



Cálculo y diseño de las reformas de importancia a implementar en vehículos de transporte de mercancías que incorporan grúas auto-carga

Javier Navarro Piza

Grado en Ingeniería Mecánica, 4º Curso

Tutor: Juan Francisco Dols Ruiz

ÍNDICE DE CONTENIDOS

MEMORIA DESCRIPTIVA.....	3
1. OBJETO.....	3
2. ALCANCE.....	3
2.1 TIPOLOGÍA POR TAMAÑO Y ALCANCE.....	4
2.2 TIPOLOGÍA POR ACCESORIOS.....	5
2.3 CASOS ESPECIALES.....	6
3. ESTUDIO DE MERCADO.....	7
4. ANTECEDENTES.....	14
5. NORMAS Y REGLAMENTACIÓN.....	14
6. DESCRIPCIÓN DE LA REFORMA.....	15
7. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VEHÍCULO.....	15
7.2 ANTES DE LA REFORMA.....	16
7.3 DESPUÉS DE LA REFORMA.....	16
8. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BASTIDOS AUXILIAR.....	17
9. ANÁLISIS DEL REPARTO DE CARGAS.....	19
9.1 EN POSICIÓN DE MARCHA.....	19
9.2 GRÚA EN POSICIÓN DE TRABAJO.....	21
9.2.1 GRÚA SITUADA LONGITUDINALMENTE AL CAMIÓN.....	21
9.2.2 GRÚA SITUADA TRANSVERSALMENTE AL CAMIÓN.....	25
10. DISTRIBUCIÓN DE LOS ESFUERZOS CORTANTES Y FLECTORES.....	26
10.1. PUESTA EN MARCHA.....	28
10.2. GRÚA DESPLEGADA HACIA LA PARTE DELANTERA.....	29
10.3. GRÚA DESPLEGADA PERPENDICULARMENTE.....	30
10.4. GRÚA DESPLEGADA HACIA LA PARTE TRASERA.....	31
11. COEFICIENTE DE SEGURIDAD DEL BASTIDOR FINAL.....	33
12. DISEÑO DE LOS ANCLAJES DEL CARROZADO AL BASTIDOR.....	36
12.1 ANCLAJE DE LA CAJA AL BASTIDOR.....	37
12.2 ANCLAJE DE LA GRÚA AL BASTIDOR.....	38
13. ESTUDIO DE ESTABILIDAD.....	39
13.1 ESTABILIDAD LONGITUDINAL.....	41
13.2 ESTUDIO TRANSVERSAL.....	42
13.2.1 CÁLCULO DE LAS VELICIDADES LÍMITES DE VUELCO.....	43
PLANO.....	47

PLIEGO DE CONDICIONES.....	48
1. OBJETO	48
2. ACTOS REGLAMENTARIOS.....	48
3. CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS	49
3.1 GRÚA HIDRÁULICA ARTICULADA	49
3.2 BASTIDOR AUXILIAR Y NERVIOS DE UNIÓN.....	50
3.3 FIJACIONES Y ANCLAJES	50
4. NORMAS DE EJECUCIÓN	51
4.1 GRÚA HIDRÁULICA ARTICULADA	51
4.2 BASTIDOR AUXILIAR	52
4.3 TRAVESAÑOS.....	53
4.4 FIJACIONES Y ANCLAJES	54
5. CERTIFICADOS Y AUTORIZACIONES.....	55
6. TALLER EJECUTOR.....	56
PRESUPUESTO	57
BIBLIOGRAFÍA.....	58

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. OBJETO

El presente TFG tiene por objeto el diseño y cálculo de un vehículo de transporte de mercancías reformado para ser utilizado con una grúa del tipo auto-carga. Dicho diseño incluirá la realización de los correspondientes cálculos estructurales que afecten al bastidor, sistema de basculación, estabilidad estática y dinámica, uniones, etc. El TFG incluirá el desarrollo de los planos y presupuesto correspondientes a este tipo de reformas de importancia.

2. ALCANCE

Las grúas auto-cargantes son equipos de trabajo que tienen la posibilidad de adaptarse a un camión con lo cual se crea un conjunto que da la posibilidad de ser de importancia en una gran variedad de situaciones principalmente industriales, tales como:

- Cargar / descargar el vehículo propio u otro vehículo.
- Elevar, sujetar y mover cargas en las posiciones permitidas.
- Levantar, sujetar y mover cargas por debajo del nivel del suelo.
- Levantar cargas a una altura elevada y sostener dicha carga.
- Uso de accesorios autorizados por los fabricantes (jib, cuchara para levantar y mover material a granel, portapalet, pulpos, etc).
- Transportar cubas de hormigón a las diferentes zonas a hormigonar y soltar la carga en altura.
- Carga y descarga de vehículos.
- Elevación de cargas desde el suelo a diferentes niveles.
- Trabajo de montaje tales como posicionamiento de vigas y estructuras.
- Elevar material de construcción sobre paletas a diferentes alturas de un edificio, transportándolo desde el propio camión, del suelo o de otro camión.
- Posicionar tuberías a nivel del suelo o en el interior de zanjas y mantenerlos en posición mientras se unen entre sí.
- Manipulación de cargas pesadas en el sector de la construcción principalmente.
- Sujetar y mover bombas sumergidas en pozos para su reparación o sustitución con ayuda de un cabestrante.

Además, permiten la economía de medios y mano de obra, son sistemas que por lo general tienen mayor rapidez para disponerlos en su emplazamiento de trabajo que las grúas móviles autopropulsadas y pueden usarse para maniobras en las cuales pueden entrar en solapamiento con estas como son el posicionamiento de una carga en un determinado lugar o nivel.

Se ha de mencionar que, en la mayoría de casos, la implementación de una grúa auto-carga viene acompañada con el añadido de una caja abierta, en la cual depositar o retirar el material a desplazar. Esta caja abierta puede situarse inmediatamente tras la cabina de pasajeros, estando situada la grúa auto-carga al final del sistema del vehículo, o bien, como se tratará en este proyecto, la grúa se situará tras la cabina y a continuación la caja abierta.

De esta manera, las situaciones de aplicación dependerán de las dimensiones del vehículo reformado y de la capacidad y tamaño de la grúa, dotando de más agilidad y versatilidad en las posibles combinaciones de estas.

Si atendemos a la tipología de grúas hidráulicas articuladas que se pueden encontrar en el mercado, nos encontraremos que no existen grandes características diferenciales entre ellas, siendo las dignas de mención:

- Tipología por tamaño y alcance
- Tipología por accesorios
- Casos especiales

2.1 TIPOLOGÍA POR TAMAÑO Y ALCANCE

Cada vez que una situación requiere de la necesidad un vehículo con una grúa hidráulica articulada para la realización de un trabajo concreto, es lógico pensar que cada una de esas situaciones no tienen por qué ser iguales, ya que puede ir desde levantar un simple palet ligeramente cargado, hasta la necesidad de colocar elementos estructurales pesados o incluso elevar vehículos. Es por esto que también es lógico que por ello exista un amplio mercado con diferentes especificaciones útiles para el tipo de trabajo para el que lo necesitemos.

Las dos principales características que afectan al tipo de elección de grúa adecuada para cada situación son, por tanto, el peso máximo de carga que se necesite elevar o, por el contrario, la longitud máxima a la que necesitamos desplazar una cierta carga.

Si se visita el catálogo de unos cuantos fabricantes enseguida nos podemos dar cuenta de que la diferencia de especificaciones es ciertamente considerable, yendo desde elevaciones de “1 Tm” con un alcance de “2.5 m” hasta cifras de elevación de “160 Tm” con una capacidad de alcance de “40 m”. Por lo que hay que tener muy en cuenta que las necesidades de unas especificaciones concretas acompañaran a una grúa de unas dimensiones mayores o menores y con un peso propio también en consecuencia, ya que para elevar “100 Tm” por ejemplo, será posible con una grúa ligera, sino que habrá que acudir a las más pesadas del mercado.

Y exactamente por esta diferencia de grúas, hay que señalar que la elección por tanto afecta de manera directa al vehículo al que se le quiere añadir, es decir, una grúa ligera (Figura 2.1) se podrá instalar en un camión 4x2, mientras que una grúa pesada (Figura 2.2) lo más probable es que no tenga sentido colocarla en un vehículo de tales características.



Figura 2.1. Ejemplo de grúa ligera

Fuente: Palfinger



Figura 2.2. Ejemplo de grúa pesada

Fuente: Fassi

2.2 TIPOLOGÍA POR ACCESORIOS

Tanto el presente apartado como en el próximo se describen tipologías con un grado menor de importancia a la hora de diferenciar grúas hidráulicas articuladas, pero que, aun así, es de interés conocer.

Una vez llegada la hora de poner a desplegar el brazo de la grúa para un trabajo muy concreto es posible que necesitemos de dotarla además de cómo nos la encontremos de serie, de alguna serie de modificación o de accesorio, por ello a continuación se describirán las más habituales:

-Dotadas con JIB (Tercer brazo articulado, Figura 2.3)



Figura 2.3. Grúa con JIB

Fuente: Palfinger

-Grúas con cesta (Figura 2.4)



Figura 2.4. Grúa con cesta

Fuente: Prevea

-Grúas con pulpo (Figura 2.5)



Figura 2.5. Grúa con pulpo

Fuente: Kesla

-Grúa previsto de enganche para arrastre de remolques (Figura 2.6)



Figura 2.6. Grúa con enganche

Fuente: Grúas Cano

2.3 CASOS ESPECIALES

Hasta ahora nos hemos centrado de grúas hidráulicas articuladas instaladas sobre un camión ya que será el caso a tratar en este proyecto, pero en realidad no es el único tipo de vehículo sobre donde se añaden, siendo estos casos menos comunes.

-Vehículos marinos (Figura 2.7)



Figura 2.7. Grúa sobre embarcación

Fuente: Palfinger

-Vehículos militares (Figura 2.8)



Figura 2.8. Grúa sobre vehículo militar

Fuente: Palfinger

-Ferrocarriles (Figura 2.9)



Figura 2.8. Grúa sobre ferrocarril

Fuente: Palfinger

3. ESTUDIO DE MERCADO

Antes de proceder al cometido principal de proyecto, resulta de bastante relevancia conocer el mercado de los vehículos carrozados en España, para hacernos una idea de cómo este tipo de proyectos tienen impacto en la industria española, ya sea un nicho en auge o bien, es un sector al que cada vez menos se acude.

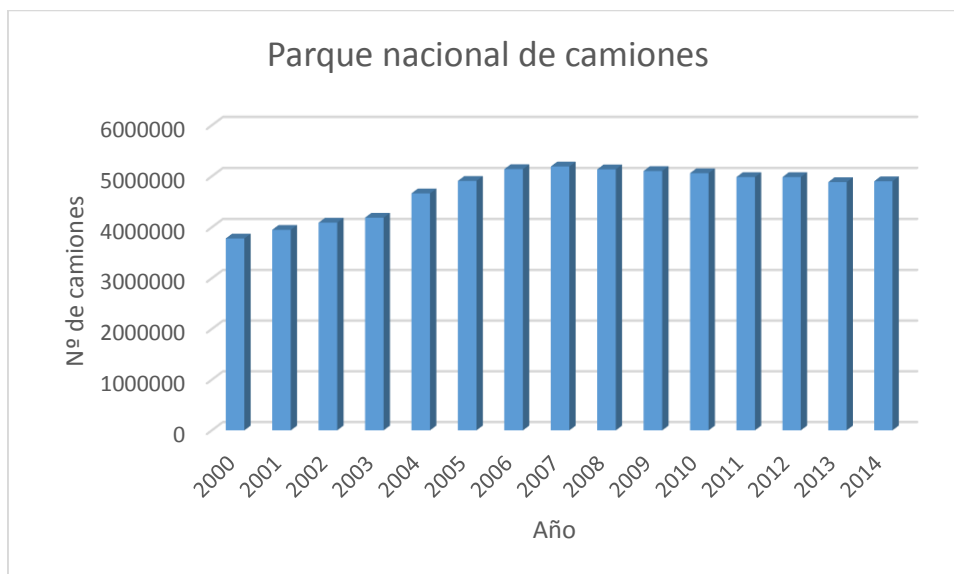
Habrà que partir entonces de conocer cuan amplio es el parque nacional de vehículos, más concretamente, de los camiones y como ha ido evolucionando a través de los años. Este dato se puede obtener en la página web de ANFAC, Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones (Figura 3.1).

Años/ Years	Turismos/ Passenger cars		Camiones/ Light and Heavy Trucks		Autobuses y autocares/ Buses & coaches		Tractores Industriales/ Truck tractors		Total (*)	
	Nº de vhs. Units	% s/Año ant. %Growth	Nº de vhs. Units	% s/Año ant. %Growth	Nº de vhs. Units	% s/Año ant. %Growth	Nº de vhs. Units	% s/Año ant. %Growth	Nº de vhs. Units	% s/Año ant. %Growth
	2000	17.449.235	3,6	3.780.221	4,9	54.732	2,2	142.955	9,8	21.838.571
2001	18.150.880	4,0	3.949.001	4,5	56.146	2,6	155.957	9,1	22.766.429	4,2
2002	18.732.632	3,2	4.091.875	3,6	56.953	1,4	167.014	7,1	23.548.524	3,4
2003 ⁽¹⁾	18.688.320	n.d.	4.188.910	n.d.	55.993	n.d.	174.507	n.d.	23.107.730	n.d.
2004	19.541.918	4,6	4.418.039	5,5	56.957	1,7	185.379	6,2	24.202.293	4,7
2005	20.250.377	3,6	4.655.413	5,4	58.248	2,3	194.206	4,8	25.851.449	6,8
2006	21.052.559	4,0	4.910.257	5,5	60.385	3,7	204.094	5,1	26.996.039	4,4
2007	21.760.174	3,4	5.140.586	4,7	61.039	1,1	212.697	4,2	28.007.111	3,7
2008	22.145.364	1,8	5.192.219	1,0	62.196	1,9	213.366	0,3	28.468.405	1,6
2009	21.983.485	-0,7	5.136.214	-1,1	62.663	0,8	206.730	-3,1	27.836.455	-2,2
2010	22.147.455	0,7	5.103.980	-0,6	62.445	-0,3	199.486	-3,5	27.963.880	0,5
2011	22.277.244	0,6	5.060.791	-0,8	62.358	-0,1	195.960	-1,8	28.055.470	0,3
2012	22.247.528	-0,1	4.984.722	-1,5	61.127	-2,0	186.964	-4,6	27.940.537	-0,4
2013	22.024.538	-1,0	4.887.352	-2,0	59.892	-2,0	182.822	-2,2	27.617.785	-1,2
2014	22.114.278	0,4	4.902.337	0,3	59.677	-0,4	186.112	1,8	27.760.860	0,5

Figura 3.1. Parque nacional de vehículos según tipo

Fuente: ANFAC

En relación al apartado que nos compete, podemos observar un claro aumento al paso de los años, hasta llegar al año 2009, donde comienza a existir una disminución del parque de camiones. Para ver este comentario más visualmente a continuación se adjunta una gráfica de lo mencionado (Gráfica 3.1).



Gráfica 3.1. Evolución del parque nacional de camiones

Fuente: Elaboración propia

Si buscamos un motivo a lo que atribuir este descenso en el parque de camiones, un dato que nos podría aportar información es posiblemente fijarnos en no solo la evolución del parque de esta clase de vehículo, sino ver cómo ha envejecido este a lo largo de los años.

Si volvemos a acudir a la página de ANFAC, ellos mismos nos proporcionarían este dato, tanto para vehículos tipo turismo o para camiones como es el caso que nos compete (Figura 3.2.).

