantes y 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 para las nuevas dimensiones y cargas, para cada una de las situaciones de trabajo del vehículo estudiadas anteriormente.

a) En posición de marcha:



Para $x_1=0$:

$$V(0)=R_A=2077 \text{ kg}$$

$$M(0)=0;$$

Para $m=0,61 \text{ m.} \geq x_1 > 0$:

$$V(x_1)=R_A=2077 \text{ kg}$$

$$M(x_1)=R_A \cdot x_1=2077 \cdot x_1 \text{ m}\cdot\text{kg}; \quad M_{\text{máx}}=1267 \text{ m}\cdot\text{kg}, \text{ para } x_1=0,61 \text{ m.}$$

Para $p=3,69 \text{ m.} \geq x_2 > m=0,61 \text{ m.}$:

$$V(x_2)=R_A - q \cdot (x_2 - m) = 2077 - 2412 \cdot (x_2 - 0,61); \text{ siendo } q = Q + Q_E / (p + d_3 - m) = 2412 \text{ kg/m};$$

$$M(x_2) = R_A \cdot x_2 - q/2 \cdot (x_2 - m)^2 = 2077 \cdot x_2 - 1206 \cdot (x_2 - 0,61)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

siendo $M_{\text{máx}}=2016 \text{ m}\cdot\text{kg}$, para $x_2=1,47 \text{ m.}$

Para $x_3=0$:

$$V(0) = q' \cdot (a - d_3) = 1825 \cdot (1,60 - 0,80) = 1460 \text{ Kg}; \text{ siendo } q' = Q/L = 1825 \text{ kg/m};$$

$$M(0) = -q' \cdot (a - d_3)^2 / 2 = -584 \text{ m}\cdot\text{Kg}$$

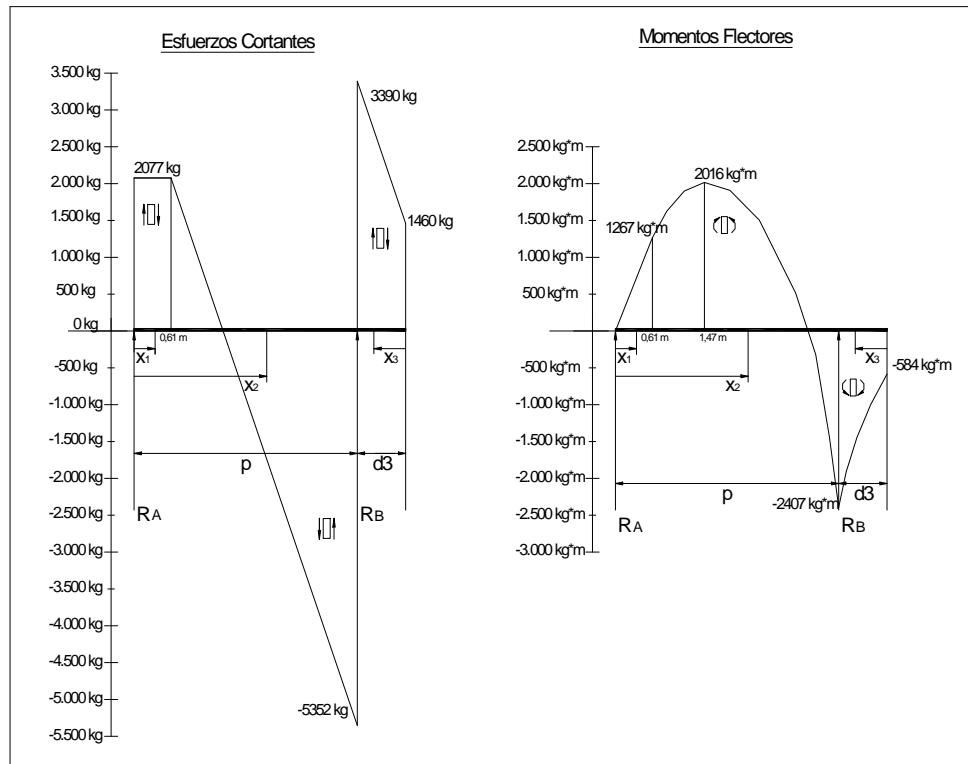
Para $d_3=0,80 \text{ m.} \geq x_3 > 0$:

$$V(x_4) = V(0) + q' \cdot x_3 = 1460 + 2412 \cdot x_3 \text{ (Kg)}$$

$$M(x_4) = M(0) - V(0) \cdot x_3 - q/2 \cdot (x_3)^2 = -584 - 1460 \cdot x_3 - 1206 \cdot (x_3)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

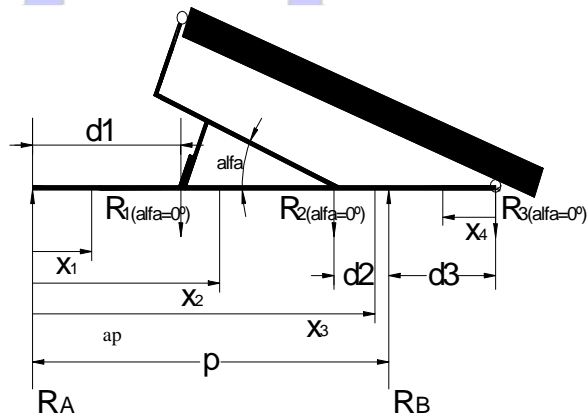
siendo $M_{\text{máx}}=-2407 \text{ m}\cdot\text{kg}$, para $x_3=0,80 \text{ m.}$

GRÁFICO DE ESFUERZOS



-EN POSICIÓN DE MARCHA-

b) En posición de inicio de vuelco de la mercancía, $\alpha=0^\circ$:



Para $x_1=0$:

$$V(0)=R_A=2077 \text{ kg}$$

$$M(0)=0;$$

Para $d1=0,55 \text{ m.} \geq x_1 > 0$:

$$V(x_1)=R_A=2077 \text{ kg}$$

$$M(x_1)=R_A \cdot x_1=2077 \cdot x_1 \text{ m}\cdot\text{kg}; \quad M_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}=1142 \text{ m}\cdot\text{kg}, \text{ para } x_1=0,55 \text{ m.}$$

Para $m=0,61 \text{ m.} \geq x_2 > d1=0,55 \text{ m.}$:

$$V(x_2)=R_A-R_{1(\alpha=0^\circ)}=2077-3468=-1391 \text{ kg};$$

$$M(x_2)=R_A \cdot x_2 - R_{1(\alpha=0^\circ)} \cdot (x_2 - d1) = 2077 \cdot x_2 - 3468 \cdot (x_2 - 0,55) \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

siendo $M_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}=1059 \text{ m}\cdot\text{kg}$, para $x_2=0,61 \text{ m.}$

Para $p-d2=3,24 \text{ m.} \geq x_3 > m=0,61 \text{ m.}$:

$$V(x_3)=R_A-R_{1(\alpha=0^\circ)}-q \cdot (x_3-m)=-1391-212 \cdot (x_3-0,61); \text{ para } q=Q_E / (p+d3-m)=212 \text{ kg/m};$$

$$M(x_3) = R_A \cdot x_3 - R_{1(\alpha=0^\circ)} \cdot (x_3 - d_1) - q/2 \cdot (x_3 - m)^2 = 848 \cdot x_3 - 1540 \cdot (x_3 - 0,55) - 106 \cdot (x_3 - 0,61)^2 \quad (\text{m} \cdot \text{kg})$$

siendo $M_{\text{m} \times \text{x}} = -2036 \text{ m} \cdot \text{kg}$, para $x_3 = 3,69 \text{ m}$.

Para $x_4 = 0$:

$$V(0) = R_{3(\alpha=0^\circ)} = 3800 \text{ Kg}$$

$$M(0) = 0 \text{ m} \cdot \text{Kg}$$

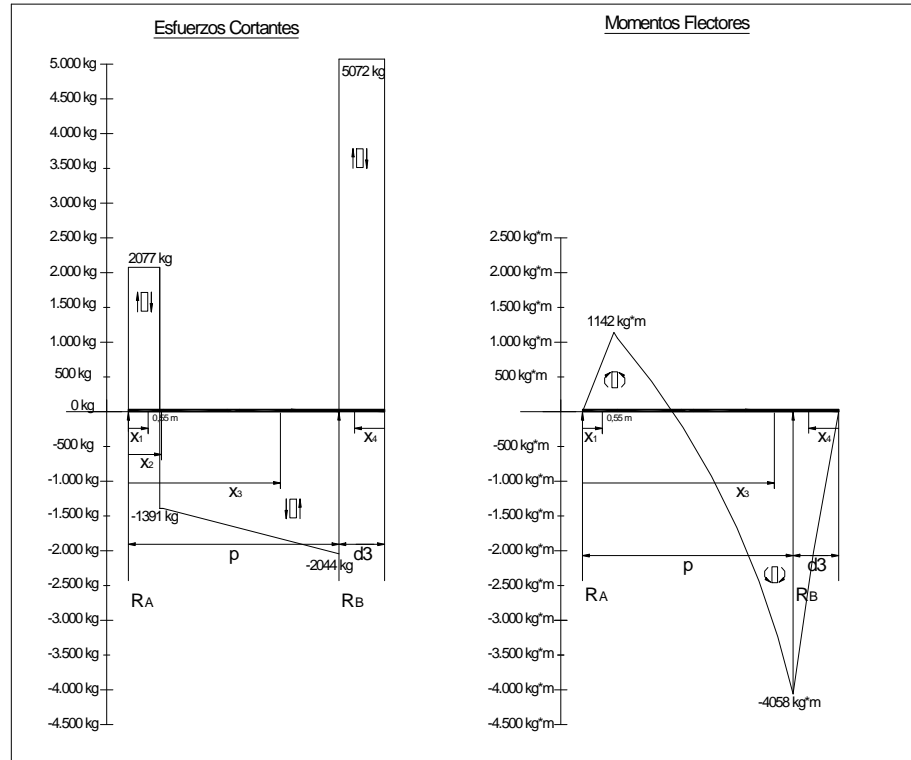
Para $d_3 = 0,80 \text{ m} \geq x_4 > 0$:

$$V(x_4) = 5072 \text{ Kg}$$

$$M(x_4) = -R_{3(\alpha=0^\circ)} \cdot x_4 = -5072 \cdot x_4 \quad (\text{m} \cdot \text{kg})$$

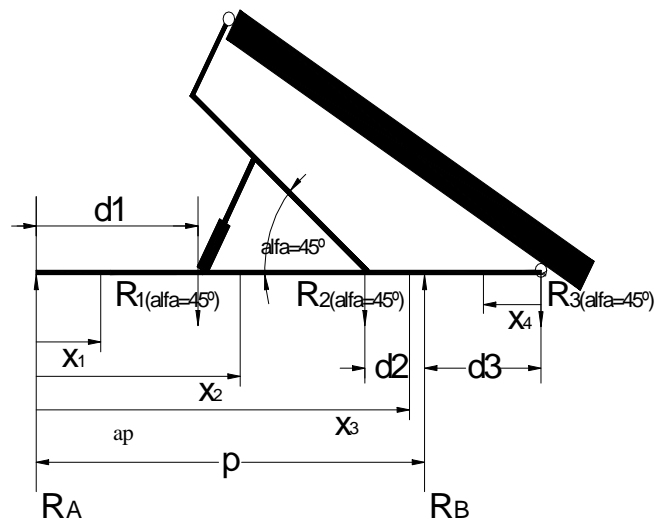
siendo $M_{\text{m} \times \text{x}} = -4058 \text{ m} \cdot \text{kg}$, para $x_3 = 0,80 \text{ m}$.

