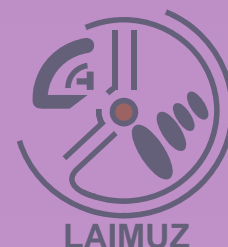


BASES TEÓRICAS SOBRE REFORMAS DE IMPORTANCIA DE VEHÍCULOS

PRIMERA EDICIÓN

Santiago Baselga Ariño



AUTOR:

DR. SANTIAGO BASELGA ARIÑO

**PROFESOR DE AUTOMÓVILES Y FERROCARRILES DE LA
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**

**DIRECTOR DEL LABORATORIO DE AUTOMÓVILES DEL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD
DE ZARAGOZA (LAIMUZ)**

A MERCHE, quien tanto quiero, y a
mis niños MARIO y CAROLINA, que
tanta alegría y compañía me dan.

PRESENTACIÓN

La realización de reformas de importancia sobre vehículos viene ejecutándose desde el mismo instante en que se concibió el primer vehículo. Así, las conocidas como *tuning* o *personalización del vehículo* han sido realizadas en mayor o menor medida sobre todo tipo de vehículos, ya que es muy posible que cualquier vehículo construido de forma *general* para cualquier usuario *genérico*, requiera unas matizaciones específicas para cada usuario tales que le permitan sacar mayor partido al bien adquirido. Tan reforma llega a ser la personalización de un turismo al montar un alerón o unos faldones, como el instalar una grúa en un vehículo industrial. Quizá por el uso más laboral del segundo frente a un planteamiento más deportivo del primero la gente entiende que estamos hablando de cosas diferentes, pero a efectos de reglamentación nos encontramos con situaciones que presentan muchos aspectos en común. Ambas reformas deben legalizarse debidamente; es aquí donde comienzan los problemas.

Todo vehículo que circule por el estado español está sometido a una reglamentación que debe cumplir inexcusablemente. La realización de reformas de importancia sobre vehículos no está unificada a nivel de la Unión Europea por lo que cada país ha desarrollado su propia reglamentación. En España tenemos que atenernos a aquello que indica el RD 736/88, y las Órdenes Ministeriales posteriores que la completan en ciertos aspectos. Será por tanto necesario que todo técnico que se dedique a realizar proyectos sobre reformas, conozca la citada reglamentación y toda aquella anexa o derivada relacionada con los vehículos a motor y sus remolques, con vehículos agrícolas y con motocicletas. En esta publicación se da un paseo por parte de la extensa y variante reglamentación relacionada con la temática, para comentar de este modo cuales son los mínimos requerimientos reglamentarios que se deben aplicar para realización y legalización de reformas de importancia sobre vehículos de carretera.

La justificación técnica, desarrollada y plasmada en un proyecto técnico, es obligatoria en gran parte de situaciones en las que se han realizado modificaciones sobre vehículos. Es por ese motivo que se completan varios capítulos necesarios para formar al calculista en diversos campos relacionados con metodología de cálculo de sistemas y componentes, conceptos de mecánica, elasticidad y resistencia de materiales, etc, para determinar y cuantificar numéricamente la cualificación técnica de la reforma ejecutada, si bien ello no exime de que alguno de ellos deba completarse posteriormente mediante ensayos reales sobre vehículo.

No debemos olvidarnos de aquellos consejos que el propio fabricante del vehículo tiene desarrollados en sus manuales de carrozado, y de la normativa existente de carácter nacional y europeo para la realización de diversas operaciones tales como uniones atornilladas o soldadura. Este apartado también será objeto de desarrollo en esta publicación para facilitar que el pliego de condiciones que se debe adjuntar con el proyecto de reforma contemple todos estos requerimientos básicos para una buena ejecución de la obra.

La redacción de los capítulos de conceptos generales de materiales, elasticidad y resistencia de materiales, normas de carrozado, cálculo de sistemas vehiculares, etc. es el resultado del trabajo de recopilación, estudio y procesado de la información obtenida de diversas fuentes y autores de relevancia que han desarrollado una inestimable labor en el análisis y entendimiento del automóvil y su entorno.

Mencionar que esta publicación ha sido llevada a cabo según un planteamiento didáctico a partir de las conclusiones extraídas de la explicación de esta materia a varias promociones de alumnos de Ingeniería. Para el desarrollo de la misma se ha buscado que el procedimiento seguido sea adecuado para un rápido entendimiento de los conceptos estudiados.

El trabajo ha sido elaborado con la ayuda de colaboradores del Laboratorio de Automóviles del Dpto. de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza (LAIMUZ), tanto en el desarrollo de la Herramienta informática PRAXIS-REFORMAS DE VEHÍCULOS, como en algunos desarrollos analíticos. Entre ellos considero apropiado agradecer la labor de mis compañeros Jesús Ortiz, Jesús María de Velasco Sáenz y Patricia Abadía.