Porcentaje de vehículos con más de 10 años
More than ten years old vehicles percentage

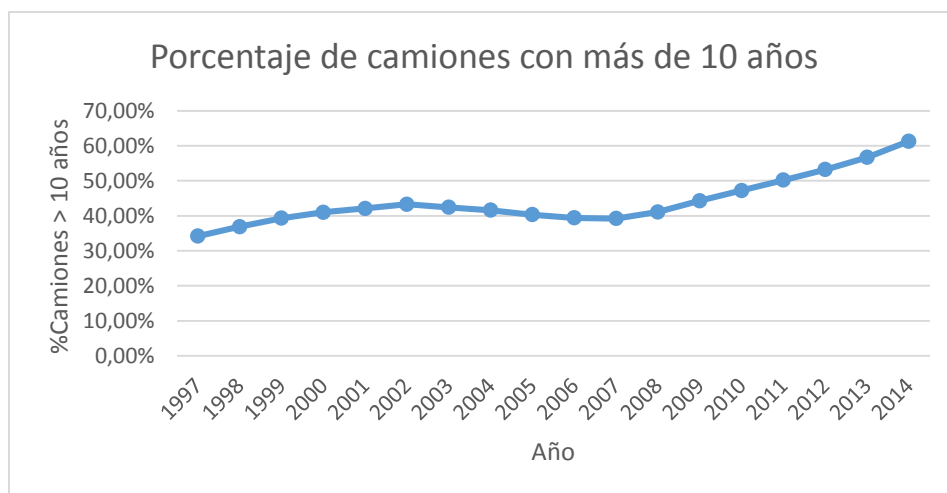
Años/ Years	Turismos/ Passenger cars	Camiones(*)/ Trucks	Autobuses y Autocares/ Buses & coaches	Tractores Industriales/ Truck tractors
1997	37,6	34,2	46,0	25,5
1998	39,2	36,9	46,4	28,2
1999	40,3	39,3	47,2	30,1
2000	40,3	41,0	47,5	29,8
2001	39,9	42,1	48,2	28,7
2002	40,3	43,3	48,5	26,8
2003	39,4	42,4	46,2	22,9
2004	38,5	41,6	43,9	21,0
2005	36,7	40,3	42,5	20,5
2006	35,8	39,4	42,1	20,1
2007	35,7	39,2	42,0	20,6
2008	37,5	41,1	42,5	22,2
2009	39,6	44,3	44,4	25,7
2010	42,0	47,2	45,3	29,2
2011	45,3	50,2	46,2	32,4
2012	48,2	53,2	47,3	35,1
2013	50,9	56,7	48,7	37,7
2014	55,0	61,3	52,0	41,6

Figura 3.2. Parque de vehículos con más de 10 años

Fuente: ANFAC

En este caso, el dato encontrado en el porcentaje de vehículos con más de 10 años en circulación en España. Ahora bien, fijemos tanto en las cifras, su evolución y a los años a los que se le atribuye.

Existe un aumento de este porcentaje hasta el año 2004, tras lo cual en los años comprendido entre 2005-2007, se reduce ligeramente. Este periodo se ajusta precisamente con anterioridad al inicio de la crisis en España, motivo por el cual las empresas y propietarios de camiones, no tienen la necesidad de mantener los vehículos antiguos, ya que, al existir un bienestar económico en ese momento, se prefería la adquisición de nuevos y la retirada de los viejos (Gráfica 3.2).



Gráfica 3.2. Porcentaje de camiones con más de 10 años

Fuente: Elaboración propia

A continuación, vemos como a partir del 2008, año de inicio de la crisis, este porcentaje aumenta año tras año de forma drástica. Esto coincide con el año preciso en el que el parque nacional de camiones también comienza a disminuir, pudiéndose relacionar claramente la crisis en España como motivo del descenso de camiones y del aumento de los que ya tienen más de 10 años.

Una vez aclarado esto, hemos de ver como esto afecta al sector que de los camiones reformados para portar una grúa auto-carga y qué papel juega en el total de camiones en circulación en España.

Lo primero será observar que parte del total de camiones son usados para reformar, esta información se puede obtener de la página de ASCATRAVI, Asociación de carroceros y transformadoras de vehículos industriales y comerciales. Aunque en este caso, los datos que se muestran a continuación pertenecen a vehículos nuevos salidos del concesionario (Figura 3.3).

PRODUCC. CARROCERÍAS EN ESPAÑA

Año	1ºT	2ºT	3ºT	4ºT	Total
2008	10.948	10.321	7.132	5.527	33.928
2009	4.570	4.848	3.977	4.331	17.726
2010	3.895	4.527	3.844	3.553	15.819
2011	3.819	3.647	3.275	3.647	14.388
2012	2.450	2.707	2.076	2.121	9.354
2013	2.149	2.557	1.992	2.367	9.065
2014	2.474	2.748	2.608	3.104	10.566
2015	3.382	4.111	3.660	4.664	15.134
14/15	+37 %	+50 %	+40%	+50%	+43%

Figura 3.3. Producción de carrocerías en España

Fuente: ASCATRAVI

Mencionar que al igual que lo antes mencionado, a partir del 2008, en el sector de carrocerías también experimenta un destacable descenso hasta el año 2014, año tras el cual el sector comienza a recuperarse (Gráfica 3.3).



Gráfica 3.3. Producción de carrocerías en España

Fuente: Elaboración propia

Ya que solo disponemos datos de vehículos carrozados nuevos, para continuar con el análisis de mercado, no nos servirá usar el parque de camiones, sino que usaremos la cifra de camiones matriculados en el año 2014 (ya que los datos del 2015 no están disponibles).

Los datos obtenidos se encontraron en el Instituto de Estadística de Cataluña, aunque en el mismo se dispone del dato nacional (Figura 3.4).

Matriculación de vehículos. 2014 (p)							
Por tipos. Provincias							
	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona	Cataluña	España	% Cat./Esp.
Turismos	136.216	16.338	7.075	14.351	173.980	1.090.995	15,9
Autobuses	303	72	23	39	437	2.921	15,0
Motocicletas(1)	30.589	3.625	871	2.373	37.458	136.675	27,4
Camiones(2)	22.940	2.717	1.416	1.784	28.857	159.508	18,1
Tractores industriales	1.043	321	533	255	2.152	19.903	10,8
Otros	581	43	11	37	672	2.796	24,0
Total	191.672	23.116	9.929	18.839	243.556	1.412.798	17,2

Fuente: Dirección General de Tráfico.
 (1) Motocicletas, motocarros y coches de discapacitados.
 (2) Camiones y furgonetas.

Figura 3.4. Vehículos matriculados en 2014

Fuente: Instituto de Estadística de Cataluña

Como se observa, en el año 2014 fueron matriculados 159.508 camiones en toda España, si esto se compara con la cifra anterior de 10.556 vehículos reformados, nos encontramos ante que, del total de camiones nuevos matriculados, el 6.62% se usaron para reformas de importancia de todo tipo. A continuación, se verá qué porcentaje antes

mencionado corresponde a la reforma de importancia de instalación de una grúa auto-carga.

En la propia página de ASCATRAVI, nos facilitan la disgregación del total de reformas por año en los diferentes tipos de transformaciones que se realizan habitualmente (Figura 3.5).

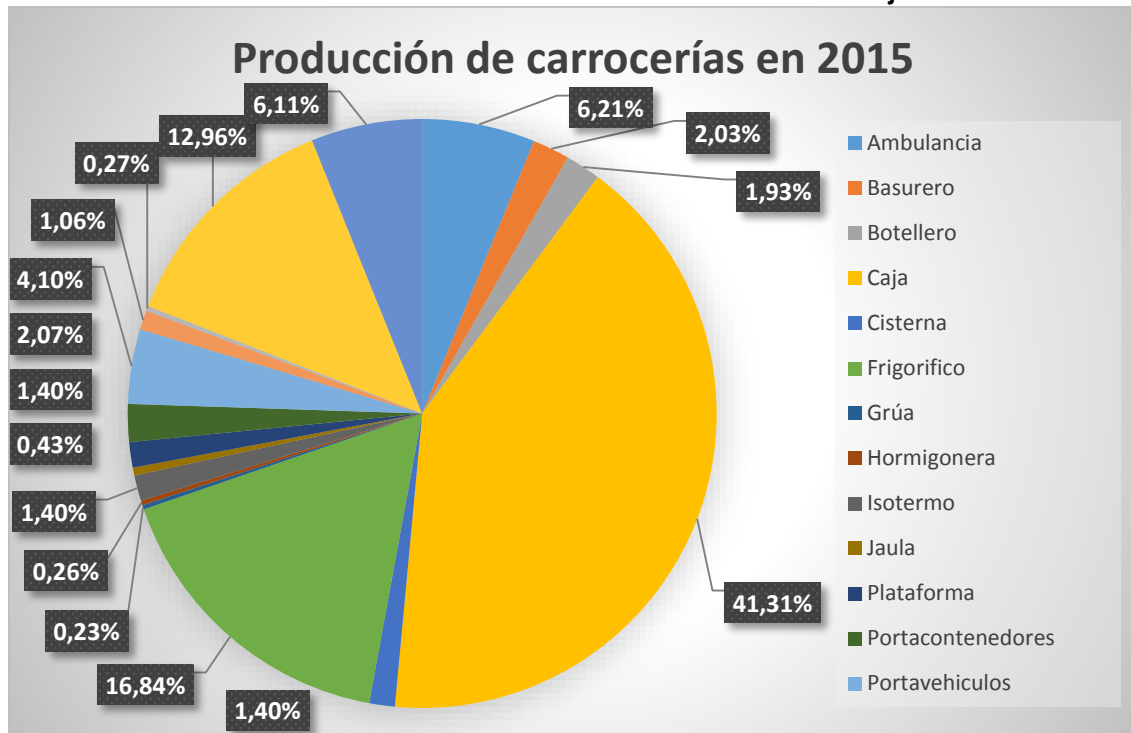
Año	2015			
	N1	N2	N3	Total
Ambulancia	933	1	0	934
Basurero	33	27	246	306
Botellero	67	199	25	291
Caja	5.564	289	365	6.218
Cisterna	6	54	151	211
Frigorífico	1.500	753	282	2.535
Grúa	18	12	5	35
Hormigonera	0	0	39	39
Isotermo	131	53	27	211
Jaula	35	14	16	65
Plataforma	141	30	39	210
Portacontenedores	49	46	217	312
Portavehículos	42	490	85	617
Servicio contra incendios	0	82	77	159
Silo	0	1	39	40
Vivienda	1.924	25	1	1.950
Volquete de canteras	666	80	173	919

Categoría N1:	MMTA ≤ 3500 Kg
Categoría N2:	3500 Kg < MMTA ≤ 12000 Kg
Categoría N3:	MMTA > 12000 Kg

Figura 3.5. Producción de carrocerías en España desglosado

Fuente: ASCATRAVI

Si bien parecía reducida la participación de las reformas en el total de camiones, a continuación, hay que ver qué participación tiene la reforma que nos interesa en este proyecto, es decir, el apartado de grúa (Gráfica 3.4).



Gráfica 3.4. Producción de carrocerías en 2015

Fuente: Elaboración propia

Vemos que la reforma que nos ocupa, es solo un 0,23% de total de transformaciones que se realizan. Con todo esto se puede concluir, primero, que el sector de las carrocerías afecta minúsculamente al sector de los camiones tal y como hemos analizado, ya que su representación no llega ni a las décimas del porcentaje total.

Por otra parte, que, aunque sea tan reducido su participación, fue afectado por la crisis española de manera similar a como influyo en el resto del parque de camiones, aunque actualmente apunta a una leve recuperación.

Por último, añadir que nos encontramos ante un proyecto de muy poco peso en el propio sector de las reformas de importancia, ya que, aunque no conozcamos la cifra de vehículos en circulación que porten una grúa auto-carga, sabemos que en el año 2015 se realizaron solamente 35 reformas de este tipo. Eso sí, según la información facilitada por la asociación de carroceros ASCATRAVI, dado que durante la crisis económica no se realizaban apenas reformas de este tipo, la mejor manera que encontraron los negocios de este sector de seguir obteniendo unos beneficios fue comenzar a exportar todo lo que carrozaban a países extranjeros, con la consecuencia de que en estos momentos si una empresa necesitara un vehículo con estas características, se vería en la situación de tener que pagar el proceso de carrozado, ya que los producidos en nuestro territorio se exportan.

4. ANTECEDENTES

La reforma se justifica por petición bien de un cliente o por parte de una empresa, que desea dotar al vehículo con una grúa auto-carga para satisfacer las necesidades prácticas de su uso, en cuanto a la autonomía de carga y descarga del vehículo.

Según el código de circulación y en particular el Real Decreto 866/2010, que regula la tramitación de reformas de importancia de vehículos de carretera del código de circulación, siendo en este caso las siguientes operaciones: Instalación o desinstalación de rampas, elevadores, grúas, plataformas, asideros, peldaños o sistemas de otra naturaleza. Estando tipificadas como reformas de importancia con número 8.40.

A continuación, se adjunta los actos reglamentarios según el Real Decreto 866/2016 (Figura 4.1):

ACTOS REGLAMENTARIOS											
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a									
		M ₁	M ₂	M ₃	N ₁	N ₂	N ₃	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄
Cerraduras y bisagras	70/387/CEE	(2)	-	-	(2)	(2)	(2)	-	-	-	-
Acondicionamiento interior	74/60/CEE	(2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética)	72/245/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Masas y dimensiones (automóviles)	92/21/CEE	(2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Masas y dimensiones (resto vehículos)	97/27/CE	-	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Autobuses y autocares	2001/85/CE (Anexo VII)	-	(2)	(2)	-	-	-	-	-	-	-
Autobuses y autocares	Reglamento CEPE/ONU 107R (Anexo VIII)	-	(2)	(2)	-	-	-	-	-	-	-
Ver Apartado 4 del preámbulo.											

Figura 4.1. Actos reglamentarios

Fuente: Manual de reformas de importancia

5. NORMAS Y REGLAMENTACIÓN

Será necesario la obtención de los permisos y aprobación por parte de la autoridad competente para la autorización del funcionamiento por vías públicas del vehículo a reformar.

Es por ello, que para el objeto de esta reforma se tendrá 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 Importancia, Revisión 2ª, febrero de 2015. Sección 1- Vehículos de Categorías M, N y O- Grupo Nº8 (8.40). En el que es estipula los diferentes campos de aplicación, los actos reglamentarios en los que puede afectar la reforma, junto con la documentación necesaria.
- Real Decreto 750/2010, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o

remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.

- UNE EN 12999:2011 Diseño de grúas articuladas
- NTP 868: Grúas hidráulicas articuladas sobre camión (I) - Año 2010
- NTP 869: Grúas hidráulicas articuladas sobre camión (II) - Año 2010
- Manual de reformas IVECO Gama Daily, año 2015, Directivas para la transformación y el equipamiento de los vehículos. Sección 2.7, en el que se especifica los procesos para la modificación del chasis de un vehículo marca IVECO.

6. DESCRIPCIÓN DE LA REFORMA

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la reforma a tratar consistirá en la instalación de una grúa auto-carga modelo FASSI F165A-e ACTIVE, tras la cabina del vehículo, con el añadido del carrozado de una caja abierta fija a continuación de la grúa con una longitud de 3900mm.

Para garantizar la fiabilidad de la reforma ante posibles fallos estructurales o de estabilidad, se le dotará al bastidor original del vehículo de un sobre bastidor auxiliar o falso bastidor colocado sobre el primero, de manera que el conjunto se verá reforzado. Ambos elementos a añadir, grúa y caja abierta, irán colocados sobre el bastidor secundario, el cual se fijará al original mediante tornillos de alta resistencia con tuercas de seguridad, siguiendo los diferentes soportes que vienen de serie a lo largo del auto bastidor, de esta manera se conseguirá que las cargas se distribuyan a lo largo del chasis del vehículo.

7. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VEHÍCULO

Como se ha visto en el apartado del estudio de mercado, existen una gran cantidad de vehículos con valores de especificaciones muy variables. Dado que el objetivo de este proyecto es el desarrollo de un carrozado a un vehículo genérico con el fin de demostrar que se tienen los conocimientos necesarios para ello, se ha decidido escoger un vehículo de dos ejes, con unas dimensiones contenidas, ya que siendo este el caso, se simplificarán ciertos aspectos del cálculo que se verá más adelante poco relevantes para el objetivo de este proyecto. Por otra parte, la elección de la grúa es debido a recomendaciones de la propia marca, que dando a elegir entre varios modelos, se eligió una de ellas.