GRÁFICO DE ESFUERZOS



-EN POSICIÓN DE INICIO DE VUELCO, $\alpha=0^\circ$ -

c) En posición de vuelco de la mercancía, $\alpha=45^\circ$:



Para $x_1=0$:

$$V(0)=R_A=848 \text{ kg}$$

$$M(0)=0;$$

Para $d_1=0,55 \text{ m.} \geq x_1 > 0$:

$$V(x_1)=R_A=848 \text{ kg}$$

$$M(x_1)=R_A \cdot x_1=848 \cdot x_1 \text{ m}\cdot\text{kg}; \quad M_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}=466 \text{ m}\cdot\text{kg, para } x_1=0,55 \text{ m.}$$

Para $m=0,61 \text{ m.} \geq x_2 > d_1=0,55 \text{ m.}$:

$$V(x_2)=R_A - R_{1(\alpha=45^\circ)}=848 - 1540=-692 \text{ kg};$$

$$M(x_2)=R_A \cdot x_2 - R_{1(\alpha=45^\circ)} \cdot (x_2 - d_1)=848 \cdot x_2 - 1540 \cdot (x_2 - 0,55) \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

siendo $M_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}=466 \text{ m}\cdot\text{kg, para } x_2=0,55 \text{ m.}$

Para $p-d_2=3,24 \text{ m.} \geq x_3 > m=0,61 \text{ m.}$:

$$V(x_3)=R_A - R_{1(\alpha=45^\circ)} - q \cdot (x_3 - m)=848 - 1540 - 212 \cdot (x_3 - 0,61); \text{ para } q=Q_E / (p + d_3 - m)=212 \text{ kg/m};$$

$$M(x_3)=R_A \cdot x_3 - R_{1(\alpha=45^\circ)} \cdot (x_3 - d_1) - q/2 \cdot (x_3 - m)^2=848 \cdot x_3 - 1540 \cdot (x_3 - 0,55) - 106 \cdot (x_3 - 0,61)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

siendo $M_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}=-2128 \text{ m}\cdot\text{kg, para } x_3=3,24 \text{ m.}$

Para $p=3,69 \text{ m.} \geq x_4 > p - d_2=3,24 \text{ m.}$:

$$V(x_4)=R_A - R_{1(\alpha=45^\circ)} - R_{2(\alpha=45^\circ)} - q \cdot (x_4 - m)=-1330 - 212 \cdot (x_4 - 0,61); \text{ para } q=Q_E / (p + d_3 - m)=212 \text{ kg/m};$$

$$M(x_4)=R_A \cdot x_4 - R_{1(\alpha=45^\circ)} \cdot (x_4 - d_1) - R_{2(\alpha=45^\circ)} \cdot (x_4 - (p - d_2)) - q/2 \cdot (x_4 - m)^2=848 \cdot x_4 - 1540 \cdot (x_4 - 0,55) - 638 \cdot (x_4 - 3,24) - 106 \cdot (x_4 - 0,61)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

siendo $M_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}=-3108 \text{ m}\cdot\text{kg, para } x_4=3,69 \text{ m.}$

Para $x_5=0$:

$$V(0)=R_{3(\alpha=45^\circ)}=3800 \text{ Kg}$$

$$M(0)=0 \text{ m}\cdot\text{Kg}$$

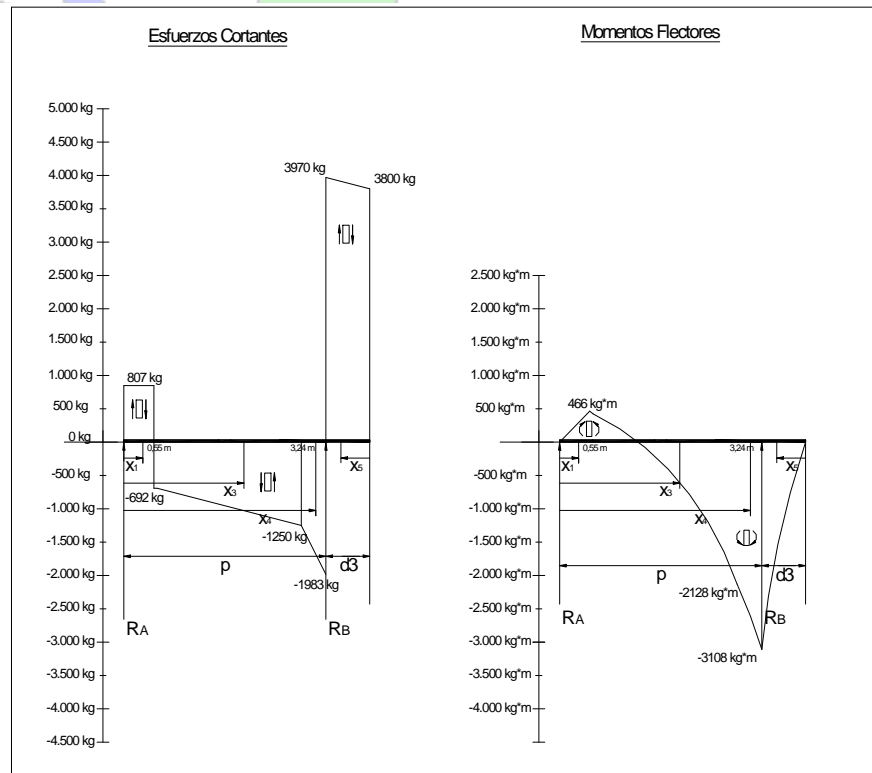
Para $d_3=0,80 \text{ m.} \geq x_5 > 0$:

$$V(x_5)=R_{3(\alpha=45^\circ)} + q \cdot x_5=3800 + 212 \cdot x_5; \text{ para } q=Q_E / (p + d_3 - m)=212 \text{ kg/m};$$

$$M(x_5)=-R_{3(\alpha=45^\circ)} \cdot x_5 - q/2 \cdot (x_5)^2=-3800 \cdot x_5 - 106 \cdot (x_5)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

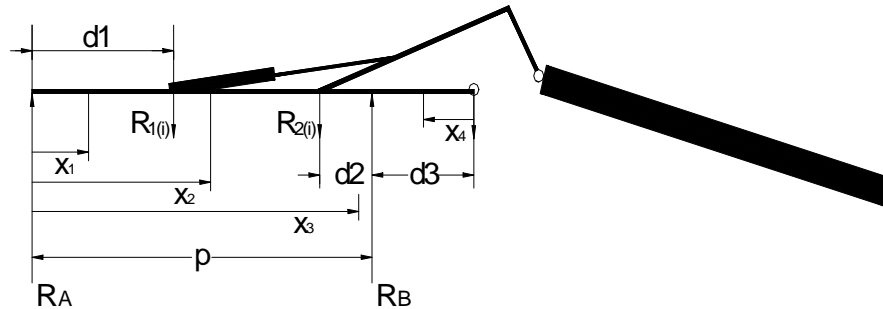
siendo $M_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}=-3108 \text{ m}\cdot\text{kg, para } x_5=0,80 \text{ m.}$

GRÁFICO DE ESFUERZOS



-EN POSICIÓN DE VUELCO, $\alpha=45^\circ$ -

d) En posición de comienzo de carga de la caja



Para $x_1=0$:

$$V(0)=R_A=-1449 \text{ kg}$$

$$M(0)=0;$$

Para $d_1=0,55 \text{ m.} \geq x_1 > 0$:

$$V(x_1)=R_A=-1449 \text{ kg}$$

$$M(x_1)=R_A \cdot x_1 = -1449 \cdot x_1 \text{ m}\cdot\text{kg}; \quad M_{m\acute{a}x} = -797 \text{ m}\cdot\text{kg}, \text{ para } x_1 = 0,55 \text{ m.}$$

Para $m=0,61 \text{ m.} \geq x_2 > d_1=0,55 \text{ m.}$:

$$V(x_2)=R_A - R_{1(i)} = -1449 - (-3016) = 1567 \text{ kg};$$

$$M(x_2)=R_A \cdot x_2 - R_{1(i)} \cdot (x_2 - d_1) = -1449 \cdot x_2 - (-3016) \cdot (x_2 - 0,55) \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

siendo $M_{m\acute{a}x} = 797 \text{ m}\cdot\text{kg}$, para $x_2 = 0,55 \text{ m.}$

Para $p-d_2=3,24 \text{ m.} \geq x_3 > m=0,61 \text{ m.}$:

$$V(x_3)=R_A - R_{1(i)} - q \cdot (x_3 - m) = -1449 - (-3016) - 212 \cdot (x_3 - 0,61); \text{ para } q=Q_E / (p+d_3-m) = 212 \text{ kg/m};$$

$$M(x_3)=R_A \cdot x_3 - R_{1(i)} \cdot (x_3 - d_1) - q/2 \cdot (x_3 - m)^2 = -1449 \cdot x_3 - (-3016) \cdot (x_3 - 0,55) - 106 \cdot (x_3 - 0,61)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

siendo $M_{m\acute{a}x} = 5931 \text{ m}\cdot\text{kg}$, para $x_3 = 3,24 \text{ m.}$