Sin más, queda despedir esta presentación con el agradecimiento del lector interesado en el contenido de esta obra.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE ANALÍTICO	PÁGINA
CAPÍTULO - 1 - NORMATIVA BÁSICA PARA REFORMAS	1
1.1 Introducción	1
1.2 Jerarquía normativa; pirámide de Kelsen	1
1.3 Reglamentación básica aplicada a vehículos y sus transformaciones	6
1.3.1 Revisión histórica de la reglamentación	6
1.3.2 Real decreto 736/1988 y Órdenes Ministeriales	13
1.4 Consideraciones generales sobre masas y dimensiones	29
1.5 Consideraciones adicionales al Reglamento General de Vehículos	33
1.5.1 Masas	35
1.5.2 Dimensiones	38
1.5.3 Masas remolcables	41
1.5.4 Cargas actuantes sobre los acoplamientos	41
1.5.5 Masas del conjunto tractor con remolque	42
1.6 Relación potencia-peso	42
1.7 El frenado en los vehículos. Normativa básica	43
1.7.1 Ensayos de frenado	44
1.7.2 Distribución del esfuerzo de frenado	48
1.7.3 Requisitos para vehículos de categorías O	53
1.8 Conceptos sobre neumáticos en los Reglamentos 30 y 54	54
1.9 Guardabarros y dispositivos antiproyección	57
1.9.1 Aspectos generales de carroceros	57
1.9.2 Consideraciones reglamentarias	58

1.10	Dispositivo de antiempotramiento trasero	59
1.11	Protecciones laterales	61
1.12	Dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa	64
1.13	Emplazamiento e instalación de placas traseras de matrícula	69
1.14	Retrovisores	69
CAPÍTULO - 2 - CONCEPTOS DE MECÁNICA Y DE MATERIALES		71
2.1	Introducción	71
2.2	Centro de inercia	71
2.3	Determinación analítica del centro de inercia	72
2.3.1	Propiedades del centro de inercia	73
2.3.2	Teoremas de Guldin o de Pappus	75
2.4	Tensor de inercia	77
2.4.1	Componentes del tensor de inercia de un sólido rígido	77
2.4.2	Momentos de inercia de una sección plana de densidad constante	79
2.5	Teorema de Steiner	80
2.6	Casos de cálculo de tensores de inercia	81
2.6.1	Consejos prácticos	81
2.6.2	Ejemplos de centros y tensores de inercia	82
2.7	Introducción a la resistencia de materiales	86
2.8	Conceptos generales de aplicación en resistencia de materiales	88
2.9	Solicitaciones exteriores y reacciones en los apoyos	89
2.10	Estado tensional de un sólido elástico	95
2.10.1	Caso general	95
2.10.2	Casos particulares	100

2.11	Deformaciones en un sólido elástico	102
2.12	Relaciones entre las sollicitaciones y el estado tensional de un sólido	107
2.13	Comportamiento de un sólido tipo barra sollicitado axialmente	111
2.13.1	Estado tensional	111
2.13.2	Deformaciones. Rigidez equivalente	112
2.13.3	Diagrama de esfuerzos	113
2.14	Comportamiento de un sólido tipo barra sollicitado a flexión	115
2.14.1	Estado tensional	115
2.14.2	Deformaciones. Rigidez equivalente	122
2.14.3	Diagrama de esfuerzos	124
2.15	Teoría elemental de cortadura	130
2.16	Comportamiento de un sólido tipo barra sollicitado a torsión	131
2.16.1	Estado tensional	131
2.16.2	Deformaciones. Rigidez equivalente	137
2.17	Estados límites de deformación elástica del material	138
2.17.1	Concepto	138
2.17.2	Teoría de la tensión principal máxima	138
2.17.3	Teoría de la tensión tangencial máxima de Tresca	139
2.17.4	Teoría de la deformación longitudinal unitaria máxima	139
2.17.5	Teoría de la energía de distorsión de von Mises	140
2.18	Cálculo a fatiga	141
2.18.1	El diagrama (S-N)	141
2.18.2	Fatiga en ciclos altos	143
2.18.3	Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga	145