A continuación, se detallarán las características del vehículo elegido a reformar:

MARCA	IVECO
MODELO	Tector ML150E18P
MARCA DEL MOTOR	Tector
TIPO DE MOTOR	F4AE0681E
Nº DE CILINDROS	6
COMBUSTIBLE	Diesel
CILINDRADA (cm3)	5880

POTENCIA MÁX. (KW)	134	
TARA TOTAL (Kg)	4270	
TARA PRIMER EJE (Kg)	2710	
TARA SEGUNDO EJE (Kg)	1559	
Nº EJES/RUEDAS	2	4
CAJA DE CAMBIOS	Manual	
NEUMÁTICO DE SERIE	305/70 R19,5	
TIPO DE SUSPENSIÓN	Neumática	

En los apartados siguientes se detallan aquellas otras características del vehículo que pueden ser o son objeto de reforma.

7.2 ANTES DE LA REFORMA

PESO MÁX. AUTORIZADO (Kg)	15000
P.M.A SOBRE EL PRIMER EJE (Kg)	5300
P.M.A SOBRE EL SEGUNDO EJE (Kg)	10700
VÍA ANTERIOR (mm)	1970
VÍA POSTERIOR (mm)	1815
VOLADIZO POSTERIOR (mm)	--
DISTANCIA ENTRE EJES (mm)	3690
LONGITUD TOTAL (mm)	--
ANCHURA TOTAL (mm)	--
ALTURA TOTAL (mm)	--

7.3 DESPUÉS DE LA REFORMA

PESO MÁX. AUTORIZADO (Kg)	15000
P.M.A SOBRE EL PRIMER EJE (Kg)	5300
P.M.A SOBRE EL SEGUNDO EJE (Kg)	10700
VÍA ANTERIOR (mm)	1945
VÍA POSTERIOR (mm)	1815
VOLADIZO POSTERIOR (mm)	--
DISTANCIA ENTRE EJES (mm)	3690
LONGITUD TOTAL (mm)	--
ANCHURA TOTAL (mm)	--
ALTURA TOTAL (mm)	--
LONGITUD DE CAJA DE CARGA (mm)	3900

Además, tras la reforma se ha de especificar las características de la grúa elegida para la reforma del vehículo.

MARCA	FASSI
MODELO	F165A
CAPACIDAD DE ELEVACION MÁX. (KNm)	144
ALCANCE DE EXTENSIÓN HIDRÁULICA (m)	12,55

ÁNGULO DE GIRO	416
ALTURA EN POSICIÓN DE PLEGADO (mm)	2365
ANCHURA EN POSICIÓN DE PLEGADO (mm)	2455
ESPACIO DE INSTALACIÓN NECESARIO (mm)	945
PESO GRÚA (Kg)	2200

8. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BASTIDOR AUXILIAR

El objetivo a buscar al añadir un segundo bastidor al sistema original, a parte del cumplimiento de resistencia y estructurales exigidos, es garantizar la optimización del reparto de masas sobre la estructura, para ello la adición de este elemento deberá realizarse de la manera adecuada.

Así pues, habrá que fijarse en la fijación al bastidor original, el propio material a elegir del elemento, además de garantizar que el sobre bastidor ocupe todo el largo del bastidor del vehículo, así como la necesidad de introducir travesaños para la unión de ambos largueros del bastidor auxiliar. En este caso colocaremos el mismo número de travesaños en ambos bastidores, y haciendo coincidentes los del auxiliar con los del original.

A continuación, para la elección adecuada del material del nuevo bastidor, nos acogeremos al recomendado por el fabricante IVECO, en su manual de carrozado (Gráfica 8.1):

Denominación acero		Carga de rotura [N/mm ²]	Carga de estiramiento [N/mm ²]	Alargamiento
IVECO	Fe E420	530	420	21%
Europe	S420MC			
Germany	QStE420TM			

Gráfica 8.1. Recomendación del material de bastidor auxiliar

Fuente: Manual de carrozado de IVECO

Al igual que con el tipo de material, la propia marca del camión también nos indica que dimensiones tiene que tener el perfil del larguero según el modelo del vehículo con el que estemos tratando (Figura 8.1).

Modelo	Sección chasis [mm] AxBxt	Par total M_G máx. [kNm]																																					
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	
		Valor mínimo del módulo de resistencia de la sección del contrachasis W_x [cm ³]																																					
60E, 65E, 75E, 80EL	172,5x65x4	A	A	31	57	89	105	E																															
60E, 65E, 75E, 80EL	172,5x65x5	A	A	19	46	57	89	E																															
80E, 90E, 100E	195,5x65x4	A	A	19	46	89	89	119	E																														
80E, 90E, 100E 110EL ⁽¹⁾ , 120EL ⁽¹⁾	195,5x65x5	A	A	A	26	46	89	89	119	E																													
110EL ⁽¹⁾ , 120EL ⁽¹⁾	195,5x65x6	A	A	A	A	19	46	89	89	119	150	E																											
120E, 140E, 150E 110EW	240x70x5	A	A	A	A	A	36	57	89	105	150	E																											
120E, 140E, 150E, 160E 150EW	240x70x6	A	A	A	A	A	A	31	57	89	119	173	E																										
120E, 140E, 150E, 160E	240x70x6,7	A	A	A	A	A	A	A	36	57	105	150	208	E																									
150E, 160E	240x70x7,7	A	A	A	A	A	A	A	A	36	89	119	160	208	245	E																							
180E, 190EL	262,5x80x6	A	A	A	A	A	A	A	A	36	89	135	173	245	286	E																							
180E, 190EL	262,5x80x6,7	A	A	A	A	A	A	A	A	A	57	105	150	208	245	E																							
180E, 190EL	262,5x80x7,7	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	89	119	173	208	286	347	E																					

Figura 8.1. Producción de carrocerías en España

Fuente: Manual de carrozado IVECO

Como se observa en la tabla, previamente es necesario conocer el par máximo al que está sometido la estructura, para elegir un perfil, información que se obtendrá en apartados posteriores.

Con el fin de aclarar a que dimensión hace referencia cada una de las medidas, se adjunta un esquema de un perfil genérico acotado (Figura 8.2).

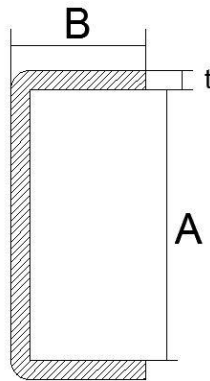


Figura 8.2. Acotación de los perfiles según el manual de IVECO

Fuente: Elaboración propia

9. ANÁLISIS DEL REPARTO DE CARGAS

En los siguientes puntos se estudiarán de forma analítica, como afecta al sistema entero el reparto de las cargas en las diferentes situaciones de funcionamiento. Concretamente, se analizará el sistema cuando se encuentra en una posición de marcha genérica y cuando se encuentre la grúa desplegada para realizar un trabajo a diferentes posiciones de la misma.

9.1 EN POSICIÓN DE MARCHA

Para este punto, tendremos en cuenta las siguientes consideraciones. La grúa hidráulica articulada se encontrará plegada, así como el sistema de estabilización incluida en el sistema de la grúa. La posible carga situada en la caja del sistema se repartirá uniformemente a lo largo de toda la caja. Además, para la obtención de las expresiones que nos darán el valor de las reacciones de los dos ejes, se usarán las siguientes variables:

Variables	Valor	Significado
L (mm)	3900	Longitud de la caja abierta
vp (mm)	1740	Distancia del voladizo posterior
p (mm)	3690	Paso entre ejes
g (mm)	950	Distancia del c.d.g. de la grúa al eje anterior
m (mm)	1530	Distancia entre el final de la cabina e inicio de la caja
Q (Kg)	10730	Peso debido a la caja abierta junto con la carga útil máxima
Qg (Kg)	2200	Peso debido a la grúa

Tal y como vemos representado en el siguiente esquema (Figura 9.1):

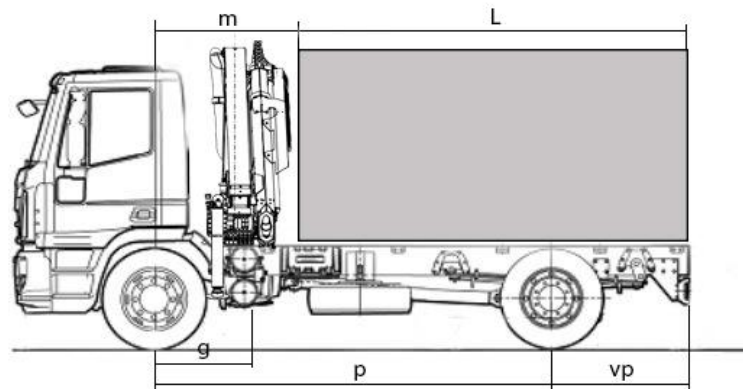


Figura 9.1. Cotas del sistema en marcha

Fuente: Elaboración propia

Continuando, llamaremos a la reacción producida en el eje anterior "Ra", y a la producida en el eje posterior "Rb", con lo que aplicando $\sum M=0$, en ambos puntos podremos calcular la reacción debida a la instalación de la grúa, de la caja abierta y de la carga útil distribuida uniformemente sobre la caja.

$$R_a = \frac{Q_g * (p - g) + Q * (\frac{L}{2} - vp)}{p}$$

$$R_b = \frac{Q_g * g + Q * (\frac{L}{2} + m)}{p}$$

Si sustituimos los valores anteriormente mencionados y resolvemos ambas ecuaciones obtenemos que:

Ra (Kg)	2244
Rb (Kg)	10686

Así pues:

Debido a:	1º Eje	2º Eje	TOTAL
Chasis-Cabina	2710	1557	4267
Ocupantes	75	0	75
Carga útil+Caja+Grúa	2244	10686	12930
Total	5029	12243	17272

Se puede observar que, en este caso, se excede la cantidad de peso que pueden aguantar cada uno de los ejes por separado al igual a la masa máxima admitida. Para resolver este problema se deberá restringir el peso de carga útil que podamos transportar, por tanto:

-Averiguaremos cuantos kilos nos hemos excedido restando al resultado obtenido, el MMA del vehículo (15000Kg).

Carga total	17272
MMA	15000
Exceso de carga	2272

-Y este exceso, a su vez se lo restaremos a "Q" antes descrita, obteniendo "Q*"

Q	10730
Exceso de carga	2272
Q*	8458

Repitamos con este nuevo dato, las operaciones anteriores para comparar y ver si realmente este problema se corrige:

Ra (Kg)	2115
Rb (Kg)	8543

Debido a:	1º Eje	2º Eje	TOTAL
Chasis-Cabina	2710	1557	4267
Ocupantes	75	0	75
Carga útil+Caja+Grúa	2115	8543	10658
Total	4900	10100	15000

Con esta modificación propuesta, ahora sí que nos encontramos ante un reparto de las cargas viable, siempre y cuando la carga total no exceda de los 8283Kg.

9.2 GRÚA EN POSICIÓN DE TRABAJO

Siguiendo con el estudio del reparto de cargas, a continuación, analizaremos la situación del conjunto una vez la grúa ha sido desplegada completamente, para ver cómo se comporta en situación de trabajo. Para ello no solo se tendrá en cuenta que el brazo de la grúa se encuentra extendido, sino que se encuentra soportando la mayor carga posible para cada una de las situaciones.

Ya que la grúa elegida contiene un sistema de estabilizador incluido en el sistema de la misma, haremos uso de ello, desplegándolo también, por lo que la reacción existente en el eje anterior desaparecerá, para pasar a ser soportado por el sistema estabilizador.

A continuación, se analizarán posiciones de trabajo tanto longitudinales como transversales de la grúa.

9.2.1 GRÚA SITUADA LONGITUDINALMENTE AL CAMIÓN

El primero caso longitudinal que se verá, es con la grúa desplegada hacia la parte delantera del camión tal y como se puede observar en la imagen que hay a continuación (Figura 9.2). Como se ha mencionado anteriormente, en este caso, al encontrarse el sistema estabilizador desplegado, la reacción del eje anterior desaparecerá, y en cambio este será absorbido por los estabilizadores. Además, situaremos en el extremo de la grúa desplegada, aquella carga máxima capaz de soportar, así como condición necesaria, que la reacción que se sitúe en el eje posterior sea mayor a cero (condición de estabilidad).

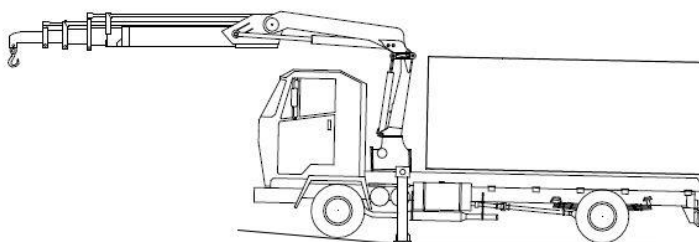


Figura 9.2. Camión con grúa desplegada hacia adelante

Fuente: Ingemecánica

Fijemos pues, las variables a utilizar para el cálculo del reparte de las masas:

Variables	Valor	Significado
L (mm)	3900	Longitud de la caja abierta
vp (mm)	1740	Distancia del voladizo posterior
p (mm)	3690	Paso entre ejes
e (mm)	280	Distancia del c.d.g. de la grúa a los estabilizadores
m (mm)	1530	Distancia entre el final de la cabina e inicio de la caja
n (mm)	2500	Longitud del brazo de la grúa
g (mm)	950	Distancia del c.d.g. de la grúa al eje anterior
gl (mm)	455	Distancia del c.d.g. de la grúa desplegada al eje anterior
Q (Kg)	8458	Peso debido a la caja abierta junto con la carga útil máxima
Qg (Kg)	2200	Peso debido a la grúa
P (Kg)	4950	Carga máxima de elevación de la grúa

De manera similar a la anteriormente vista, llamaremos a la reacción producida en el eje anterior "Re", y a la producida en el eje posterior "Rb", con lo que aplicando $\sum M=0$, en ambos puntos podremos calcular la reacción debida a la instalación de la grúa, de la caja abierta y de la carga útil distribuida uniformemente sobre la caja.

$$R_e = \frac{P * (n + p - g) + Q_g * (gl + p) + (Q - P) * (\frac{L}{2} - vp)}{p - (e + g)}$$

$$R_b = \frac{-P * (n + e) - Q_g * (g + gl + e) + (Q - P) * (\frac{L}{2} + m - (e + g))}{p - (e + g)}$$

Obteniendo:

Re (Kg)	14550
Rb (Kg)	-3820

Se observa que una de las condiciones impuestas, que $R_b > 0$, no se cumple, así pues, para solventar este problema, habrá que calcular cual es en realidad el peso máximo que puede levantar la grúa para que se cumpla las condiciones impuestas. Para, llegar al peso límite admisible sin que aparezcan problemas, impondremos que "Rb = 0", de esta manera, estemos diciendo que todo el peso recae sobre los estabilizadores y podremos despejar la incógnita "P".

$$R_b = 0 = \frac{-P * (n + e) - Q_g * (g + gl + e) + (Q - P) * (\frac{L}{2} + m - (e + g))}{p - (e + g)}$$

$$P = 3082 \text{ Kg}$$

Ahora sí, podemos afirmar que mientras la grúa trabaje en esa posición de trabajo no deberá elevar un peso superior al calculado.