Para $p=3,69 \text{ m.} \geq x_4 > p-d_2=3,24 \text{ m.}$:

$$V(x_4)=R_A - R_{1(i)} - R_{2(i)} - q \cdot (x_4 - m) = -1449 - (-3016) - 7286 - 212 \cdot (x_4 - 0,61);$$

para $q=Q_E / (p+d_3-m) = 212 \text{ kg/m};$

$$M(x_4)=R_A \cdot x_4 - R_{1(i)} \cdot (x_4 - d_1) - R_{2(i)} \cdot (x_4 - (p-d_2)) - q/2 \cdot (x_3 - m)^2 = -1449 \cdot x_4 - (-3016) \cdot (x_4 - 0,55) - 7286 \cdot (x_4 - 3,24) - 106 \cdot (x_2 - 0,61)^2 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

siendo $M_{m\acute{a}x} = 5931 \text{ m}\cdot\text{kg}$, para $x_4 = 3,24 \text{ m.}$

Para $x_5=0$:

$$V(0)=R_{3(i)} = 0 \text{ Kg}$$

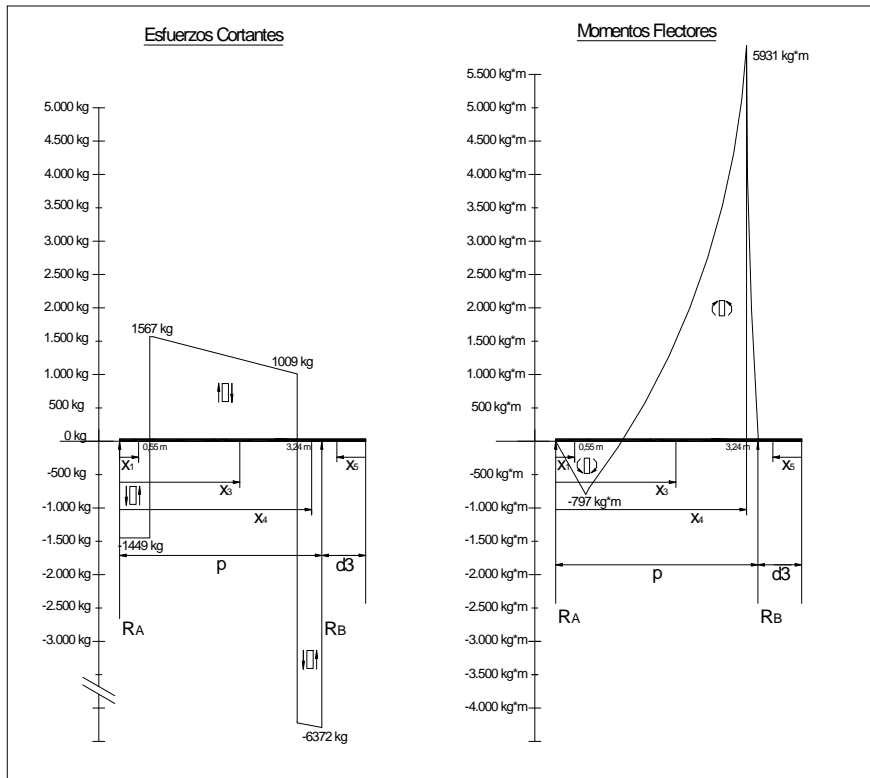
$$M(0)=0 \text{ m}\cdot\text{Kg}$$

Para $d_3=0,80 \text{ m.} \geq x_5 > 0$:

$$V(x_5)=0 \text{ Kg}$$

$$M(x_5)=-R_{3(i)} \cdot x_5 = 0 \text{ (m}\cdot\text{kg)}$$

GRÁFICO DE ESFUERZOS

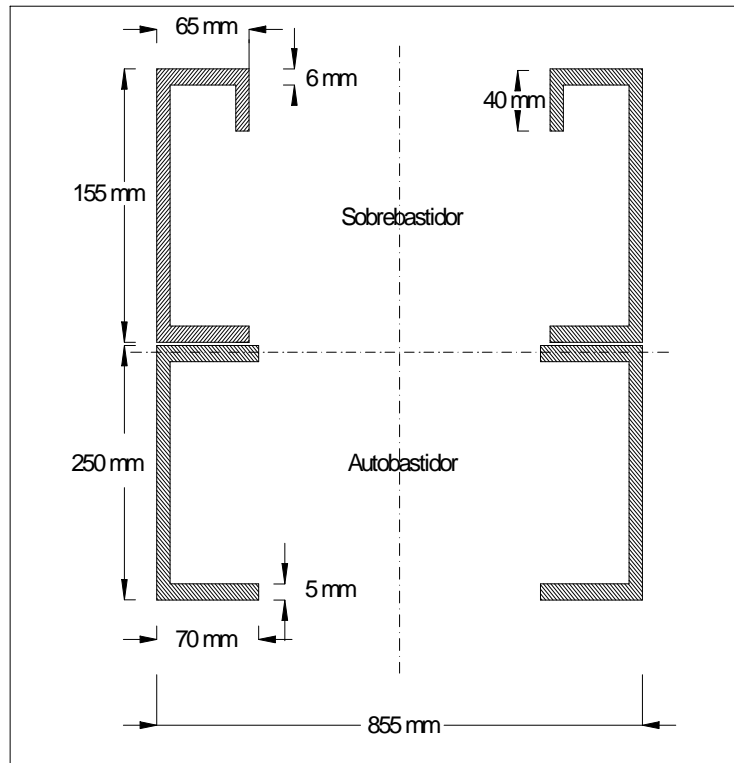


-EN POSICIÓN DE COMIENZO DE CARGA-



2.3. Coeficiente de seguridad del conjunto del bastidor

En primer lugar, se definen las características mecánicas de la sección del bastidor que se ha empleado en el vehículo:



El módulo resistente de la sección total del bastidor con refuerzo viene dada por la siguiente expresión:

$$W_x = I_{xx} / y_{máx};$$

en la que:

I_{xx} = momento de inercia del perfil de un larguero del bastidor reforzado respecto al eje x-x neutro de la sección.

$y_{máx}$ = distancia del eje neutro de la sección a la fibra más alejada de la misma.

Con las dimensiones anteriores del bastidor a emplear en el vehículo se calcula el módulo resistente de la sección total del bastidor con refuerzo, que vale:

$$W_x = 278 \text{ cm}^3. \text{ (a flexión).}$$

También es necesario conocer los momentos de inercia propios y módulos resistentes de cada una de las partes que componen el perfil del larguero (autobastidor sin refuerzo y sobrebastidor), que toman los siguientes valores:

- Para el larguero del autobastidor sin refuerzo, se tiene que:

$$I_{x1}=1670 \text{ cm}^4.$$

$$W_{x1}=I_{x1}/y_{máx1}=134 \text{ cm}^3$$

- Para el sobrebastidor o refuerzo:

$$I_{x2}=677 \text{ cm}^4$$

$$W_{x2}=I_{x2}/y_{máx2}=87 \text{ cm}^3$$

Según los diagramas de tensiones del apartado anterior, el máximo flector obtenido de entre las distintas situaciones de trabajo vale:

- **Máximo flector obtenido:** $M_{f máx}=5931 \text{ m}\cdot\text{kg}$, alcanzado para la situación de trabajo durante el inicio de la carga de la caja, para en el punto $x_4=3,24 \text{ m}$. del bastidor.

La tensión de trabajo a flexión del bastidor con refuerzo viene dada por:

$$\sigma_f = M_{f máx} / (2 * W_x);$$

siendo:

σ_f = tensión de trabajo del bastidor con refuerzo a flexión.

$M_{f máx}$ = momento flector máximo que actúa sobre el bastidor reforzado.

W_x = módulo resistente a flexión del perfil de un larguero del bastidor con refuerzo.

Por lo tanto, sustituyendo valores se tiene que la tensión de trabajo del conjunto, será:

$$\sigma_f = M_{f máx} / (2 * W_x) = 593100 / (2 * 278) = 1067 \text{ kg/cm}^2$$

Para obtener el coeficiente de seguridad, se tomará como referencia la tensión límite de elasticidad del material (σ_e) dada por el fabricante. De esta forma, el coeficiente de seguridad para el trabajo conjunto del bastidor vendrá dado por:

$$\lambda = \sigma_e / \sigma_{co} = 3600 / 1067 = 3,37 > 3$$

Por otra parte, y además de lo anterior, cuando un bastidor se refuerza, se debe comprobar la seguridad de cada una de las partes que componen los largueros principales. Esto es así, porque cada una de ellas ha de absorber un porcentaje del momento flector total máximo, por lo que el coeficiente de seguridad de cada una de las partes deberá ser también mayor o igual a 3:

$$\sigma_{f1} = M_{f máx1} / (2 * W_{x1}); \quad \lambda_1 = \sigma_e / \sigma_{f1} > 3$$

$$\sigma_{f2} = M_{f máx2} / (2 * W_{x2}); \quad \lambda_2 = \sigma_e / \sigma_{f2} > 3$$

siendo:

W_{x1} = módulo resistente del perfil de un larguero del autobastidor sin refuerzo, con respecto a su eje neutro x_1-x_1 .

W_{x2} = módulo resistente del perfil de un larguero del sobrebastidor auxiliar, con respecto a su eje neutro x_2-x_2 .

$M_{f\text{máx}1}$ =momento flector máximo que actúa sobre el autobastidor.
 $M_{f\text{máx}2}$ =momento flector máximo que actúa sobre el sobrebastidor.
 σ_{f1} =tensión de trabajo a flexión que actúa sobre el autobastidor.
 σ_{f2} =tensión de trabajo a flexión que actúa sobre el sobrebastidor.

Por otro lado, los momentos flectores máximos absorbidos por cada una de las partes son directamente proporcionales a los momentos de inercia:

$$M_{f\text{máx}1}=2 \cdot \lambda \cdot I_{x1}=2 \cdot 126,36 \cdot 1670=422042 \text{ cm}\cdot\text{kg}$$

$$M_{f\text{máx}2}=2 \cdot \lambda \cdot I_{x2}=2 \cdot 126,36 \cdot 677=171091 \text{ cm}\cdot\text{kg}$$

siendo:

$$\lambda = M_{f\text{máx}} / (2 \cdot (I_{x1} + I_{x2})) = 593100 / (2 \cdot (1670 + 677)) = 126,36 \text{ kg/cm}^3$$

Y sus tensiones de trabajo serán, respectivamente:

$$\sigma_{f1} = M_{f\text{máx}1} / (2 \cdot W_{x1}) = 422042 / (2 \cdot 134) = 1575 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{f2} = M_{f\text{máx}2} / (2 \cdot W_{x2}) = 171091 / (2 \cdot 87) = 983 \text{ kg/cm}^2$$

donde:

$$W_{x1} = I_{x1} / y_{\text{máx}1} = 134 \text{ cm}^3$$

$$W_{x2} = I_{x2} / y_{\text{máx}2} = 87 \text{ cm}^3$$

Cálculo de los coeficientes de seguridad:

$$\lambda_1 = \sigma_e / \sigma_{f1} = 3600 / 1575 = 2,28$$

(del autobastidor sin refuerzo)

$$\lambda_2 = \sigma_e / \sigma_{f2} = 3600 / 983 = 3,66$$

(del sobrebastidor auxiliar o refuerzo)

2.4. Cálculo del bulón de giro

En primer lugar, se definen las características mecánicas del material empleado para la fabricación del eje de giro:

Material F-114 tratado.

Tensión de rotura..... $\sigma_r = 60 \div 80 \text{ kg/mm}^2$

Tensión límite de elasticidad $\sigma_e = 40 \text{ kg/mm}^2$.

Debido a la gran responsabilidad que tiene este tipo de articulación es preciso que trabaje con un coeficiente de seguridad λ no inferior a 3, tomando como base la tensión límite de elasticidad σ_e , es decir:

$$\lambda = \sigma_e / \sigma_f = 3, \text{ de donde se obtiene el valor máximo admisible para } \sigma_f.$$

Para el cálculo del diámetro del bulón de giro, se atenderá a un doble criterio, o bien quedará fijada por limitación de la presión específica admisible en los cojinetes de apoyo, o bien por flecha máxima. De los dos condicionantes, será el más restrictivo el que condicione el diámetro final del bulón de giro.

- Por tensión admisible en los cojinetes de apoyo:

En este caso, el diámetro mínimo del eje de giro viene dado por la expresión:

$$d = 1,06 * \sqrt{\frac{R_3}{t * \sigma_f}} ;$$

siendo:

R_3 = la reacción sobre el bulón de giro;

t = presión específica admisible por los cojinetes de apoyos del eje;

$$\sigma_f = \sigma_e / 3 = 13,3 \text{ kg/mm}^2$$

Sustituyendo valores, el diámetro mínimo del eje de giro por presión admisible en el eje vale:

$$d = 1,06 * \sqrt{R_3 / (t * \sigma_f)} = 30,04 \text{ mm.}$$

siendo:

$$R_3 = 5072 \text{ kg.}$$

$$t = 3 \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma_f = \sigma_e / 3 = 13,3 \text{ kg/mm}^2$$

- A continuación se calculará el diámetro del eje bajo la condición de flecha máxima. Para ello, se limitará la flecha que experimenta el eje en sus articulaciones inferior a 0,08 mm, requisito que se considera imprescindible para que los cojinetes trabajen en buenas condiciones.

El diámetro del eje bajo la condición de flecha máxima en sus articulaciones, viene dado por la siguiente expresión:

$$d_f = \sqrt[4]{[(0,424 * R_3 * l^3) / (2,2 * 10^4 * f_{m\acute{a}x})]} ;$$

siendo l la longitud de los cojinetes de apoyo ($\cong 1,2 \div 1,3 d$)

Sustituyendo valores, el diámetro del eje bajo la condición de flecha máxima vale:

$$d_f = \sqrt[4]{[(0,424 * R_3 * l^3) / (2,2 * 10^4 * f_{m\acute{a}x})]} = 20,95 \text{ mm.},$$

siendo $l = 54 \text{ mm.}$ y $f_{m\acute{a}x} = 0,08 \text{ mm}$

Como ya se ha señalado anteriormente, el diámetro mínimo para el bulón de giro se tomará superior al mayor valor que se obtuviera de los dos anteriores criterios de diseño.

Para esta ocasión, se tiene que se colocará un bulón de giro de diámetro $d = 45 \text{ mm.}$

2.5. Cálculo de anclajes

El sistema de fijación del falso bastidor auxiliar al bastidor del vehículo se realizará por medio de tornillos de alta resistencia, calidad 8.8, montados sin holguras, tuerca autoblocantes de seguridad calidad 10 y arandelas planas en ambos lados con dureza mínima 200 HB usadas debajo de las cabezas de los tornillos y de las tuercas.

Para la fijación de los tornillos se utilizarán los soportes que vienen preinstalados de fábrica en el bastidor del vehículo. Para guiar el sobrebastidor auxiliar contra el chasis del vehículo, la fijación superior deberá solapar el bastidor del vehículo, excepto en la primera de ellas.

En general, se utilizarán las uniones elásticas en la parte delantera del falso bastidor (dos en cada lado), en cambio las fijaciones rígidas por placas serán recomendables para la parte posterior del vehículo.

Las características mecánicas de los tornillos empleados en la fijación entre los dos bastidores son las siguientes:

Calidad.....	M 8.8
Tensión de rotura.....	σ_r / 80 kg/mm ² .
Tensión límite de elasticidad.....	σ_e / 65 kg/mm ² .
Diámetro de la caña.....	d=14 mm.
Área resistente.....	$A_r=115$ mm ² .
Paso de rosca.....	p=1,75 mm.
Nº de tornillos usados para anclar el equipo.....	N=18.

En el anclaje del equipo portacontenedores, el esfuerzo más desfavorable se produce durante la frenada del vehículo. En este caso, el valor de la fuerza de inercia (I) en función de la deceleración (a_r) y de la carga (Q), es:

$$I=Q*a_r/g;$$

siendo g la gravedad (9,8 m/s²); $a_r=10$ m/s²; $Q=8540$ kg;

Por lo que sustituyendo valores se tiene que la fuerza de inercia que se produce durante el frenado vale,

$$I=Q*a_r/g=8714 \text{ kg};$$

Por otro lado, la resistencia máxima a cortante debido al anclaje de los tornillos al chasis del vehículo se obtiene mediante la siguiente expresión, según la calidad de los tornillos empleados:

- Para tornillos de Grado 4.6, 5.6 y 8.8, $R_m=(0,6*\sigma_r *N*A_r)/g_{Mb};$

siendo:

N =número de tornillos utilizado en la fijación de los bastidores, $N=18$;

A_r =sección resistente de cada tornillo, $A_r=115$ mm².

σ_r =resistencia a tracción última del tornillo empleado, 80 kg/mm².
 g_{Mb} =coeficiente parcial de seguridad a la resistencia de los tornillo (1,25).

Por lo que el valor de la resistencia obtenida con el anclaje empleado vale,

$$R_m = (0,6 * \sigma_r * N * A_r) / g_{Mb} = 79488 \text{ kg};$$

El coeficiente final de seguridad obtenido en el anclaje de la caja de carga será:

$$= R_m / I = 9,12;$$

2.6. Estudio de la estabilidad del vehículo reformado

A continuación, se comprobará que el vehículo reformado con las nuevas dimensiones cumple con los requisitos sobre estabilidad, a fin que pueda desarrollar su trabajo con las máximas garantías.

2.6.1. Estabilidad en la conducción.

Sobre este concepto, la práctica aconseja que el reparto de carga de las ruedas direccionales sobre un plano horizontal de un vehículo 4x2, como es el caso que nos ocupa, sea el siguiente:

Tipo de vehículo con carga más carrocería	Reparto de carga sobre las ruedas direccionales	Tipo de vehículo en autobastidor	Reparto de carga sobre las ruedas direccionales
4x2	$R_{AT} / 25\% Q_T$	4x2	$R'_A / 35\% Q'$

siendo:

Q_T =peso total del vehículo.

Q' =peso propio del vehículo (en autobastidor).

R_{AT} =reparto de la carga total sobre el eje delantero en plano horizontal.

R'_A =reparto de carga sobre el eje delantero debido al peso propio del vehículo (en autobastidor).

Aplicado al vehículo objeto de este proyecto, estos valores en orden de marcha son los siguientes:

$Q_T = 13350 \text{ kg}$.

$Q' = 3915 \text{ kg}$.

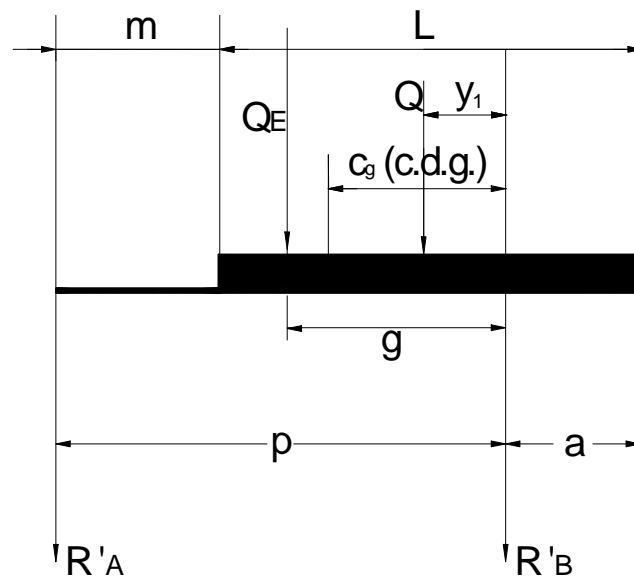
$R_{AT} = 4757 \text{ kg} / 25\% Q_T = 3338 \text{ kg}$.

$R'_A = 2605 \text{ kg} / 35\% Q' = 1370 \text{ kg}$, cumpliéndose lo establecido.

2.6.2. Estabilidad longitudinal y transversal contra el vuelco.

Se realizará el estudio sobre la estabilidad del vehículo atendiéndose a doble criterio, por un lado según lo que resulte de un estudio matemático y, por otro lado, de un estudio práctico basado en la experiencia.