Finalmente, el reparto de masas quedará de la siguiente manera:

Debido a:	1º Eje	2º Eje	TOTAL
Chasis-Cabina	2710	1557	4267
P+Caja+Grúa	10730	0	10730
Total	13440	1557	14997

Lo siguiente será estudiar el caso, en el que la grúa está desplegada hacia la parte trasera del vehículo, tal y como representa el siguiente esquema (Figura 9.3):

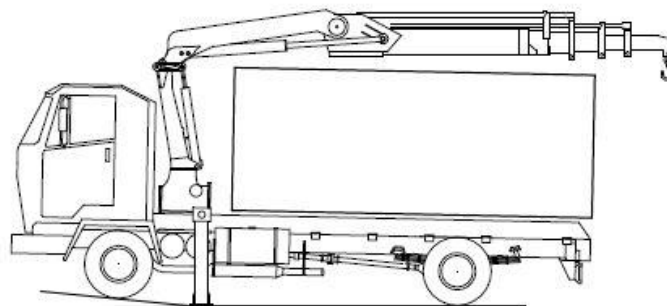


Figura 9.3. Camión con grúa desplegada hacia detrás

Fuente: Ingemecánica

Una vez más se describen las variables a utilizar:

Variables	Valor	Significado
L (mm)	3900	Longitud de la caja abierta
vp (mm)	1740	Distancia del voladizo posterior
p (mm)	3690	Paso entre ejes
e (mm)	280	Distancia del c.d.g. de la grúa a los estabilizadores
m (mm)	1530	Distancia entre el final de la cabina e inicio de la caja
n (mm)	4600	Longitud del brazo de la grúa
g (mm)	950	Distancia del c.d.g. de la grúa al eje anterior
gl (mm)	2355	Distancia del c.d.g. de la grúa desplegada al eje anterior
Q (Kg)	8458	Peso debido a la caja abierta junto con la carga útil máxima
Qg (Kg)	2200	Peso debido a la grúa
P (Kg)	3620	Carga máxima de elevación de la grúa

Diferenciando con el caso antes estudiado, en esta ocasión como condición necesaria de cumplimiento tendremos que la reacción en los estabilizadores deberá ser mayor a cero.

Una vez se vuelve a aplicar momentos en ambos apoyos:

$$R_e = \frac{-P * (n + g - p) + Q_g * (p - gl) + (Q - P) * (\frac{L}{2} - vp)}{p - (e + g)}$$

$$R_b = \frac{P * (n - e) + Q_g * (gl - g - e) + (Q - P) * (\frac{L}{2} + m - (e + g))}{p - (e + g)}$$

Obteniendo:

Re (Kg)	-1130
Rb (Kg)	11788

Al igual que anteriormente, no solo obtenemos una reacción negativa en el apoyo en que habíamos impuesto que debía ser superior a cero, sino que el peso soportado en el segundo apoyo supera el límite establecido por el fabricante. Así pues, operaremos de manera idéntica al caso anterior, solo que en este caso para hallar el peso límite, estableceremos que "Re = 0".

$$R_e = 0 = \frac{-P * (n + g - p) + Q_g * (p - gl) + (Q - P) * (\frac{L}{2} - vp)}{p - (e + g)}$$

$$P = 2277 \text{ Kg}$$

Con su consiguiente reparte de cargas:

Debido a:	1º Eje	2º Eje	TOTAL
Chasis-Cabina	2710	1557	4267
P+Caja+Grúa	0	10730	10730
Total	2710	12287	14997

9.2.2 GRÚA SITUADA TRANSVERSALMENTE AL CAMIÓN

En este último caso a estudiar en lo referente al reparto de masas, la grúa al igual que anteriormente, se encontrará desplegada, pero en esta ocasión estará totalmente perpendicular al eje longitudinal del camión (Figura 9.4).

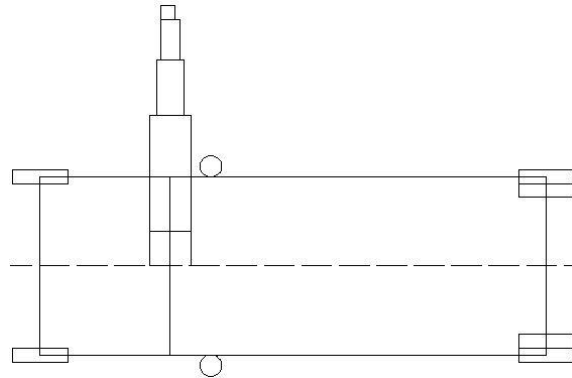


Figura 9.4. Camión con grúa desplegada transversalmente

Fuente: Elaboración propia

De nuevo, describimos las variables a utilizar:

Variables	Valor	Significado
L (mm)	3900	Longitud de la caja abierta
vp (mm)	1740	Distancia del voladizo posterior
p (mm)	3690	Paso entre ejes
e (mm)	280	Distancia del c.d.g. de la grúa a los estabilizadores
m (mm)	1530	Distancia entre el final de la cabina e inicio de la caja
n (mm)	2500	Longitud del brazo de la grúa
g (mm)	950	Distancia del c.d.g. de la grúa al eje anterior
gl (mm)	950	Distancia del c.d.g. de la grúa desplegada al eje anterior
Q (Kg)	8458	Peso debido a la caja abierta junto con la carga útil máxima
Qg (Kg)	2200	Peso debido a la grúa
P (Kg)	4950	Carga máxima de elevación de la grúa

Seguimos procediendo de manera idéntica a los casos anteriormente vistos, por lo que hallaremos las diferentes reacciones en los apoyos, aplicando sumatorios de momentos iguales a cero en cada uno de los apoyos, quedando como fórmulas para su resultado:

$$R_e = \frac{Q_g * (p - g) + P * (p - g) + (Q - P) * (\frac{L}{2} - vp)}{p - (e + g)}$$

$$R_b = \frac{-Q_g * e - P * e + (Q - P) * (\frac{L}{2} + m - (e + g))}{p - (e + g)}$$

Obteniendo:

Re (Kg)	8263
Rb (Kg)	2395

Y su consiguiente reparto de masas:

Debido a:	1º Eje	2º Eje	TOTAL
Chasis-Cabina	2710	1557	4267
P+Caja+Grúa	8263	2395	10658
Total	10973	3952	14925

10. DISTRIBUCIÓN DE LOS ESFUERZOS CORTANTES Y FLECTORES

Una vez se ha visto como las diferentes situaciones que nos podemos encontrar tanto en la puesta en marcha como a la hora de una situación de trabajo, y como estas afectan a un característico reparto de las masas, es de interés como estas masas, afectan a todo el bastidor y como se distribuyen. Para ello haremos una simulación de las situaciones antes analizadas, con los que obtendremos sus diagramas tanto de esfuerzos cortantes como de flectores.

En este caso concreto nos apoyaremos en el software llamado “SAP2000”, el cual permite mediante la correcta aplicación de parámetros y modelación, la simulación de estructuras, devolviéndonos los esfuerzos que se producen. En el caso de este programa, se ha de comprar una licencia de usuario para poder trabajar con ella, pero dado que las simulaciones a realizar no son de gran complicación, nos servirá la versión educativa que podemos encontrar en diversas aulas de la ETSID, la cual si cuenta con esta clase de licencias pagadas (Figura 10.1).

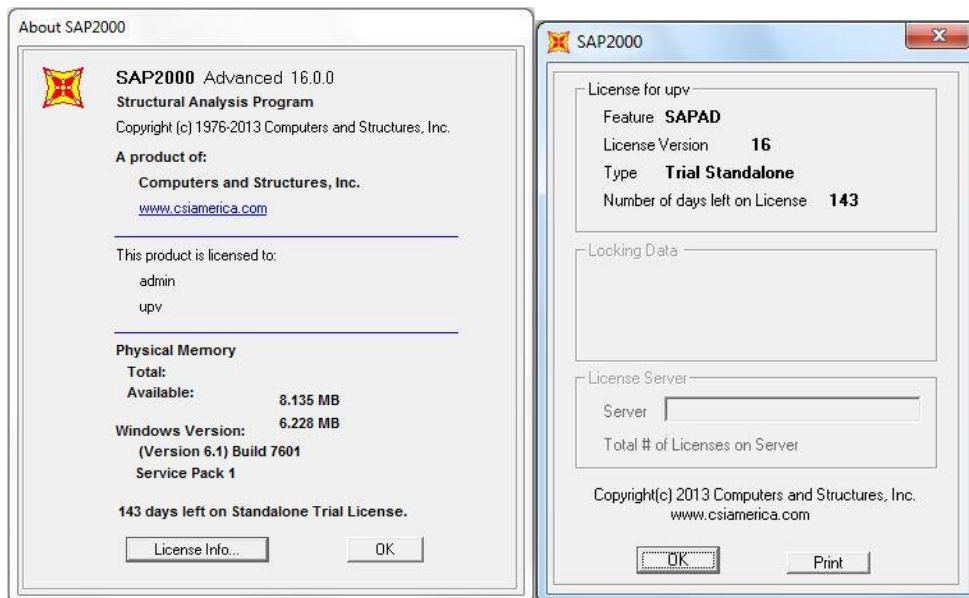


Figura 10.1. Licencia SAP2000 de la UPV

Fuente: Elaboración propia

Aunque cada situación es diferente en cuanto a la distribución de cargas que soporta cada parte del sistema, también tiene en común otros aspectos, los cuales se explicarán a continuación, para así centrarnos en las particularidades de cada situación más adelante.

Para empezar, en todos los casos se trabajará con todo el bastidor en su totalidad, es decir, en todas las simulaciones el bastidor tiene la misma distancia de largo, más concretamente, 5,43 metros de longitud. Por otra parte, en todas las simulaciones para las diferentes situaciones ha sido asignado el mismo perfil estructural. En este caso se ha usado unos largueros con perfil de canal (perfil en U), con unas dimensiones descritas en la ficha técnica del vehículo, más concretamente 252x70x6mm. El bastidor además será representando juntos con sus apoyos en cada situación como una barra isostática biapoyada, la cual constará con voladizos.

Una vez descritas las similitudes, pasemos a ver cada una de las situaciones por separado.

10.1. PUESTA EN MARCHA

En este caso nos encontramos ante una simplificación a una “viga biapoyada”, isostática con un único voladizo, sobre la cual se encuentra una carga puntual, que representa a la grúa, y otra carga distribuida, que se correspondería al carrozado de la caja, junto con la carga útil capaz de cargar (Figura 10.2).

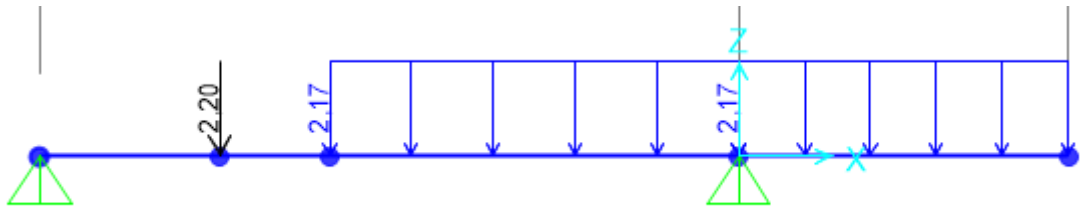


Figura 10.2. Camión en marcha simulado

Fuente: Elaboración propia

El valor de la carga distribuida que se observa, corresponde al valor de la carga que puede soportar (8,458 toneladas), dividido entre el largo de la caja (3,9 metros), dándonos el valor que se aprecia en el esquema.

- Diagrama de cortantes (Figura 10.3):

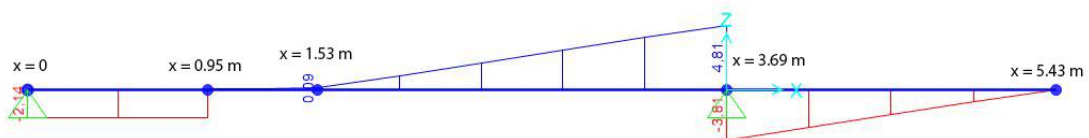


Figura 10.3. Camión en marcha, cortantes

Fuente: Elaboración propia

- Diagrama de flectores (Figura 10.4):

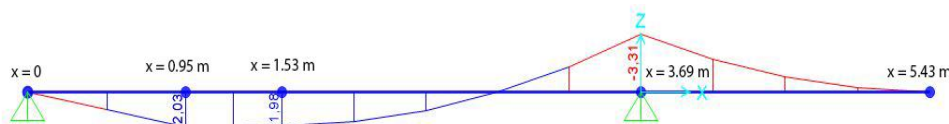


Figura 10.4. Camión en marcha, flectores

Fuente: Elaboración propia

10.2. GRÚA DESPLEGADA HACIA LA PARTE DELANTERA

Las situaciones de los apoyos cambian, pasando a ser en la parte anterior del vehículo, los estabilizadores, por lo que contaremos con dos voladizos. Además, al estar la grúa desplegada, la localización de su centro de gravedad también varía, y que junto a que en su extremo se está elevando una carga determinada, esto crea, dos momentos, que en la simulación serán trasladadas al punto de apoyo que representa los estabilizadores. Por otro lado, seguimos contando con la carga distribuida que en la caja junto con la carga útil (Figura 10.5).

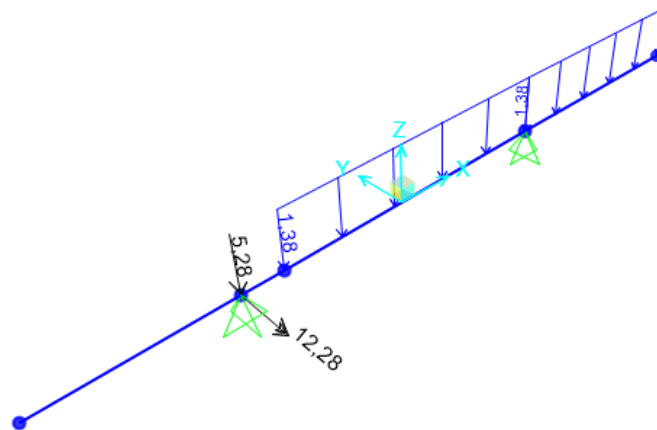


Figura 10.5. Camión con grúa hacia adelante simulado

Fuente: Elaboración propia

En esta ocasión el valor perteneciente a la carga distribuida, sale del valor de la carga capaz de soportar a la cual se le ha restado la carga que en ese momento se encuentra elevando la grúa, ya que su suma representa el valor máximo capaz de soportar, dividido entre el largo de la caja.

- Diagrama de cortantes (Figura 10.6):

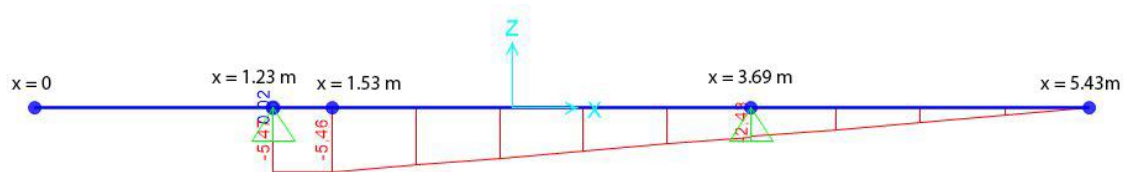


Figura 10.6. Camión con grúa hacia adelante, cortantes

Fuente: Elaboración propia

- Diagrama de flectores (Figura 10.7):

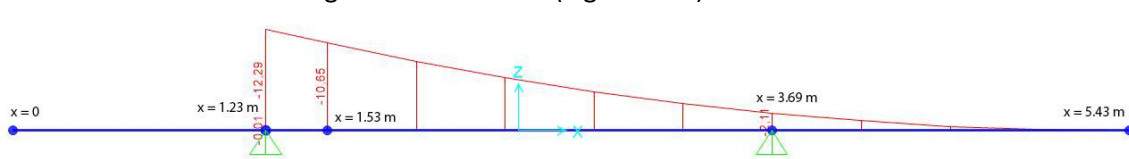


Figura 10.7. Camión con grúa hacia adelante, flectores

Fuente: Elaboración propia

10.3. GRÚA DESPLEGADA PERPENDICULARMENTE

En esta ocasión, nos encontramos en una situación parecida a la anterior, con la diferencia de que tanto la carga a elevar y la dirección de la misma es diferente, siendo esta, perpendicular al vehículo, por tanto, los momentos desplazados para la simulación al apoyo de los estabilizadores será diferente (Figura 10.8).