2.6.2.1. Cálculo del c.d.g. del vehículo en orden de marcha.



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

$$c_g = (Q \cdot y_1 + Q_E \cdot g + R'_A \cdot p) / (Q_E + Q + R'_A + R'_B);$$

donde:

$y_1 = L/2 - a$; siendo L la longitud de la caja y a el voladizo posterior, tomando para este proyecto el valor, $y_1 = L/2 - a = 4680/2 - 1600 = 740 \text{ mm}$.

g , es la distancia del c.d.g. del equipo al eje trasero, de valor 1.640 mm ;

R'_A y R'_B son las reacciones sobre los ejes delantero y trasero debido a la tara del autobastidor o chasis cabina del vehículo, que para este proyecto toma los valores $R'_A = 2605 \text{ kg}$ y $R'_B = 1310 \text{ kg}$.

Q es el peso del carrozado y la carga a transportar, de valor 8540 kg ;

Q_E es el peso del equipo aplicado en su c.d.g., de valor 820 Kg ;

Con estos valores el cálculo de la distancia c_g del centro de gravedad del vehículo al eje trasero toma el siguiente valor:

$$c_g = (Q \cdot y_1 + Q_E \cdot g + R'_A \cdot p) / (Q_E + Q + R'_A + R'_B) = 1301 \text{ mm};$$

2.6.2.2. Estudio matemático.

a) Estabilidad longitudinal:

Desde un punto de vista matemático, para que el vehículo se encuentre en posición estable, es necesario que se verifique que:

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

siendo $R_{AT\alpha}$ el reparto de carga sobre el eje delantero en un plano de carretera con una inclinación de la propia carretera α cualquiera.

Por otro lado, para que el vehículo no deslice, se ha de verificar que:

$$F_a > R_p$$

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

Por lo tanto, para que un vehículo no bascule ni deslice han de cumplirse las anteriores condiciones, que también se pueden poner de manera resumida como:

$$\mu_a > \text{tg}\alpha < c_g/h$$

donde c_g es 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, como pendiente máxima de utilización se suele tomar en la práctica $\text{tg}\alpha = 0,3$ (30%) con vehículo parado y $\text{tg}\alpha = 0,4$ (40%) con vehículo en movimiento.

Sustituyendo valores se tiene que,

$$\mu_a = 0,6 > \text{tg}\alpha = 0,4$$

$$c/h = 1,301/1,50 = 0,87 > \text{tg}\alpha = 0,4$$

b) Estabilidad transversal:

De la misma manera, para que un vehículo colocado transversalmente no bascule ni deslice es necesario que se verifique que:

$$\mu_a > \text{tg}\alpha < v/(2 \cdot h)$$

siendo v la vía media del vehículo, de valor:

$$\text{vía media del vehículo } v = (v_{delantera} + v_{trasera})/2 = (1910 + 1745)/2 = 1827,5 \text{ mm.}$$

El peralte máximo de una carretera suele ser del orden de un 10 %, pero en los cálculos se toma un 30 % en estado de reposo y un 40 % en movimiento, con objeto de tener un margen de seguridad.

Sustituyendo valores se tiene que,

$$\mu_a = 0,6 > \operatorname{tg} \alpha = 0,4$$

$$v/(2 \cdot h) = 1827,5 / (2 \cdot 1500) = 0,61 > \operatorname{tg} \alpha = 0,4$$

2.6.2.3. Estudio práctico.

La práctica aconseja que se deberá cumplir en cualquier tipo de transformación lo que se indica en el siguiente cuadro para vehículos 4x2, que es el caso que nos ocupa.

TIPO DE VEHÍCULO CON CARGA MÁS CARROCERÍA	ESTABILIDAD LONGITUDINAL	ESTABILIDAD TRANSVERSAL*
4X2	$R_{AT\alpha} / R'_A$	$R_{i\alpha} / R'_i$

*suponiendo inclinado el vehículo sobre su costado derecho, siendo:

$R_{AT\alpha}$ = la carga total sobre el eje delantero para un ángulo α de giro del elemento de elevación.

R'_A = carga sobre el eje delantero debido al peso propio en chasis cabina.

$R_{i\alpha}$ = la carga total sobre las ruedas del lateral izquierdo del vehículo para un ángulo α de giro del elemento de elevación.

R'_i = la carga sobre las ruedas del lateral izquierdo del vehículo debido al peso propio en chasis cabina.

Cumpléndose para este caso, que:

a) En posición de marcha:

$$\text{Se cumple que } R_{AT} = 4757 \text{ kg} / R'_A = 2605 \text{ kg.}$$

b) En posición del inicio de descarga de la mercancía, $\alpha = 0^\circ$:

$$\text{Se cumple que } R_{AT} = 4757 \text{ kg} / R'_A = 2605 \text{ kg.}$$

c) En posición de vuelco de la mercancía, $\alpha = 45^\circ$.

$$\text{Se cumple que } R_{AT} = 3528 \text{ kg} / R'_A = 2605 \text{ kg.}$$

2.7. Conclusiones

A la vista de lo indicado anteriormente en la memoria descriptiva, así como en el correspondiente anexo de cálculos y planos que se detallan, se estima que el vehículo de referencia es apto para soportar las transformaciones indicadas en este proyecto, solicitándose por lo tanto de la Superioridad la aceptación de la reforma propuesta.

En Sevilla, a 04 de Febrero de 2011

- EL INGENIERO INDUSTRIAL -

3. PLIEGO DE CONDICIONES

3.1. Calidad de los materiales empleados

En este capítulo se va exponer las especificaciones de los materiales empleados en los trabajos que conforman la reforma de importancia objeto de este proyecto, y en concreto, aquellos elementos que van a determinar el grado de seguridad del vehículo carrozado, que en este caso, comprende los materiales empleados en el bastidor auxiliar y en el tipo de anclaje utilizado.

a) Bastidor auxiliar o falso bastidor

El objetivo básico del falso bastidor es garantizar una distribución uniforme de las cargas sobre el bastidor del vehículo y garantizar una unión perfecta entre el bastidor del vehículo y la carrocería prevista.

Los largueros del falso bastidor o bastidor auxiliar se ajustarán perfectamente sobre los del bastidor del vehículo en toda su longitud.

No es aconsejable montar listones de madera entre ambos bastidores. Para su ejecución es importante tener en cuenta:

- El material
- La configuración de los largueros
- Los travesaños
- La fijación

Como norma general se deberá utilizar materiales de características iguales ó superiores a los materiales empleados en el bastidor del vehículo. En los casos en que se requieran esfuerzos más elevados, o cuando se desee evitar secciones de gran altura se podrán utilizar materiales de características superiores a los empleados en el bastidor del vehículo.

Los materiales empleados para elaboración del falso del bastidor deberán tener buenas propiedades para la soldadura.

La calidad del material recomendado, para todos los casos, será como mínimo St-52-3:

Material	Resistencia a la tracción (Kg/mm ²)	Límite de elasticidad (Kg/mm ²)	Alargamiento a la rotura
ST-52-3 (DIN-17100)	52-62	36	≥ 22 %.

b) Fijación y Anclajes

El sistema de fijación del falso bastidor auxiliar al bastidor del vehículo se realizará por medio de tornillos de alta resistencia, calidad 8.8, montados sin holguras, tuerca autoblocantes de seguridad calidad 10 y arandelas planas en ambos lados con dureza mínima 200 HB usadas debajo de las cabezas de los tornillos y de las tuercas.

Para la fijación de los tornillos se utilizarán los soportes que vienen preinstalados de fábrica en el bastidor del vehículo. Para guiar el sobrebastidor auxiliar contra el chasis del vehículo, la fijación superior deberá solapar el bastidor del vehículo, excepto en la primera de ellas.

En general, se utilizarán las uniones elásticas en la parte delantera del falso bastidor (dos en cada lado), en cambio las fijaciones rígidas por placas serán recomendables para la parte posterior del vehículo.

Las características mecánicas de los tornillos empleados en la fijación entre los dos bastidores son las siguientes:

Calidad.....	<i>M 8.8</i>
Tensión de rotura.....	σ_r / 80 kg/mm ² .
Tensión límite de elasticidad.....	σ_e / 65 kg/mm ² .
Diámetro de la caña.....	<i>d=14 mm.</i>
Área resistente.....	<i>A_r=115 mm².</i>
Paso de rosca.....	<i>p=1,75 mm.</i>
Número de tornillos usados.....	<i>N=18.</i>

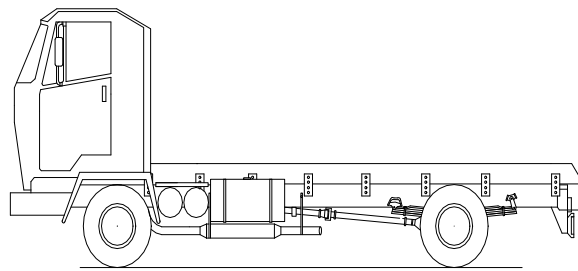
3.2. Normas de ejecución

A continuación se exponen unas normas generales sobre la buena práctica aplicada a las reformas y transformaciones de importancia en vehículos industriales. Como en el capítulo anterior se incide sobre aquellos elementos que van a determinar el grado de seguridad del vehículo carrozado, que en este caso, comprende los trabajos necesarios para el montaje del bastidor auxiliar sobre el del vehículo y de la fijación a ejecutar entre ambos.

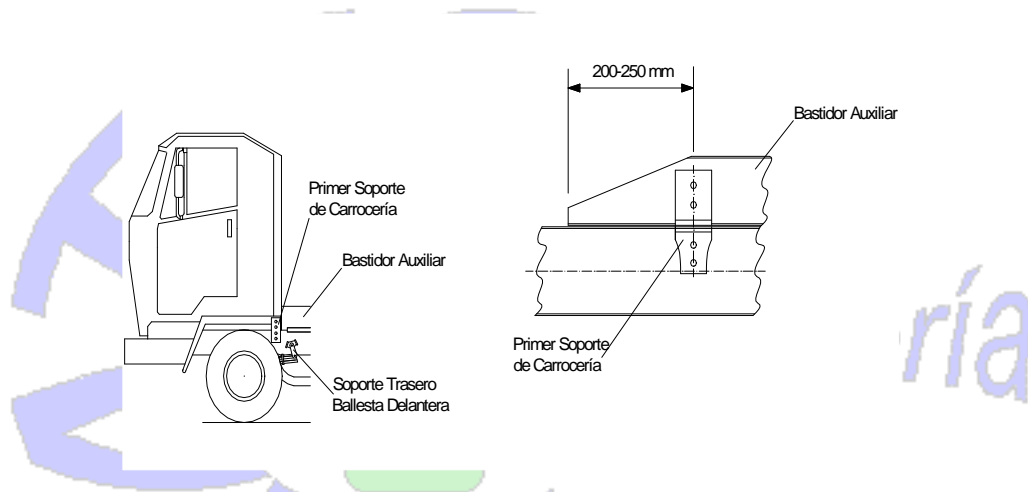
a) Bastidor auxiliar o falso bastidor

- Largueros:

Se recomienda extender a lo largo de todo el bastidor original del vehículo los largueros del falso bastidor de una forma continua. Además éstos deberán apoyarse a lo largo de toda su superficie sobre el larguero del vehículo y no sobre los soportes de la carrocería.



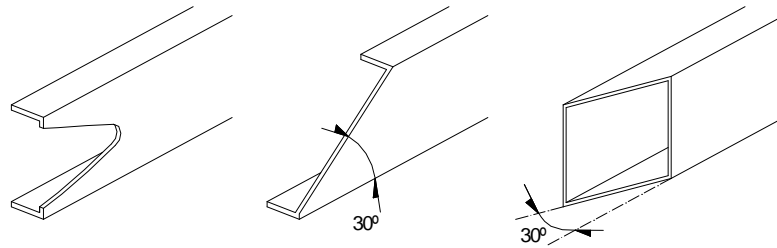
La parte delantera del larguero deberá prolongarse lo máximo posible, como mínimo hasta el soporte trasero de los muelles delanteros, o bien entre 200-250mm por delante del primer soporte de la carrocería, en el caso de suspensión independiente.



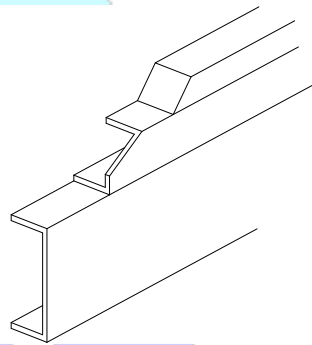
Es muy importante acatar esta recomendación, especialmente en el caso de carrocerías/equipamientos con cargas concentradas en la parte posterior de la cabina (p. ej. grúas) a fin de evitar, de esta manera, los problemas derivados de las vibraciones y poder garantizar una mejor estabilidad.

Es importante utilizar sólo 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 30°, o con otra forma que cumpla esta misma función. Se tendrá especial cuidado en redondear el extremo delantero en contacto con el bastidor del vehículo con un radio de 5mm como mínimo.

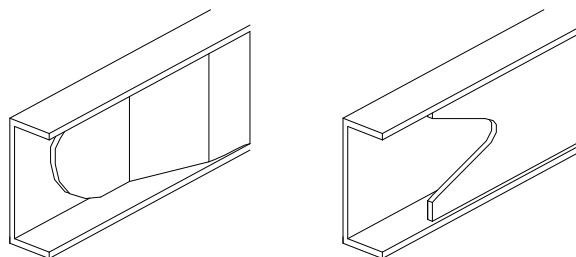


Cuando algún componente del vehículo impida el paso de los largueros en toda su sección, estos podrán rebajarse como indica la figura siguiente. No obstante, se tendrá especial cuidado en comprobar la sección mínima cuando se prevean momentos de flexión elevados en la parte delantera, por lo que se recomienda realizar un estudio para obtener los diagramas de esfuerzos en la zona y comprobar que con la sección disponible no se rebaja el límite de seguridad mínimo exigible.



Cuando se precise que el falso bastidor se adapte elásticamente al bastidor del vehículo, se utilizarán preferentemente perfiles en “U” plegados o perfiles en “U” comerciales específicos para la construcción de vehículos (no utilizar perfiles laminados usados para construcción).

A fin de evitar tensiones puntuales, el paso de sección cerrada a abierta será progresivo, según se muestra en los siguientes ejemplos de la figura.



Se recomienda consultar las dimensiones de los largueros para el falso bastidor que el fabricante del vehículo recomienda, en función del tipo de servicio previsto. Estos datos se suelen corresponder a valores mínimos aconsejados y válidos para vehículos de distancias entre ejes y voladizos estándar de producción para cada fabricante.

Se emplearán perfiles cuadrados cuando sea necesario conseguir una mayor rigidez sin aumentar la altura del perfil.

De todos modos es importante asegurarse del espacio libre disponible sobre el larguero antes de determinar la altura (H) del falso bastidor. Se recomienda que en los perfiles en "U" las dimensiones del ala y su espesor coincidan con el de los largueros del bastidor del vehículo.

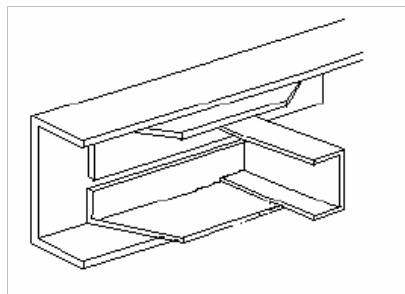
El empleo de largueros para el falso bastidor cuyas alturas sean iguales o superiores al paso de rueda trasero permitirá la realización de cajas de carrocería con el piso plano.

Siempre se podrán emplear perfiles parecidos a los recomendados, con momentos de inercia y de resistencia que no sean inferiores a los empleados en la producción del vehículo. Estos valores constan en la documentación técnica de los fabricantes de perfiles y se debe consultar.

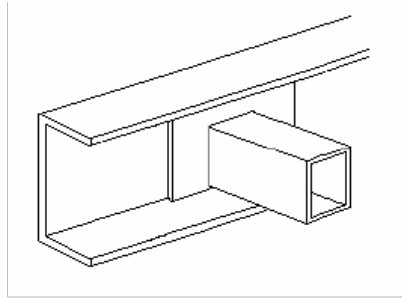
- Travesaños:

Los largueros del falso bastidor deberán unirse entre sí mediante travesaños. El número de travesaños necesarios se determinará en función del tipo de carrozado o equipamiento previsto, y serán dispuestos, si es posible, coincidiendo con los del bastidor del vehículo.

Se unirán a los largueros mediante escuadras que garanticen la resistencia necesaria para su fijación.



En casos de mayores requerimientos de rigidez en la fijación podrán emplearse fijaciones del tipo indicadas en la figura.



b) Fijación y anclajes

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

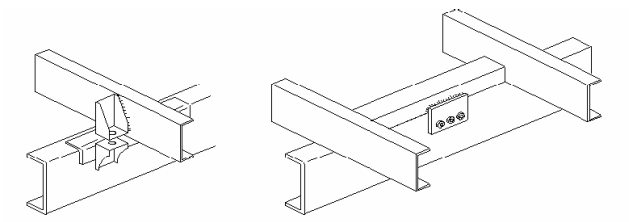
Generalmente los vehículos van equipados de serie con el primer soporte para la carrocería, tipo escuadra, y opcionalmente también el resto de soportes repartidos a lo largo de todo el bastidor.

Es sumamente importante determinar el tipo de fijación, según el modelo de vehículo y la carrocería prevista, así como la utilización a la que esté destinado el vehículo, para conseguir una buena contribución por parte del falso bastidor en cuanto a resistencia y rigidez se refiere.

En función del tipo de carrocería previsto, se determinará el tipo de fijación a emplear, elástica o rígida resistente a los esfuerzos de corte. La cantidad y el reparto de los soportes de carrocería a lo largo del falso bastidor se determinarán a partir del correspondiente Plano de Carrocero y el tipo de carrocería.

Una buena realización de los elementos de fijación garantizará una buena unión entre el bastidor del vehículo y el falso bastidor.

Preferentemente se utilizarán los soportes de carrocería existentes en el bastidor del vehículo. Cuando las carrocerías previstas puedan ejercer cargas concentradas sobre el bastidor del vehículo, el carrocero deberá prever los elementos de fijación adecuados. En tal caso se deberán añadir placas planas resistentes al corte en la zona posterior del chasis



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

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

- Tipos de fijación:

Para realizar la unión del falso bastidor o bastidor auxiliar al bastidor del vehículo, se pueden emplear uniones rígidas o elásticas.

Las fijaciones de tipo rígido permiten considerar como si se tratase de una sección única resistente a los perfiles del bastidor del vehículo y del falso bastidor, a condición de que la cantidad y distribución de los soportes de carrocería sean capaces de soportar los consiguientes esfuerzos de corte.

En cambio, las uniones de tipo elástico permiten movimientos, limitados, entre ambos perfiles y se considera a las dos secciones resistentes que trabajan paralelamente.

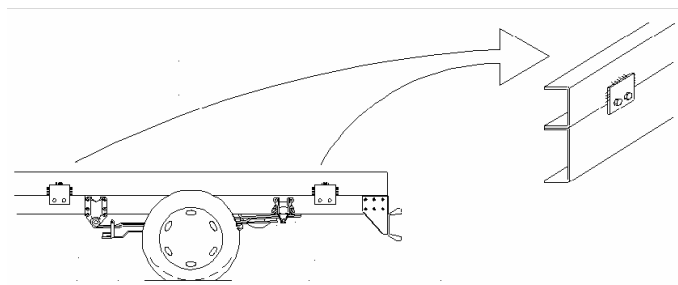
El tipo de soportes de serie con que vienen equipados los vehículos permiten aplicar soluciones de tipo rígido o elástico, en función de su montaje.

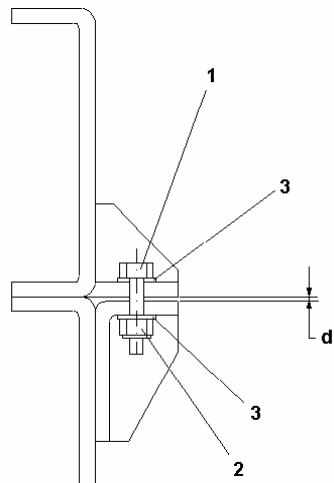
a) Fijación rígida

Este tipo de fijación es el recomendado para carrocerías de rigidez torsional no muy elevada y de utilización en carretera

Para que esta fijación pueda considerarse rígida es imprescindible conseguir el par de apriete en todas las uniones que se indica en el cuadro del apartado 5.2 Uniones atornilladas.