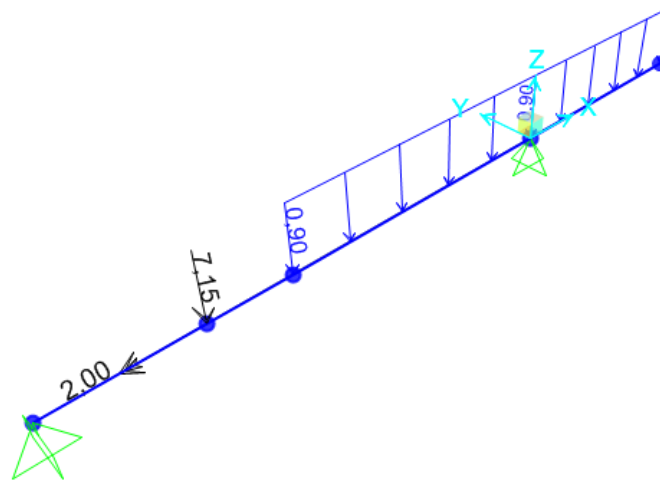


Figura 10.8. Camión con grúa transversalmente, simulado

Fuente: Elaboración propia

- Diagrama de cortantes (Figura 10.9):

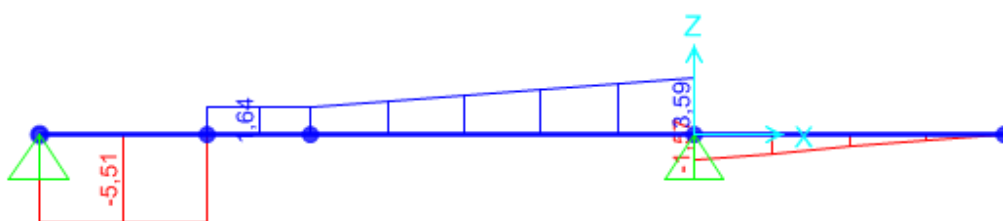


Figura 10.9. Camión con grúa transversalmente, cortantes

Fuente: Elaboración propia

- Diagrama de flectores:

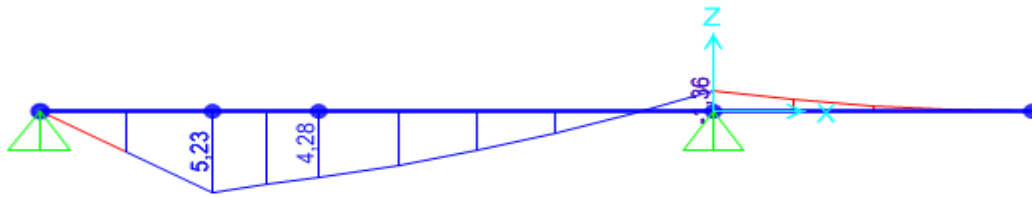


Figura 10.4. Camión con grúa transversalmente, flectores

Fuente: Elaboración propia

10.4. GRÚA DESPLEGADA HACIA LA PARTE TRASERA

Por último, nos encontramos en una situación contraria a la de la grúa desplegada hacia la parte delantera, por lo que en esta ocasión los momentos que se producirán será de signo contrario al de la otra situación (Figura 10.11).

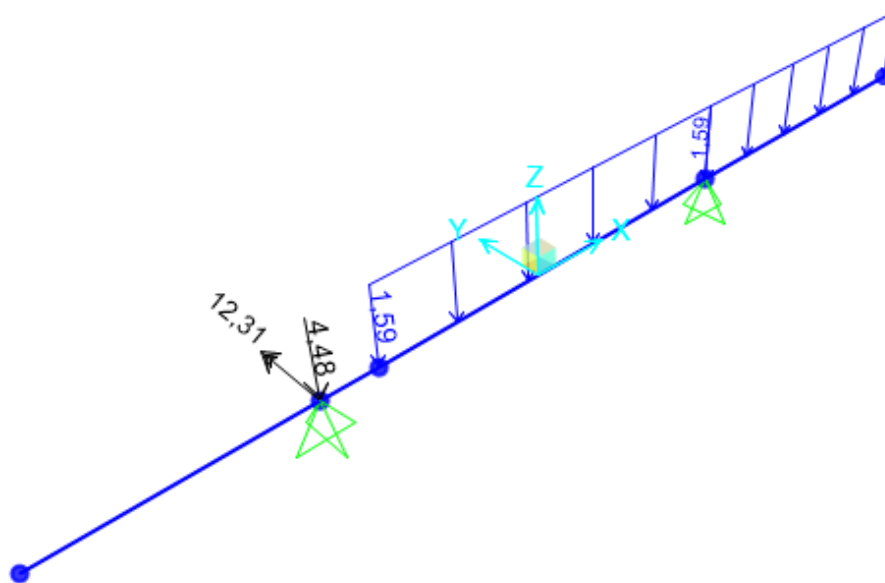


Figura 10.11. Camión con grúa hacia detrás, simulado

Fuente: Elaboración propia

- Diagrama de cortantes (Figura 10.12):

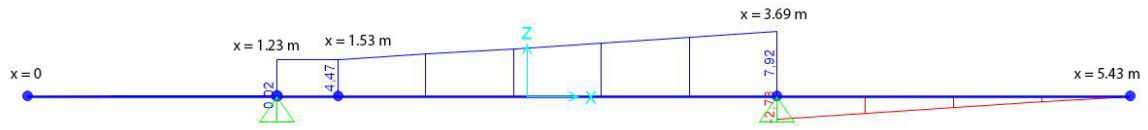


Figura 10.12. Camión con grúa hacia atrás, cortantes

Fuente: Elaboración propia

- Diagrama de flectores (Figura 10.13):

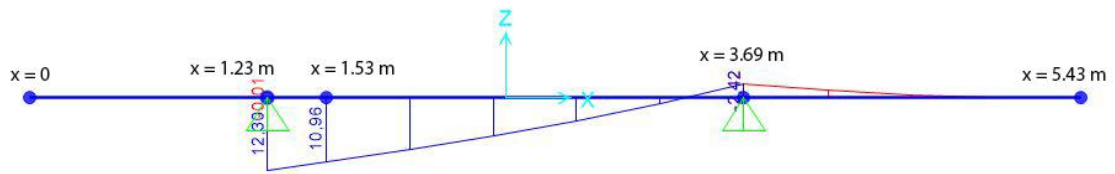


Figura 10.13. Camión con grúa hacia atrás, flectores

Fuente: Elaboración propia

11. COEFICIENTE DE SEGURIDAD DEL BASTIDOR FINAL

En este apartado, comprobaremos que realmente el conjunto del bastidor original con el sobre bastidor cumple las condiciones de seguridad necesarias, para ello lo primero será conocer la geometría de este conjunto. Para ello, una vez visto en el apartado anterior el par máximo que nos aparece ($M_{fmax} = 12300 \text{ m} \cdot \text{kg}$), se deberá volver a la figura 8.1 de este documento y tras pasar el par máximo a las unidades correctas ($M_{fmax} = 120.7 \text{ KNm}$) y sabiendo que el modelo del vehículo IVECO usa en el "150E", ya tenemos acotado el perfil necesario para nuestro bastidor auxiliar, es decir, el "240x70x7.7 mm", quedándonos el conjunto de la siguiente manera (Figura 11.1):

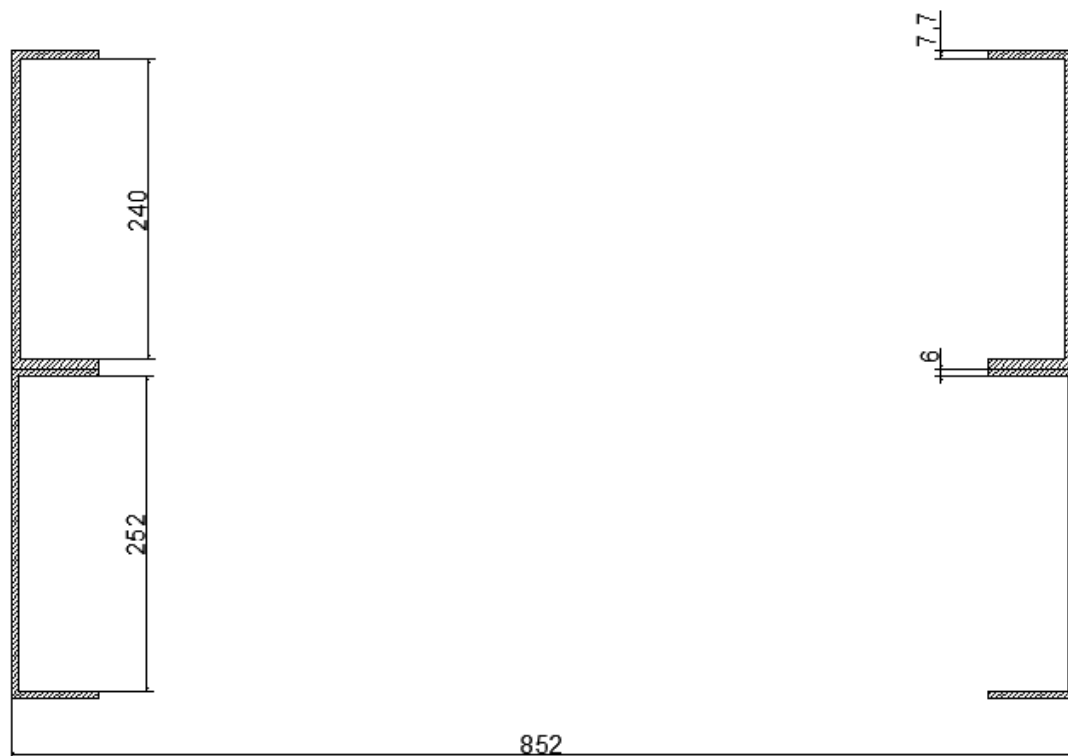


Figura 11.1. Esquema del conjunto de perfiles

Fuente: Elaboración propia

A continuación, necesitamos conocer el momento de inercia de cada uno de los bastidores, la cual se puede hallar si tenemos en cuenta que el perfil en U que poseen puede ser dividido como una representación de tres rectángulos, lo que nos simplificará el cálculo.

Sabiendo que la fórmula para la obtención del momento de inercia de un rectángulo macizo es:

$$I_x = \frac{1}{12} * (base * altura^2)$$

Únicamente deberemos aplicar el teorema de Steiner, el cual permite la adición de elementos en el cálculo de la inercia, cuando el eje respecto al cual se está obteniendo el momento de inercia no pasa por su centro de gravedad.

$$I_{Steiner} = I_x + area * distancia_y^2$$

Así pues, ya podemos calcular los momentos de inercia de cada bastidor:

$$I_{x1} = \frac{1}{12} * (6 * 252^3) + 2 * \left(\frac{1}{12} * 70 * 6^3 + 70 * 6 * \left(\frac{252}{2} + \frac{6}{2} \right)^2 \right) = 21982464 \text{ mm}^4 = 2198,2 \text{ cm}^4$$

$$I_{x2} = \frac{1}{12} * (7.7 * 240^3) + 2 * \left(\frac{1}{12} * 70 * 7.7^3 + 70 * 6 * \left(\frac{240}{2} + \frac{7.7}{2} \right)^2 \right) = 25410977 \text{ mm}^4 = 2541,1 \text{ cm}^4$$

Lo siguiente que necesitamos conocer será el módulo resistente de cada uno de los bastidores, los cuales se calcula con la siguiente fórmula:

$$W_x = \frac{I_x}{y_{max}}$$

Siendo “ y_{max} ”, la cota más alejada del objeto del cual estamos calculando su módulo resistente, por tanto:

$$W_{x1} = \frac{2198,2}{\frac{26,4}{2}} = 166,53 \text{ cm}^3$$

$$W_{x2} = \frac{2541,1}{\frac{25,5}{2}} = 198,99 \text{ cm}^3$$

Con esto, ya conocemos las propiedades necesarias de los bastidores a usar en nuestro sistema, ahora ya estamos en situación de empezar a ver cuál sería el valor del coeficiente de seguridad correcto para garantizar la seguridad del conjunto.

En esta clase de cálculos siempre hay que mirar por el lado de la seguridad, por tanto, para obtener el coeficiente de seguridad, nos pondremos en la situación más desfavorable. Para ello, tendremos que ver en cual de la situación de las estudiadas se ha producido el flector de mayor magnitud.

Para nuestro caso, el mayor momento ocasionado, ocurre cuando la grúa está desplegada hacia la parte posterior del camión, siendo:

$$M_{fmax} = 12300 \text{ m} * \text{kg}, \text{ situado en el punto } x = 1,23 \text{ m}$$

Una vez sabemos esto, habrá que particularizar el momento máximo absorbido por cada uno de los bastidores, siendo:

$$M_{fmax} = 2 * \lambda * I_x$$

Por tanto, primero necesitaremos la constante "λ":

$$\lambda = \frac{M_{fmax}}{2 * I_{xtotal}} = \frac{1230000}{2 * (2198,2 + 2541,1)} = 129,76$$

Y, por consiguiente:

$$M_{fmax1} = 2 * 129,76 * 2198,2 = 570509,97 \text{ cm} * \text{kg}$$

$$M_{fmax2} = 2 * 129,76 * 2541,1 = 659490,03 \text{ cm} * \text{kg}$$

Sabiendo, los momentos que se producen en cada bastidor, podemos conocer por tanto la tensión causada por el flector que se soporta en ese punto, siendo su cálculo:

$$\sigma_{f1} = \frac{M_{fmax1}}{2 * W_{x1}} = \frac{570509,97}{2 * 166,53} = 1712,9 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{f2} = \frac{M_{fmax2}}{2 * W_{x2}} = \frac{659490,03}{2 * 198,99} = 1657,1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Y por tanto la del conjunto:

$$\sigma_f = \frac{M_{fmax}}{2 * W_x}, \text{ siendo } W_x = \frac{2198,2 + 2541,1}{\frac{26,4}{2}} = 359,04 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_f = \frac{1230000}{2 * 359,04} = 1712,9 \text{ cm} * \text{kg}$$

Finalmente obtenemos los coeficientes de seguridad para cada uno de los cálculos realizados:

$$X_{f1} = \frac{530 * \frac{100}{9,81}}{1712,9} = 3,15 > 3 \text{ OK}$$

$$X_{f2} = \frac{530 * \frac{100}{9,81}}{1657,1} = 3,26 > 3 \text{ OK}$$

$$X_f = \frac{530 * \frac{100}{9,81}}{1712,9} = 3,15 > \text{OK}$$

12. DISEÑO DE LOS ANCLAJES DEL CARROZADO AL BASTIDOR

Nos encontramos ante dos sistemas que necesariamente requieren de un método de unión a otras estructuras, para el correcto funcionamiento del conjunto que estamos tratando a lo largo de este proyecto.

Como ya se ha mencionado antes, el primero de ellos es el bastidor auxiliar que se encuentra situado justo en la parte superior del bastidor original dejándose apoyar sobre este directamente. Por otro lado, a este bastidor auxiliar instalado, le irá a su vez, instalado las uniones pertinentes de la grúa que se sitúa tras la cabina del vehículo y apoyado sobre este segundo bastidor y la caja abierta situado también sobre este.

En cuanto al método de unión entre elementos, y tipos de fijaciones, nos encontramos que en el mercado se usan una cierta variedad de soluciones válidas. Es por ello que nos basaremos en las recomendaciones de la propia marca IVECO.

Así pues, siguiendo el manual de carrozado de la marca, las uniones se realizarán mediante tornillos de acero de media resistencia con una calidad de 8.8, los cuales poseen las siguientes propiedades mecánicas:

Clase de resistencia	Empleo	Carga de rotura [N/mm ²]	Carga de estiramiento [N/mm ²]
8.8	Tornillos de media resistencia (travesaños, placas resistentes al corte, ménsulas)	800	640
10.9	Tornillos de alta resistencia (soportes muelles, barras estabilizadoras y amortiguadores)	1000	900

Figura 12.1. Datos técnicos de la tornillería

Fuente: Manual de carrozado de IVECO

Prestando atención de que, estos tornillos deberán estar templados para su utilización. Por otro lado, para la unión de ambos bastidores usaremos las perforaciones ya preparadas por el fabricante en los laterales del bastidor original para la colocación de los tornillos. Ambos bastidores irán unidos mediante una fijación elástica, ménsulas, tal y como se puede ver en la imagen que hay a continuación.

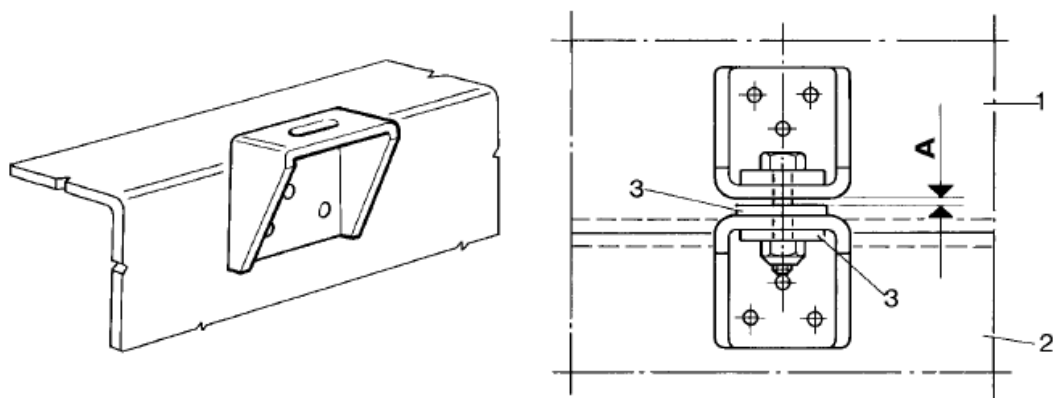


Figura 12.2. Conexión elástica

Fuente: Manual de carrozado de IVECO

El nervio superior que se aprecia en la imagen anterior irá directamente soldada al bastidor auxiliar, mientras como antes se ha mencionado, el nervio inferior irá atornillado haciendo uso de las perforaciones del bastidor original.

Para que la conexión sea elástica, antes del apriete de los tornillos, comprobar que la distancia entre las ménsulas del chasis y del contrachasis sea de 1-2 mm (cota A). Al apretar los tornillos las ménsulas tienen que estar en contacto.

Los tornillos a usar serán de métrica 14, por lo que si acudimos a la norma "UNE-EN ISO 898-1:2015" podemos observar en las tablas que aparecen que, para la métrica elegida, tenemos un área de esfuerzo nominal (A_r) de 115 mm².

12.1 ANCLAJE DE LA CAJA AL BASTIDOR

En el anclaje de la caja de carga, 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 , la cual supondremos de un valor de 20 m/s²) y de la carga (Q), es:

$$I = \frac{Q \cdot a_r}{g} \quad \text{Siendo "g", la aceleración de la gravedad.}$$
$$I = \frac{10730 \cdot 20}{9.81} = 21875.64 \text{ kg}$$

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

- Para tornillos de Grado 4.6, 5.6 y 8.8:

$$R_m = \frac{0.6 \cdot \sigma_r \cdot N \cdot A_r}{M b_\gamma} = \frac{0.6 \cdot \frac{800}{9.81} \cdot 20 \cdot 115}{1.25} = 90030.58 \text{ kg}$$

N = número de tornillos utilizado en la fijación de los bastidores, en nuestro caso 20.

A_r = sección resistente de cada tornillo, 115 mm².

σ_r = resistencia a tracción última del tornillo empleado, 800N/mm².

$M b_\gamma$ = coeficiente parcial de seguridad a la resistencia de los tornillos (1,25).

Con esto, ya podemos calcular el coeficiente de seguridad del anclaje de la caja con la carga:

$$X = \frac{R_m}{I} = \frac{90030.58}{21875.64} = 4.11 \text{ OK}$$

12.2 ANCLAJE DE LA GRÚA AL BASTIDOR

En este caso, durante la frenada, el valor de la de fuerza de inercia sufrida valdrá:

$$I = \frac{Q_g * a_r}{g} = \frac{2200 * 20}{9.81} = 4485.22 \text{ kg}$$

Al igual que en el caso anterior, para la obtención del valor de resistencia máxima a cortante debido a un anclaje con tornillos de calidad 8.8 pero en este caso en la información técnica que nos ofrece el fabricante, nos indica que se ha de usar tornillos de métrica 30 en los anclajes superiores y de métrica 24 para los anclajes inferiores, por lo que poniéndose en la situación más desfavorable se usarán para los cálculos, tornillos de métrica 24, los cuales tienen un área resistente de "353". Además, se usarán un total de 8 tornillos para su anclaje, siendo el resultado:

$$R_m = \frac{0.6 * \sigma_r * N * A_r}{M b_\gamma} = \frac{0.6 * \frac{800}{9.81} * 8 * 353}{1.25} = 110541.9 \text{ kg}$$

Y obteniendo como coeficiente de seguridad para el anclaje de la grúa al bastidor:

$$X = \frac{110541.9}{4485.22} = 24.65 \text{ OK}$$

Por último, nos quedará revisar el caso de los anclajes de la grúa, cuando esta se encuentra en posición de trabajo. Para ello se realizará el cálculo sobre la situación más desfavorable en el que se encuentre los estabilizadores una vez estén desplegados.

Este caso es, cuando la grúa está desplegada longitudinalmente al eje del vehículo hacia la parte delantera de este, donde la reacción total sobre este es:

$$R_e = 13440 \text{ kg}$$

Ahora tendremos que aplicar la fórmula para la obtención de la resistencia máxima a tracción para tornillos de calidad 8.8:

$$R_m = \frac{0.9 * \sigma_r * N * A_r}{M b_\gamma} = \frac{0.9 * \frac{800}{9.81} * 8 * 353}{1.25} = 165813 \text{ kg}$$

Así pues, el coeficiente de seguridad para esta situación se obtendrá como:

$$X = \frac{R_m}{R_e} = \frac{165813}{13440} = 13.34 \text{ OK}$$

13. ESTUDIO DE ESTABILIDAD

Una vez que la seguridad estructural del sistema es la aceptable, se pasará a estudiar, si cuando se encuentra en marcha, dada ciertas situaciones, como al trazar curvas, subir pendientes o atravesar zonas con cierto peralte en la carretera, realmente el vehículo modificado es estable en su totalidad, no produciéndose ningún fenómeno como el vuelco o derrape.

Para comenzar a tener datos con los que obtener resultados, lo primero será obtener tanto la posición como la altura respecto al suelo del centro de gravedad del sistema. Esto se consigue conociendo el c.d.g. de cada uno de los elementos por separado que compone el sistema, es decir, el vehículo, la grúa y la caja abierta.

Conocemos el c.d.g. tanto de la grúa como de la caja, a falta de conocer la del vehículo, el cual se procederá a continuación de su obtención. Lo primero por tanto será conocer la posición en la que se encuentra a lo largo del eje longitudinal del vehículo, para ello simplemente se tendrá que realizar un sumatorio de momentos respecto al eje delantero por ejemplo y despejar la única incógnita que aparecerá (Figura 13.1):

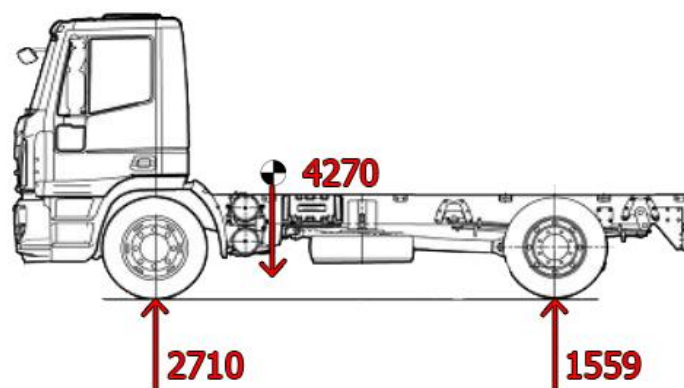


Figura 13.1. Esquema de distribución de masas

Fuente: Elaboración propia

$$\Sigma M_a = 0; \quad 1159 * 3690 - 4270 * X_G = 0$$

$$X_G = 1001.57 \text{ mm}$$

Lo siguiente será, por tanto, averiguar la altura respecto al suelo a la que se encuentra el centro de gravedad del vehículo. Esta información se puede conseguir procediendo de una manera similar a la anterior, solo que situando al vehículo en un plano inclinado (Figura 13.2). Para nuestro caso, lo situaremos en un plano con una inclinación del 30% (pendiente máxima típica en la que se sitúa a los vehículos en parado).

Esta clase de inclinación corresponde a su vez:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{30}{100}\right) = 16.7^\circ$$

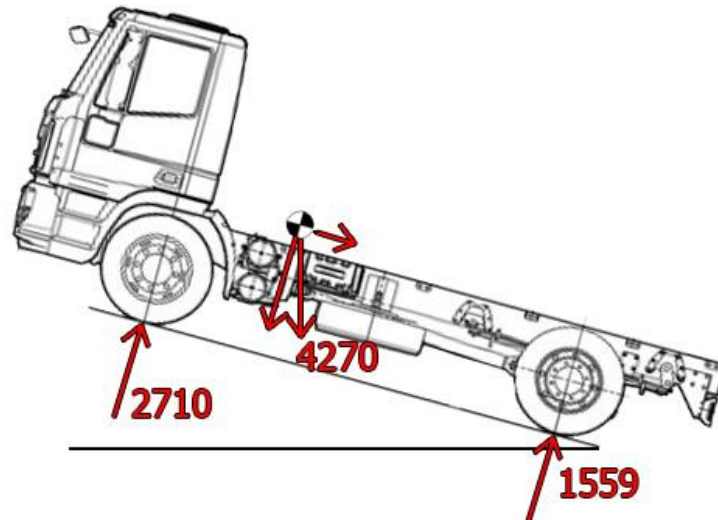


Figura 13.2. Esquema de distribución de masas

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, si volvemos a realizar sumatorio de momentos respecto al eje delantero, forzaremos tal y como aparece de forma esquemática en la imagen anterior, que la componente horizontal del peso del camión produzca un momento con respecto a la altura a la que se encuentre, es decir, la incógnita que se necesita.

$$\Sigma M_a = 0; \quad 1559 * 3690 - 4270 * 1001.57 - 4270 * \cos 30 * h_g = 0$$

$$h = 426.23 \text{ mm}$$

Esta información obtenida, representa en realidad, la altura a la que se encuentra respecto a los ejes del vehículo, es por ello que para saber la altura a la que se encuentra el c.d.g. respecto al suelo, será necesario sumarle el radio del neumático del vehículo.

En concreto nos encontramos de serie con unos neumáticos 305/70 R 19,5, por tanto, el valor del radio del neumático será:

$$h_r = \frac{19.5 * 25.4 + 2 * (0.7 * 305)}{2} = 461.15 \text{ mm}$$

Que sumado a lo anterior:

$$h_g = h + h_r = 887.39 \text{ mm}$$

Los datos del c.d.g. de la grúa se obtendrán a partir de la ficha técnica que podemos obtener de la marca “FASSI”. En cuanto a las cotas del c.d.g. de la caja, dado que estos datos dependen de la cantidad de carga que soporte y de cómo esta esté distribuida, se realizarán las siguientes condiciones:

- La coordenada horizontal, se situará en la mitad de la longitud total de la caja, correspondiendo así, a una carga uniformemente distribuida.
- En cuanto a la cota horizontal, si accedemos a la información que nos proporciona el Ministerio de Fomento, nos indica, que la altura máxima que puede alcanzar un camión con carga incluida es de 4 metros. Dada que la situación más favorable para la estabilidad de un vehículo es que su c.d.g. este lo más cerca del suelo posible, para este estudio, lo situaremos en una posición desfavorable de la mitad de la altura máxima de la caja.

Quedando así, la siguiente tabla con los datos correspondientes:

	X_G (mm)	h_G (mm)	M (kg)
Camión	1001,57	887,39	4267
Grúa	950	2013	2200
Caja+carga	3480	2559	8533

Ahora nos encontramos en situación de calcular el c.d.g. del sistema aplicando las siguientes ecuaciones:

$$\sum h_i * m_i = h_G * M$$

$$\sum x_i * m_i = X_G * M$$

Obteniendo así:

$$X_t = \frac{1001.57 * 4267 + 950 * 2200 + 3480 * 8530}{15000} = 2403.2 \text{ mm}$$

$$h_t = \frac{887.39 * 4267 + 2013 * 2200 + 2559 * 8533}{15000} = 2003.4 \text{ mm}$$

13.1 ESTABILIDAD LONGITUDINAL

Para estar ante un caso de estabilidad longitudinal aceptable, se deberán cumplir una serie de condiciones. La primera de ellas es 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, también ha de verificarse para que el vehículo no deslice que:

$$F_a > R_p$$

Siendo:

$$F_a = Q_T * \cos \alpha * \mu_a, \text{ la fuerza total de adherencia}$$

$$R_p = Q_T * \sin \alpha, \text{ resistencia al movimiento del vehículo debida a la pendiente}$$

Además de ser " μ_a ", el coeficiente de adherencia, el cual en la práctica, y en el caso que nos ocupa suele tomar el valor de 0.6.

Estas dos condiciones, las cuales son necesarias que se cumplan, pueden combinarse conjuntamente en una expresión:

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

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 $\tan \alpha = 0,3$ (30%) con vehículo parado y $\tan \alpha = 0,4$ (40%) con vehículo en movimiento.

$$\begin{aligned} \mu_a &= 0.6 > \tan \alpha = 0.4 \\ \tan \alpha &= 0.4 < \frac{c_g}{h} = \frac{3690 - 2403.2}{2003.4} = 0.642 \end{aligned}$$

13.2 ESTUDIO TRANSVERSAL

A continuación, se estudiará la estabilidad transversal del vehículo, prestando atención a partir de qué condiciones, existe riesgo de derrape, incluso de vuelco del sistema. Para ello, los cálculos se realizarán para cuando el vehículo atraviesa recorridos con una radio de curvatura determinados, a la vez de que se encuentre sobre un cierto peralte del terreno.

Para entender mejor como estos riesgos se producen es necesario aclarar que al describirse una trayectoria con cierta curvatura con un vehículo, aparece aplicado en su centro de gravedad una fuerza centrífuga, la cual tiende al vehículo hacia el exterior de la curva, produciéndose un esfuerzo lateral, el cual el vehículo compensa con las fuerzas de adherencia entre el neumático y el vehículo, y un momento del vuelco, siempre y cuando el sistema no derrape, ya que si se aumenta hasta cierto punto la velocidad, se llegará a una situación en la cual estas fuerzas que compensan este esfuerzo lateral no sea suficiente y por tanto se pierda la estabilidad del vehículo (Figura 13.3).

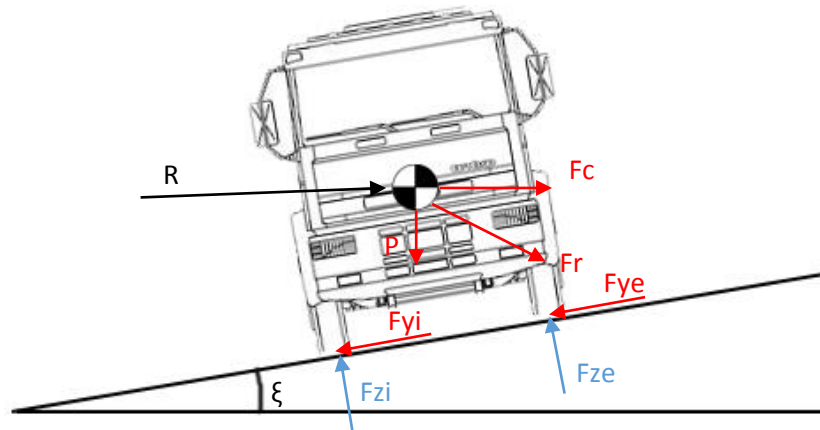


Figura13.3. Esquema fuerzas aplicadas

Fuente: Elaboración propia

R	Radio de la curva
ξ	Peralte de la curva
F _c	Fuerza centrífuga
F _{zi}	Fuerza normal de adherencia entre el suelo y los neumáticos interiores
F _{yi}	Fuerza tangencial de adherencia entre el suelo y los neumáticos interiores
F _{ze}	Fuerza normal de adherencia entre el suelo y los neumáticos exteriores
F _{ye}	Fuerza tangencial de adherencia entre el suelo y los neumáticos exteriores

13.2.1 CÁLCULO DE LAS VELICIDADES LÍMITES DE VUELCO

Si nos fijamos en el esquema de fuerzas que aparecen sobre el vehículo en la imagen anterior, podemos separar estas fuerzas según los ejes "Y" y "Z", de la siguiente manera:

$$F_y = F_c * \cos \xi - P * \sin \xi$$

$$F_z = P * \cos \xi - F_c * \sin \xi$$

Por tanto, la ecuación para que se produzca el vuelco, puede escribirse como:

$$\frac{F_y}{F_z} = \frac{F_c * \cos \xi - P * \sin \xi}{P * \cos \xi - F_c * \sin \xi} = \frac{A_v}{h}$$

Siendo "A_v", el ancho de la vía del vehículo, "h", la altura a la que se encuentra el c.d.g. del sistema. Por otra parte, tenemos que la fuerza centrífuga se calcula como:

$$F_c = \frac{P * V^2}{g * R}$$

Siendo “V”, la velocidad del camión, “g”, la aceleración de la gravedad y “R”, el radio de curvatura en el que se encuentra el vehículo. Si sustituimos esta última expresión en la de la ecuación del vuelco y la despejamos para aislar la variable de la velocidad nos queda:

$$V = \sqrt{\frac{g * R * \left(\frac{A_v}{2 * h} + \tan \xi\right)}{1 - \frac{A_v}{2 * h} * \tan \xi}}$$

Esto en el caso de que exista un cierto peralte, pero en el caso de que no lo hubiera la expresión anterior se reduciría a:

$$V = \sqrt{\frac{g * R * A_v}{2 * h}}$$

Quedándonos, en esta última expresión que el valor de la velocidad dependerá del radio de curvatura al que sometamos el vehículo.