Siempre que no pueda garantizarse aplicar el par de apriete indicado, deberá combinarse con fijaciones mediante placas planas usando los agujeros existentes en la parte posterior del vehículo.

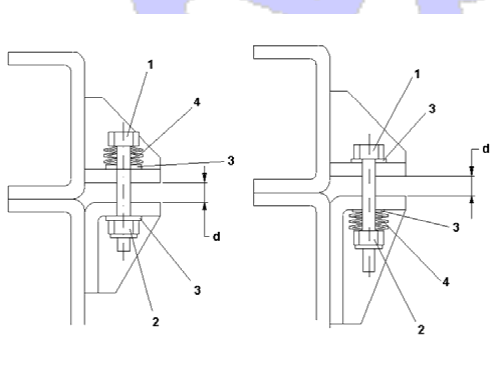




- 1.- Tornillo M12x1,75 ó M16x2 calidad 8.8
 - 2.- Tuerca autoblocante M12x1,75 ó M16x2 calidad 10
 - 3.- 2 arandelas planas de dureza 200 HB
 - d.- distancia antes del apriete 1–2 mm.
- Pares de apriete según cuadro 5.2 Uniones atornilladas

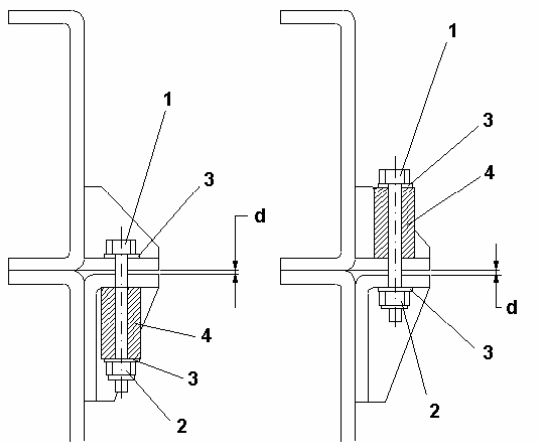
b) Fijación elástica

Cuando se requieran uniones de mayor elasticidad (por ejemplo: para carrocerías de gran rigidez como furgones, cisternas, servicios fuera de carretera, etc.) deberán adoptarse soluciones como las que a continuación se indican en las figuras siguientes en las fijaciones de la zona de la cabina y la inmediata siguiente.



- 1.- Tornillo M12x1,75 ó M16x2 calidad 8.8
- 2.- Tuerca autoblocante M12x1,75 ó M16x2 calidad 10
- 3.- 2 arandelas planas de dureza 200 HB
- 4.- 6 arandelas elásticas
- d.- distancia aproximada 10–15 mm.

c) Fijación semi-elástica

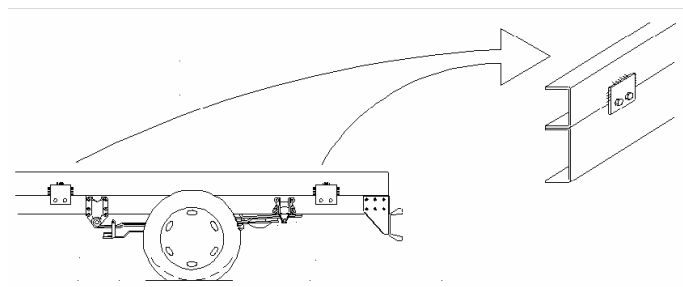


- 1.- Tornillo M12x1,75 ó M16x2 calidad 8.8
 - 2.- Tuerca autoblocante M12x1,75 ó M16x2 calidad 10
 - 3.- 2 arandelas planas de dureza 200 HB
 - 4.- Casquillo de acero de longitud 35-60 mm.
- d.- distancia antes del apriete 1–2 mm.
Pares de apriete según cuadro 5.2 Uniones atornilladas

Las escuadras que se monten en el falso bastidor nunca deberán ser de características inferiores a las que monta originalmente en el bastidor del vehículo.

d) Fijación con placas planas

Este tipo de fijación garantiza un buen comportamiento al empuje longitudinal y transversal, asegurando una mayor rigidez del conjunto. Está especialmente indicado para carrocerías particularmente pesadas.



Este sistema de fijación requiere:

- Tener en cuenta que su utilización debe estar limitada a la zona central y posterior del bastidor usando los agujeros existentes.
- Verificar que el falso bastidor asienta perfectamente sobre el bastidor del vehículo antes de efectuar la fijación en el alma de los largueros del vehículo.

- El número de placas, sus características y cantidad de tornillos para su fijación deberán ser los adecuados para transmitir los momentos de flexión y de corte.

e) Fijaciones mixtas

En general, para la fijación del bastidor auxiliar al bastidor del vehículo se empleará una combinación de fijaciones de tipo rígido y elástico.

Es recomendable utilizar las uniones elásticas en la parte delantera del falso bastidor (dos en cada lado). En cambio las fijaciones por placas son recomendables para la parte posterior del vehículo cuando la carrocería prevista exija del falso bastidor una mayor aportación a la rigidez del conjunto (por ejemplo, hormigoneras, grúas en voladizo, volquetes, etc.)

3.3. 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, y lo desarrollado en el Manual de Reformas de Vehículos, revisión del 14 de enero de 2011, publicado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, para el tipo de reforma que nos ocupa, se deberá presentar los certificados y autorizaciones allí establecidos y presentarse ante los órganos de la Administración competentes en materia de inspección técnica de vehículos (ITV), junto con el vehículo para tramitar su legalización para circulación por vías públicas.

3.4. Taller ejecutor

La reforma descrita en este proyecto se llevará a cabo en los talleres **NOMBRE DEL TALLER** con domicilio a efectos de notificación en la localidad de **DOMICILIO DEL TALLER**, y C.I.F. **CIF DEL TALLER**.

- EL INGENIERO INDUSTRIAL -

4. PRESUPUESTO

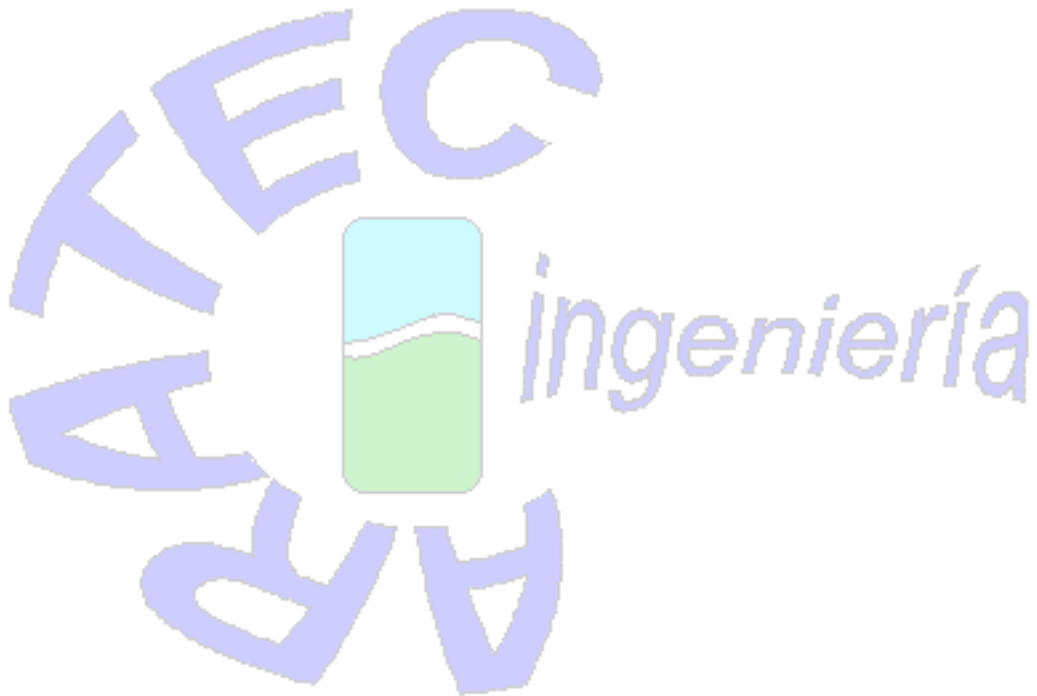
Asciende el presente presupuesto para ejecución de reforma en vehículo industrial para instalación de dispositivo portacontenedores multibascalante-autocargante con caja de carga, a la cantidad de DIECISEIS MIL TRESCIENTOS QUINCE EUROS CON OCHENTA Y SEIS CENTIMOS (16.315,86 €), desglosado como sigue:

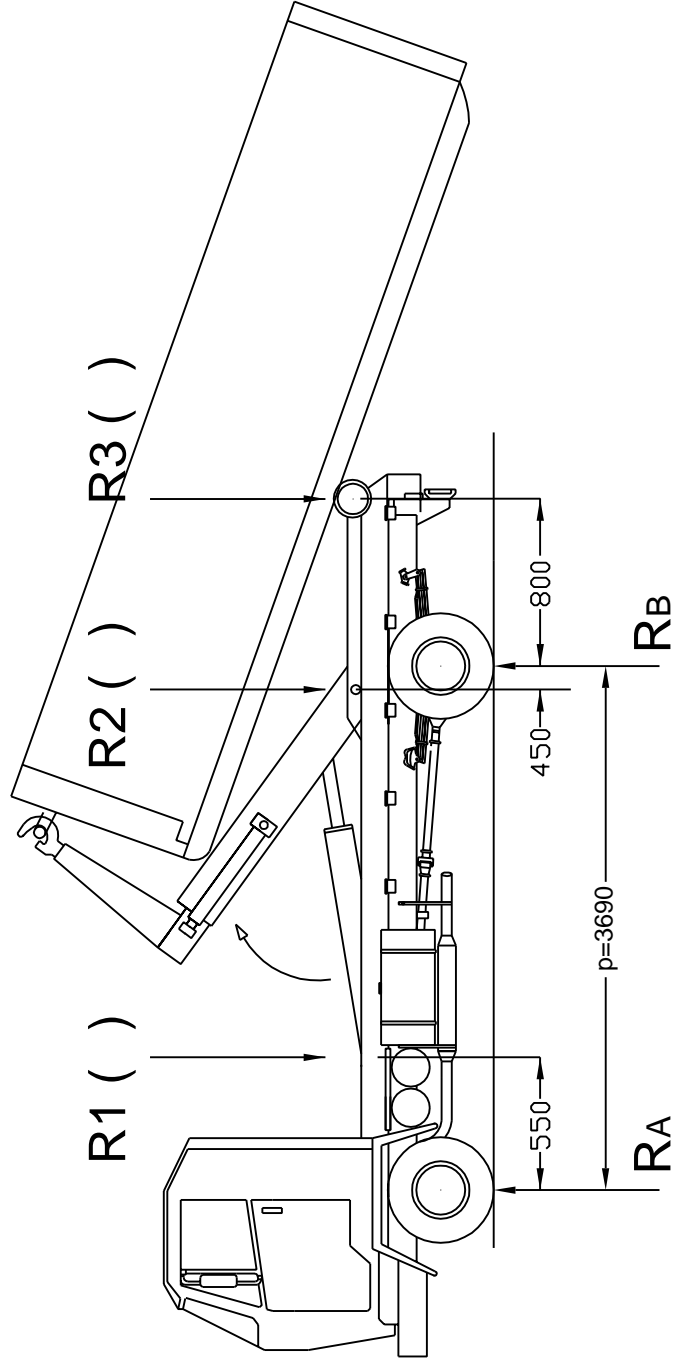
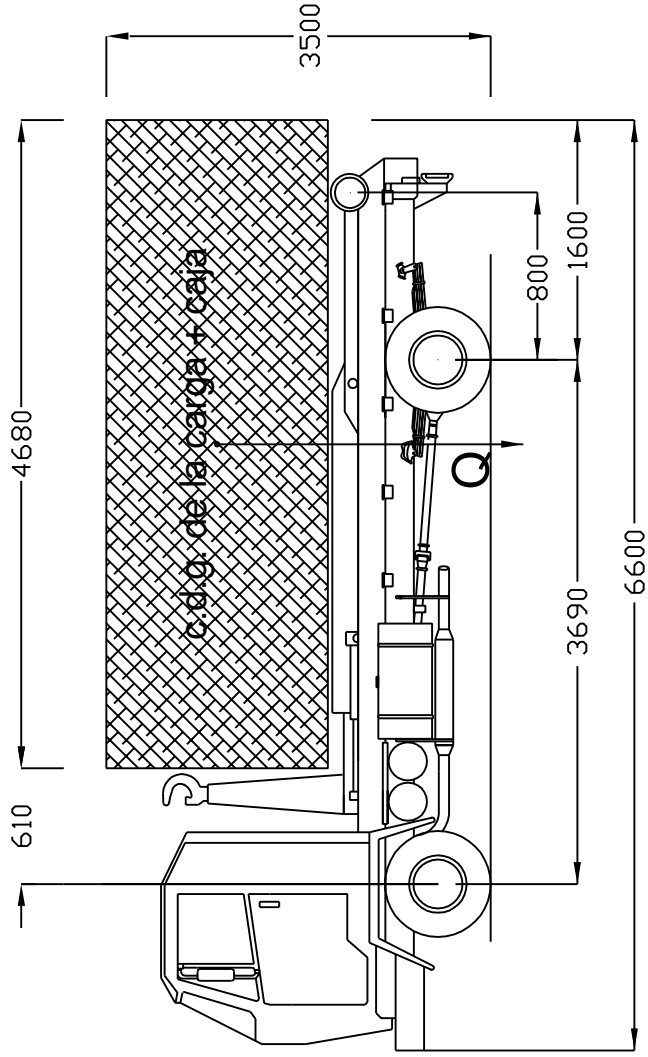
1.- Preparación del vehículo a carrozar	487,00 €
2.- Fabricación del equipo multibascalante-autocargante con capacidad de carga de 8.000 kg	9.290,00 €
3.- Fabricación de caja con 8.000 kg de capacidad de carga.....	2.250,00 €
3.- Montaje del equipo portacontenedores y Pintado y/o preparación de vehículo final.....	1.800,00 €

Total Ejecución Material	13.827,00 €
IVA (18%)	2.488,86 €
TOTAL PRESUPUESTO:	16.315,86 €

- EL INGENIERO INDUSTRIAL -

5. PLANOS



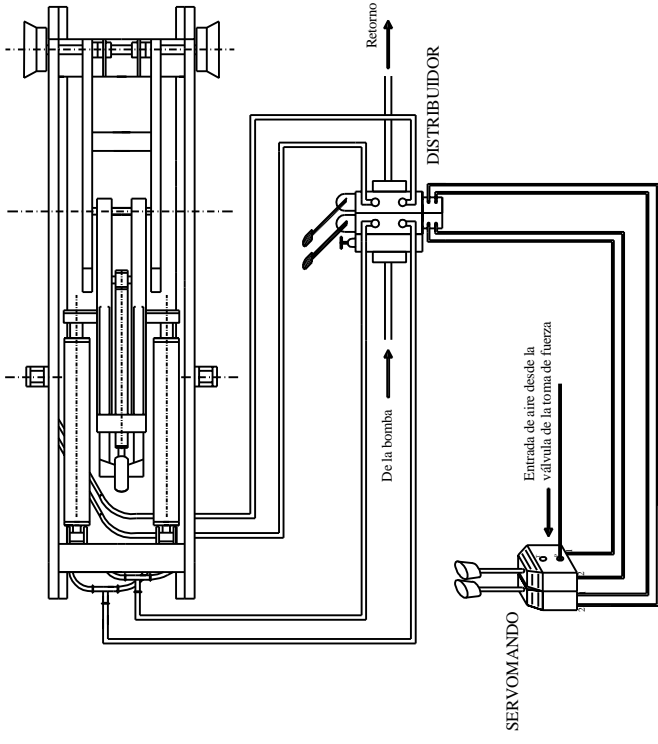


cotas en mm.

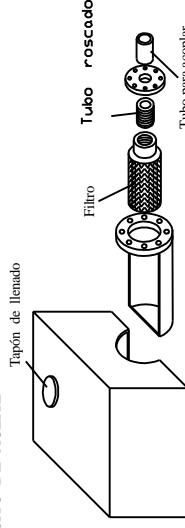
ARATEC
ingeniería

Dimensiones del vehículo carrozado	Escala S/E
Fecha	04-02-11
Dibuj.	Hermenegildo Rodríguez Galbarro
Comp.	Hermenegildo Rodríguez Galbarro
Hoja:	Firma:
1/2	

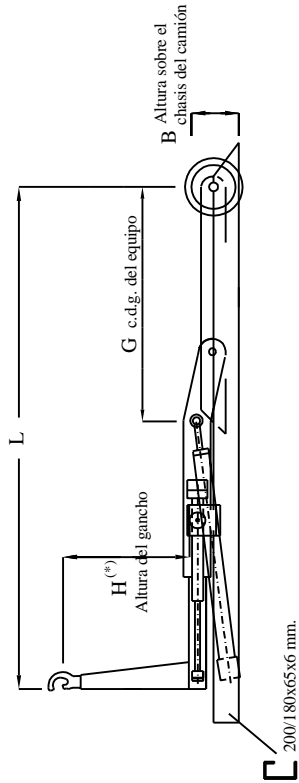
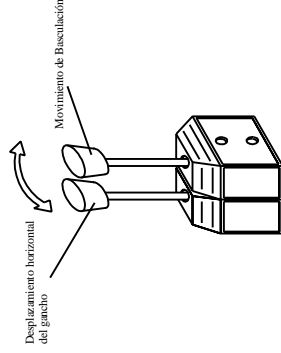
ESQUEMA DEL CIRCUITO HIDRÁULICO



DEPÓSITO DE ACEITE

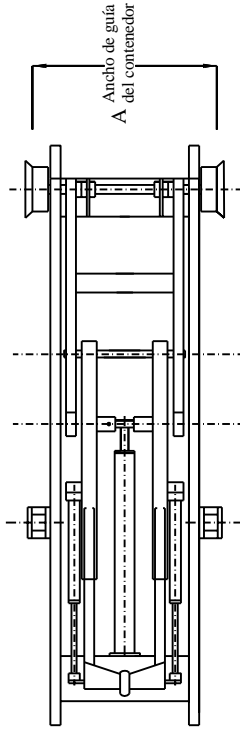


Tubo para acoplar goma flexible hasta la bomba



200/180x65x6 mm.

(*) Altura medida desde el gancho a la altura del rodillo trasero.



Nota: Los equipos con capacidad de carga superior a 10.000 Kg. disponen de dispositivo hidráulico de cierre para el anclaje de la caja de carga al chasis del equipo.

	J1-3.000 Kg	J1-5.000 Kg	J1-8.000 Kg	J1-10.000 Kg	J1-12.000 Kg	J1-14.000 Kg	J1-16.000 Kg	J1-20.000 Kg	J1-25.000 Kg
L	2379/2710/2900	3080/3303/3490	3450/3860	4350	4450	4600/5000	5500	5500/6000	6000/6450
A	1000	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060
H	850	950	1100	1350	1450	1550	1550	1450	1550
B	240	240	220/240	240	270	270	280	250	250
G	1422/1598/1650	1895/1965/2010	2100/2440	2700	3000	3350/3500	3900	3500/3750	3900/4050
PESO	48/051/0355 Kg	62,5/66/0680 Kg	78/80/820 Kg	990 Kg	1650 Kg	1700/1800 Kg	2100 Kg	2350/2500 Kg	2750/2850 Kg

cotas en mm.

ARATEC
ingeniería

cotas en mm.

Dimensiones del vehículo carrozado	Escala S/E
Fecha	04-02-11
Dibuj.	Hermenegildo Rodríguez Galbarro
Comp.	Hermenegildo Rodríguez Galbarro
Hoja:	Firma:
	2/2

Unidad de mando interior: Servomando

ANEXOS

A.1 FOTOGRAFÍAS

-Detalle del dispositivo instalado.