En cuanto al ancho de la vía, dado que el del eje delantero es diferente al del trasero, como valor se escogerá, el valor medio entre ambos ejes, siendo:

$$A_v = \frac{A_d + A_t}{2} = \frac{1970 + 1815}{2} = 1892.5 \text{ mm}$$

Para los valores del radio y el peralte de la curva, se tendrá en cuenta:

Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras. «BOE» núm. 55, de 4 de marzo de 2016 (237 págs.). “<https://www.boe.es/boe/dias/2016/03/04/pdfs/BOE-A-2016-2217.pdf>”

En esta orden, se especifican los criterios, parámetros y valores que deben satisfacer la totalidad de las carreteras integrantes de cualquier red viaria española.

Será útil para el presente cálculo la norma acerca de radios mínimos a adoptar en función de la velocidad, así como los valores a adoptar en función de los peraltes máximos.

La velocidad específica de la curva es la que evalúa la norma, teniendo en cuenta unos parámetros de seguridad.

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	A-140 y A-130		A-120, A-110, A-100, A-90, A-80 y C-100		C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40	
	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)
140	1 050	8,00	--	--	--	--
130	850	8,00	--	--	--	--
120	--	--	700	8,00	--	--
110	--	--	550	8,00	--	--
100	--	--	450	8,00	--	--
90	--	--	350	8,00	350	7,00
80	--	--	250	8,00	265	7,00
70	--	--	--	--	190	7,00
60	--	--	--	--	130	7,00
50	--	--	--	--	85	7,00
40	--	--	--	--	50	7,00

Figura 13.1. Criterios en función de la velocidad

Fuente: Ministerio de Fomento

Si bien con esta información, los vamos sustituyendo con los diferentes datos de la tabla anterior podremos ir comparando si efectivamente, nuestro vehículo cumple las velocidades establecidas (Tabla 13.1):

	Ve(Km/h)	Rmin(m)	$\xi_{max}(\%)$	V(Km/h)	
GRUPO 1	140	1050	8,00%	276,84	SI
	130	850	8,00%	249,08	SI
GRUPO 2	120	700	8,00%	226,04	SI
	110	550	8,00%	200,36	SI
	100	450	8,00%	181,24	SI
	90	350	8,00%	159,83	SI
	80	250	8,00%	135,08	SI
GRUPO 3	90	350	7,00%	157,99	SI
	80	265	7,00%	137,48	SI
	70	190	7,00%	116,41	SI
	60	130	7,00%	96,29	SI
	50	85	7,00%	77,86	SI
	40	50	7,00%	59,72	SI

Tabla 13.1. Verificación de los límites de vuelco

Fuente: Elaboración propia

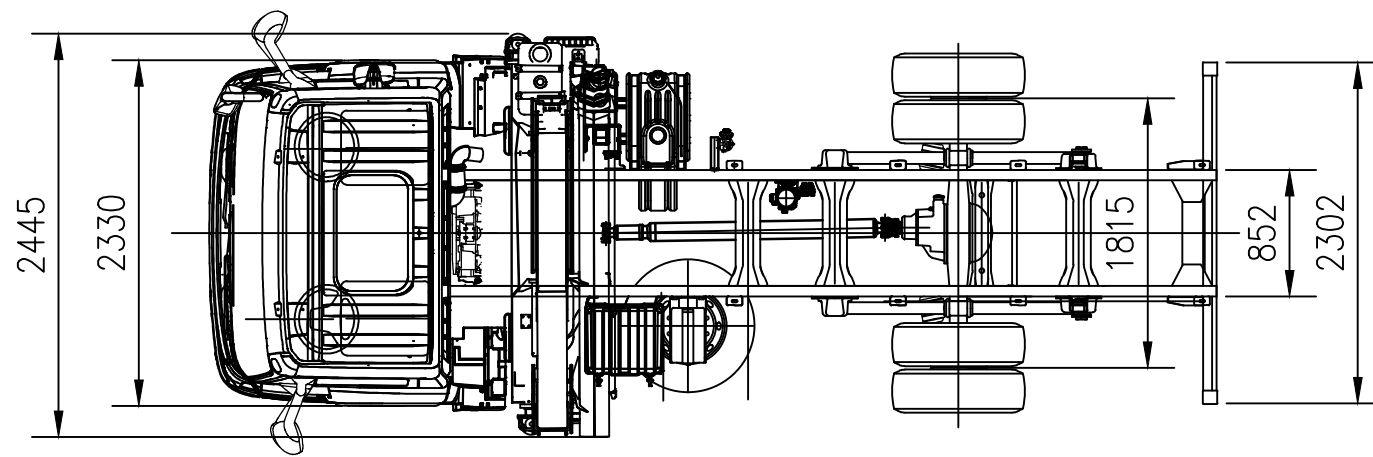
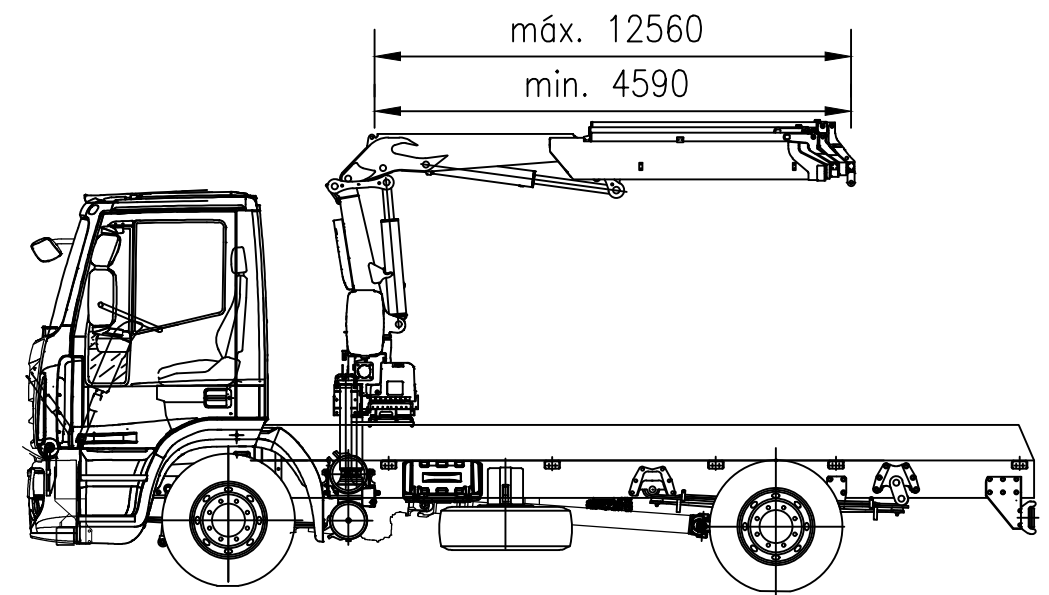
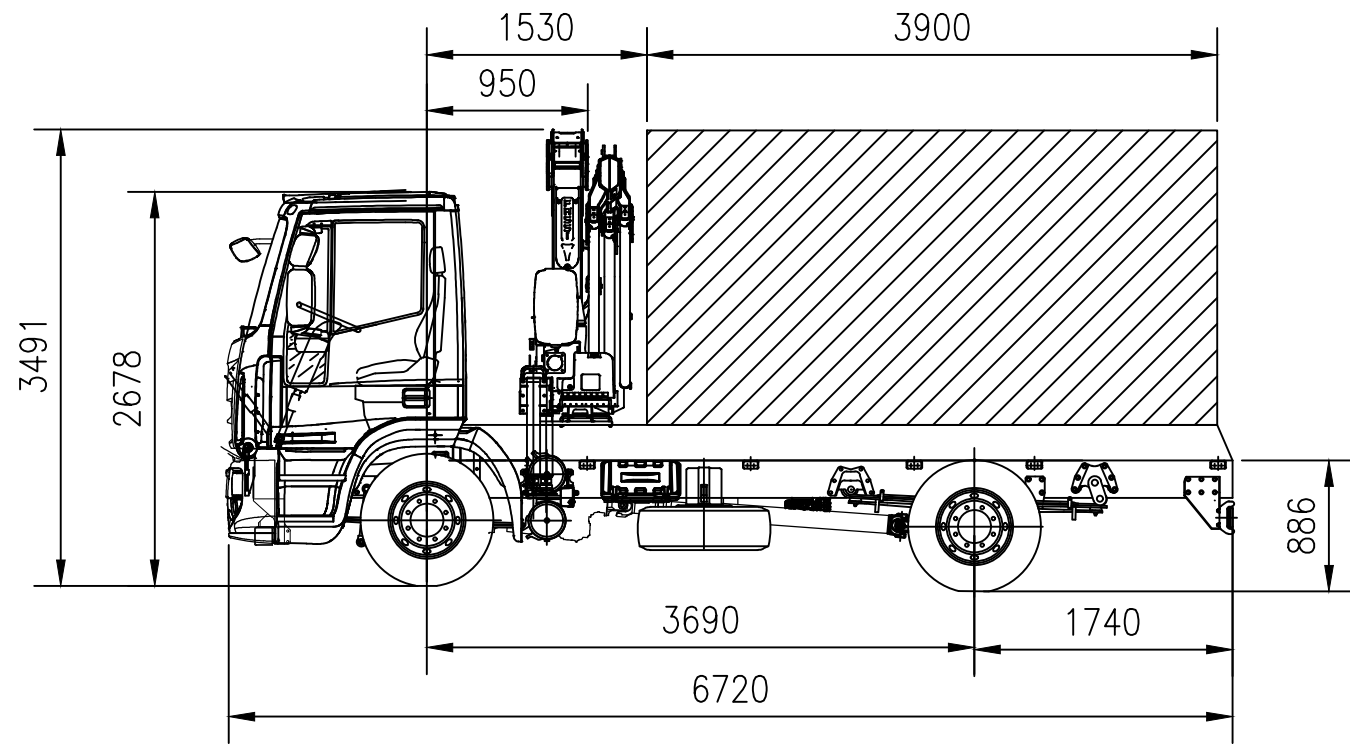
Como se puede observar, todas las exigencias son cumplidas con un amplio margen para curvas con un radio mayor y siendo menor cuando el vehículo se encuentra ante una curva más cerrada.

De igual manera es interesante aplicar esto mismo, a cuando no existe peralte, aplicando la fórmula anteriormente descrita (Tabla 13.2):

Rmin(m)	V(Km/h)	Rmin(m)	V(Km/h)
1050	251,13	500	173,29
1000	245,08	450	164,40
950	238,87	400	155,00
900	232,50	350	144,99
850	225,95	300	134,23
800	219,20	250	122,54
750	212,24	200	109,60
700	205,04	150	94,92
650	197,59	100	77,50
600	189,83	50	54,80
550	181,75	40	49,02

Tabla 13.2 .Comprobación de velocidades sin peralte

Fuente: Elaboración propia



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	Universitat Politécnica de Valencia
<i>Dibujado</i>			<i>Javier</i>	
<i>Comprobado</i>				
<i>id. s. normas</i>				
<i>Escala:</i>	Plano de conjunto			<i>Lamina n. 1</i>
1:50				<i>N. Alumno:</i> Javier Navarro Piza <i>Curso:</i> 4º

PLIEGO DE CONDICIONES

1. OBJETO

En este presente documento, tiene por objetivo, describir los actos reglamentarios que afectan a una reforma de este tipo, así como los aspectos técnicos de los materiales utilizados que hacen posible el sistema final de la instalación de una grúa hidráulica articulada sobre un camión que conforma el proyecto tratado, para la garantizar la seguridad y estabilidad del mismo. Concretamente, este documento dará a conocer el correcto procedimiento a la hora de añadir un bastidor auxiliar, así como los anclajes necesarios.

Seguidamente, se explicará las normas de ejecución referentes a la instalación de los diferentes elementos, así como la mención de las diferentes exigencias a cumplir para la obtención de los diferentes certificados y autorizaciones para la legalización del vehículo.

2. ACTOS REGLAMENTARIOS











Si se acude al “Manual de Reformas de Importancia”, más concretamente al apartado “Vehículos de categorías M, N y O, Grupo N°8. Carrocería (8.40)”, se observa que los actos reglamentarios a los cuales se ha de prestar atención en una reforma de este tipo, son los siguientes:

- Cerraduras y bisagras (70/387/CEE)→ Esta directiva es relativa a las puertas de los vehículos a motor y sus remolques, así como al progreso técnico mediante la mejora de la seguridad de los usuarios de determinados vehículos industriales en cuanto al acceso y a la salida del habitáculo del conductor.
- Acondicionamiento interior (74/60/CEE)→ Esta directiva es relativa al acondicionamiento interior en lo que concierne al comportamiento del dispositivo de conducción en caso de choque y concretamente las relativas al reposacabezas, al anclaje de los cinturones de seguridad y a la identificación de los mandos.
- Parásitos radioeléctricos (72/245/CEE)→ Esta directiva es relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la supresión de parásitos radioeléctricos producidos por los motores de encendido con los que están equipados los vehículos a motor.
- Masas y dimensiones, automóviles (92/21/CEE)→ Esta directiva es relativa a los límites impuestos tanto en dimensionalidad de cada una de las cotas generales, así como en lo referente tanto a la masa máxima del vehículo, así como de ciertos elementos y partes del mismo.
- Masas y dimensiones, resto de vehículos (97/27/CEE)→ Esta directiva es relativa a la armonización total de los requisitos técnicos para los vehículos de motor es necesaria para el buen funcionamiento del mercado interior al tiempo que se garantiza un alto nivel de seguridad para el público.

3. CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

3.1 GRÚA HIDRÁULICA ARTICULADA

Como uno de los elementos principales en la reforma, se dotará a un vehículo de una grúa hidráulica articulada. Para el caso que nos compete la grúa a instalar se trata del modelo de la marca FASSI, más concretamente la versión F165A e-dynamic, sobre la cual se adjuntan las consiguientes especificaciones técnicas:

													
	kNm	tm	m	m	°	kNm	MPa	l/min	l	kg	mm	mm	mm
F165A.2.24	147	14,98	12,55	7,95	416	21,5	32	40 - 60	90	2200	2455	945	2365

Siendo el significado de cada símbolo:

											
Capacidad de elevación	Brazo standard	Extensión hidráulica	Ángulo de rotación	Potencia de rotación	Presión de trabajo	Capacidad de la bomba	Capacidad depósito aceite	Peso de la grúa	Anchura de la grúa	Anchura de montaje	Altura de la grúa

Por otra parte, tenemos características facilitada por el fabricante:

- **BASE** - Base y parte inferior de la columna de fusión de acero para una distribución ideal de los esfuerzos y para una resistencia superior. La ausencia de soldaduras confiere a la grúa excepcionales características de resistencia a la fatiga.
- **PATINES DE GUÍA** - Patines de guía de los brazos extensibles, con montaje "forzado" para reducir las holguras verticales y laterales, garantizando una vida útil más larga. Patines especiales con elevado grado de deslizamiento y baja necesidad de engrase.
- **DEPÓSITO** - Depósito de material plástico especialmente resistente al golpe y a la acción corrosiva de cualquier elemento externo.
- **SISTEMA DE LUBRICACIÓN** - Sistema de lubricación centralizada de la base para garantizar un acceso más fácil en las operaciones de mantenimiento y control.
- **ESTABILIZADORES** - Estabilizadores a extensión manual también en versión "Extra extensible". Disponibilidad opcional de los estabilizadores a extensión hidráulica en versión estándar, "Extra extensible" y "Súper Extra extensible" con tubos por el interior del soporte de los estabilizadores. Disponibilidad opcional de estabilizadores rotantes manual o hidráulico.

3.2 BASTIDOR AUXILIAR Y NERVIOS DE UNIÓN

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. Por otro lado, para la realización de una unión elástica entre bastidores, se fijarán a cada bastidor un nervio del mismo material que el del auxiliar

El material a usar para ambos, será el recomendado por el fabricante del vehículo de marca IVECO, el cual podemos encontrar junto con sus especificaciones en su manual de carrozado. En el caso de no disponer del material a continuación descrito, se podrá usar uno de propiedades similares o superiores, nunca siendo menores en ningún caso. En el caso de que se quiera una altura más reducida a la encontrada en la memoria del bastidor auxiliar, se pueden utilizar materiales con características mecánicas superiores, con lo que hay que tener en cuenta que la reducción del momento de inercia del perfil de refuerzo implica flexiones y esfuerzos más elevados en el chasis principal. Por otro lado, en el caso de usarse un material distinto al recomendado por el fabricante, este ha de poseer unas buenas condiciones de soldabilidad.

A continuación, las propiedades mecánicas del material elegido y recomendado:

Denominación acero		Carga de rotura [N/mm ²]	Carga de estiramiento [N/mm ²]	Alargamiento
IVECO	Fe E420	530	420	21%
Europe	S420MC			
Germany	QStE420TM			

3.3 FIJACIONES 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, 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. Con esta configuración para la unión se consigue que las vibraciones que aparecerán en la marcha habitual de vehículo no consigan aflojar el atornillado. Para la fijación de los tornillos del bastidor original se utilizarán los soportes que vienen preinstalados de fábrica.

A continuación, se describen las propiedades de la fijación entre los bastidores:

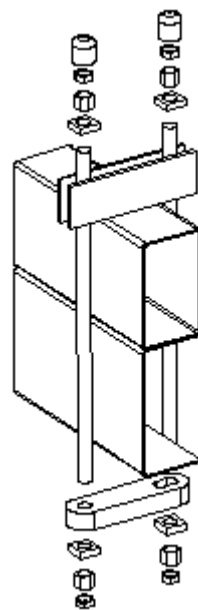
- N = número de tornillos utilizado en la fijación de los bastidores 20 unidades.
- Sección resistente de cada tornillo, 115 mm².
- Resistencia a tracción última del tornillo empleado, 800N/mm².
- Tornillos de calidad 8.8
- Con una métrica de 14 mm

4. NORMAS DE EJECUCIÓN

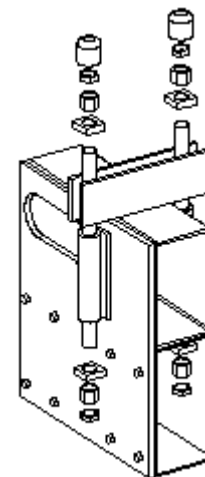
En este apartado, una vez se han detallado los materiales a emplear, se pasará a describir los trabajos necesarios para el montaje de la grúa, del bastidor auxiliar sobre el del vehículo y de la fijación a ejecutar entre ambos.

4.1 GRÚA HIDRÁULICA ARTICULADA

Una vez situada la grúa en el lugar indicado, para una correcta conexión con el chasis del vehículo se deberán usar las siguientes configuraciones de unión según el lado al que deba anclarse siendo (Figura 3.1):



Anclaje al larguero izquierdo



Anclaje al larguero derecho

Figura 3.1. Método de fijación

Fuente: FASSI

4.2 BASTIDOR AUXILIAR

Debe procurarse, en la medida de lo posible, que el camión tenga el c.d.g. lo más bajo posible. En caso de caja fija, para evitar el deslizamiento longitudinal, deberá haber un un tope de inercia, mediante la sujeción rígida al chasis, en la parte trasera de la carrocería. Los largueros de la caja que asientan sobre el chasis, deben hacerlo en toda su longitud y adaptando de alguna manera su perfil al ala superior de los largueros del bastidor del chasis. Para ello la unión será realizada mediante un falso chasis o sobrechasis, que distribuya la carga uniformemente a lo largo del autobastidor en toda su longitud utilizable, desde la parte trasera de la cabina.

Los largueros de la estructura adicional deben ser continuos y extenderse todo lo posible hacia la parte delantera del vehículo y hacia la zona del soporte trasero del muelle delantero; además se deben apoyar en el chasis y no en las ménsulas. Para reducir gradualmente la sección resistente, se debe ahusar la altura de los extremos delanteros del perfil con un ángulo no superior a 30° u otra forma de ahusado de función equivalente (véase Figura 3.2); en el extremo delantero en contacto con el chasis se debe colocar adecuadamente un racor con radio mínimo de 5 mm.

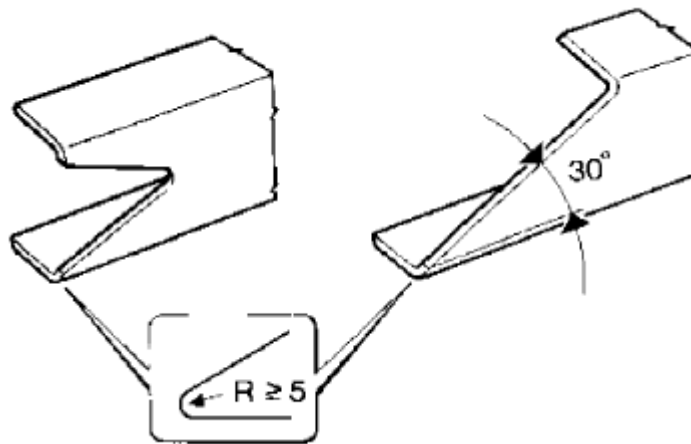


Figura 3.2. Reducción de la sección

Fuente: Manual de Carrozado Iveco

En los casos en que los componentes de la suspensión trasera de la cabina no permitan el paso de toda la sección del perfil, ésta se puede realizar como en la Figura 3.3. Si, por motivos de fabricación, se producen elevados momentos de flexión en la parte delantera del chasis (por ej.: en el caso de grúa con campo de trabajo en la parte delantera del vehículo), el perfil del contrachasis debe contar con las dimensiones adecuadas en modo de poder soportar dichos esfuerzos.

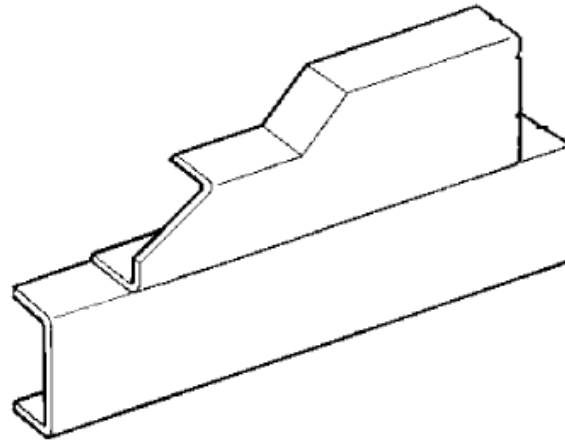


Figura 3.3. Ejemplo de modificación

Fuente: Manual de Carrozado Iveco

Es necesario contar con una continuidad de apoyo entre los perfiles del contrachasis y los del chasis; si no se puede lograr, se puede restablecer la continuidad interponiendo bandas de chapa o de aleación ligera. Si se interpone un elemento antiarastre de goma, se aconsejan características y espesores similares a los adoptados por la producción normal (dureza de 80 Shore, espesor máx. de 3 mm). Su utilización puede evitar acciones abrasivas que podrían generar fenómenos de corrosión en la combinación entre materiales de distinta composición (por ej.: aluminio y acero).

4.3 TRAVESAÑOS

Un número suficiente de travesaños, a posicionar posiblemente en correspondencia a las fijaciones del chasis, para este caso se recomienda utilizar el mismo número de travesaños que utilizar el propio vehículo original haciéndolos a ambos coincidir en posición. Tiene que reforzar contraviento los dos perfiles del contrachasis. Los travesaños pueden ser de sección abierta (por ejemplo, en C), o de sección cerrada si se quiere dar una mayor rigidez.

En su conexión deben utilizarse angulares idóneos, como se muestra en la Figura 3.4, para brindar una adecuada resistencia a la conexión.

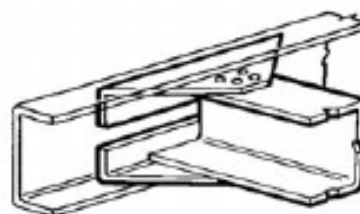


Figura 3.4. Ejemplo de angulares

Fuente: Manual de Carrozado Iveco

Si se desea obtener una mayor rigidez en la conexión, se puede intervenir según lo representado en la Figura 3.5.

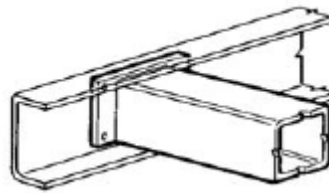


Figura 3.5. Travesaño de sección cerrada

Fuente: Manual de Carrozado Iveco

4.4 FIJACIONES Y ANCLAJES

Se usarán uniones elásticas mediante ménsulas a lo largo de todo el bastidor siendo el número, dimensionamiento y realización de las fijaciones, distribuidos adecuadamente en la longitud del contrachasis, para garantizar una buena conexión entre chasis y contrachasis.

Los tornillos y los bornes tienen que tener un material con una clase de resistencia no inferior a 8.8, las tuercas tienen que tener un sistema para evitar que se desenrosquen. Al ser posible hay que posicionar la primera fijación, a una distancia de unos 250-350 mm desde el extremo anterior del contrachasis con la finalidad de mejorar la entidat de los esfuerzos del chasis y aportar mayor estabilidad, si fuera necesario, prever de conexiones adicionales.

Se usarán preferiblemente los elementos de conexión ya dispuestos a lo largo del bastidor original del vehículo.

Para que la conexión sea elástica, antes del apriete de los tornillos, comprobar que la distancia entre las ménsulas del chasis y del contrachasis sea de 1-2 mm; si la distancia es mayor, reducirla con espesores adecuados. Al apretar los tornillos las ménsulas tienen que estar en contacto. La utilización de tornillo de longitud adecuada favorece la elasticidad de la conexión. Las ménsulas se deben aplicar en el nervio de los largueros del vehículo mediante tornillos o clavos. Para soportar mejor las cargas en sentido transversal, las ménsulas se colocan normalmente de modo que verticalmente haya una ligera parte sobresaliente respecto al hilo superior del chasis. Si hay que colocar las

ménsulas exactamente a ras, la guía lateral para la superestructura tiene que estar asegurada tomando otras precauciones (Figura 3.6).

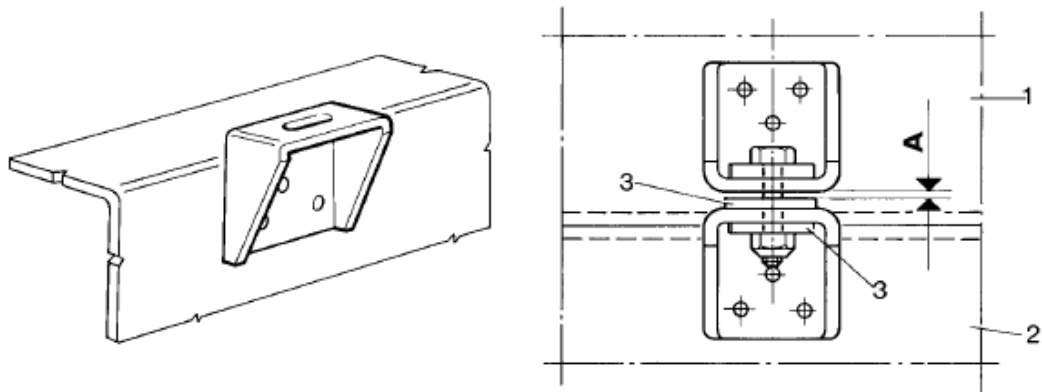


Figura 3.6. Fijación elástica

Fuente: Manual de Carrozado Iveco

5. CERTIFICADOS Y AUTORIZACIONES

En general, se deberá cumplir en la tramitación de la reforma de la legislación vigente y, en concreto, se requiere la siguiente documentación:

- Instancia firmada por el propietario del vehículo.
- Impreso de revisión (relación de características).
- Ficha Técnica y Permiso de Circulación (originales y fotocopias).
- Autorización por el fabricante del vehículo para la reforma a efectuar.
- El presente Estudio Técnico visado por el Colegio correspondiente.
- Certificado de ejecución de la reforma en el que se indique explícitamente que se ajusta a las condiciones del fabricante y del Estudio Técnico, firmado por el Técnico que ha dirigido la reforma, indicando el taller ejecutor de la reforma y la fecha en que se llevó a cabo.
- Fotocopia de la hoja de inscripción en el Registro Industrial del taller ejecutor de la reforma.

6. TALLER EJECUTOR

El taller ejecutor de la reforma ha de estar correctamente registrado en Industria, con el correspondiente número de registro industrial.

Además, deberá disponer de todos aquellos elementos necesarios para la realización de la reforma de importancia del vehículo.

La reforma descrita en este proyecto se llevará a cabo en los talleres TRANSGRUAS con domicilio a efectos de notificación en la localidad de “Crta. C-17 Km 17 (Pol.Ind. El Batzacs) / 08185 Lliçà de Vall”

El Ingeniero Mecánico, colegiado nº 50047. Javier Navarro Piza

PRESUPUESTO

Coste del Proyecto Técnico	2.500,00 €
Coste de la Reforma	23.730,00 €
Coste Certificados	
Certificado Final de Obra	150,00 €
Informe de Conformidad	300,00 €
Certificado del Taller	90,00 €
Subtotal	26.770,00 €
21% IVA	5.621,70 €
Precio Final	32.391,70 €

BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2015). Manual de Reformas de Vehículos.
- IVECO (2016). Directivas para la transformación y el equipamiento de los vehículos.
- Santiago Baselga Ariño (2013). Manual Teórico Sobre Reformas de Vehículos.
- ANFAC (2012). Estadísticas de parque de vehículos. Recuperado el 1 de Septiembre de 2016, de: http://www.anfac.com/estadisticas.action?accion=estad_parque
- ASCATRAVI (2013). Producción de Carrocerías. Recuperado el 1 de Septiembre de 2016, de: <http://www.ascatravi.org/index.php/blog/24-ascatravi/127-produccion-de-carrocerias>
- Ingemecánica. Biblioteca de Proyectos. Recuperado el 1 de Septiembre de 2016, de: <http://ingemecanica.com/proyectos/proyectos.html#vehiculos>
- IBB IVECO. Fichas Técnicas. Recuperado el 1 de Septiembre de 2016, de: http://ibb.iveco.com/Commercial%20Sheets/Spain%20and%20Portugal%2FSpain%2FEURO%203%20DESCATALOGADA%2F02_GAMA_MEDIA%2fIR_ML150E18_9v.pdf
- FASSI. Grua Fassi F165A e-dynamic. Recuperado el 1 de Septiembre de 2016, de: <https://www.fassi.com/es/fassi-camiones-grua/gruas-medianas/f165a-e-dynamic.html>
- Instituto de Estadística de Cataluña. Matriculación de vehículos. Recuperado el 1 de Septiembre de 2016, de: <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=590&lang=es>