2.19	Determinación de coeficientes de seguridad	152
CAPÍTULO - 3 - CONCEPTOS BASE EN REFORMAS		155
3.1	Introducción	155
3.2	Cálculo de las distancias técnicas	155
3.3	Reparto de cargas por ejes	162
3.3.1	Tandem mecánico de ballestas	166
3.3.2	Grupo triaxial mecánico de ballestas	170
3.3.3	Tandem neumático	174
3.3.4	Grupo triaxial neumático	177
3.4	Posicionamiento del centro resultante de cargas	181
3.5	Tipos de carrocerías por su rigidez	183
3.6	Tipos de unión de superestructuras	186
3.7	Distribución de esfuerzos entre bastidor y sobrebastidor	189
3.8	Uniones atornilladas o remachadas	190
3.8.1	Carga aplicada en el centroide de las uniones	192
3.8.2	Carga excéntrica respecto al centroide de la unión	195
3.9	Uniones por soldadura	197
3.9.1	Unión a tope	197
3.9.2	Unión en ángulo	198
3.9.3	Unión en (T)	202
3.10	Uniones por adhesivo	205
CAPÍTULO - 4 - CARROZADO PARA CARGA Y ACCESORIOS		209
4.1	Introducción	209
4.2	Carrocerías basculantes	209

4.2.1	Esfuerzos actuantes en una carrocería basculante	210
4.2.2	Determinación del cilindro actuador	217
4.2.3	Cálculo de bulones en caja basculante	223
4.2.4	Cálculo de la unión bastidor-sobrebastidor	225
4.3	Sistema multibrazo basculante	227
4.3.1	Cálculo de la geometría	228
4.3.2	Cálculo de esfuerzos	232
4.3.3	Determinación del cilindro actuador	237
4.3.4	Cálculo de bulones en basculante de sistema multibrazo	238
4.4	Grúas autocarga	240
4.4.1	Condiciones básicas de montaje de la grúa	241
4.4.2	Momentos de elevación de la grúa	242
4.4.3	Estabilidad a vuelco	243
4.4.4	Solicitaciones del chasis del vehículo	248
4.4.5	Cálculo de elementos de fijación de la grúa	256
4.5	Plataformas traseras elevadoras	259
CAPÍTULO - 5 - SISTEMAS Y COMPONENTES VEHICULARES		263
5.1	Introducción	263
5.2	Prestaciones vehiculares	263
5.2.1	Resistencia total al avance	263
5.2.2	Potencia motor	264
5.2.3	Influencia de componentes de cadena de transmisión	265
5.3	Conceptos aerodinámicos en el diseño de carrocerías	267
5.4	Cálculo del eje motriz o árbol de transmisión	275

5.4.1	Cálculo resistente	275
5.4.2	Fenómenos vibracionales	276
5.5	El frenado en los vehículos	280
5.5.1	Curvas de equiaderencia	280
5.5.2	Planteamiento del sistema de frenos	288
5.6	Sistema de dirección	297
5.6.1	Efecto de las cotas de reglaje	300
5.6.2	Solicitaciones neumático-suelo	306
5.7	Sistemas de suspensión y estabilidad a vuelco	312
5.7.1	Rigidez de elementos elásticos de suspensión	313
5.7.2	Estabilidad lateral	325
5.7.3	Estabilidad longitudinal	334
5.7.4	Cálculo de la estabilidad en vehículos cisterna	341
5.8	Dispositivos de acoplamiento	348
5.8.1	Definiciones	350
5.8.2	Requisitos generales de ensayo de dispositivos de acoplamiento	356
5.8.3	Marcado del dispositivo de acoplamiento	360
5.8.4	Cálculo de los soportes de anclaje al vehículo	361
5.8.5	Cálculo de las uniones atornilladas de los soportes	374
5.8.6	Cálculo de la lanza en remolques de eje central	376
5.8.7	Elección de las características del acoplamiento y del remolque	380
5.8.8	Dimensiones de montaje. Anexo VII de Directiva 94/20/CE	383
5.9	Neumáticos y llantas	391
5.9.1	Designación básica de neumáticos	391

5.9.2	Designación de neumáticos de turismo	392
5.9.3	Designación de neumáticos de vehículos industriales	393
5.9.4	Designación de neumáticos de motocicleta	394
5.9.5	Designación de las especificaciones de una llanta	397
5.9.6	Formulario genérico de neumáticos	397
5.9.7	Condiciones de servicio	408
5.9.8	Presiones de hinchado	410
5.9.9	Norma de uso de neumáticos	411
5.9.10	Elección de un neumático	416
5.9.11	Elección de llanta para un neumático	418
CAPÍTULO - 6 - GUÍA BÁSICA DE CARROZADO		419
6.1	Introducción	419
6.2	Medidas generales de seguridad	419
6.3	Acondicionamiento inicial del chasis	421
6.4	Requisitos a considerar para mantenimiento del vehículo	422
6.5	Consideraciones dimensionales y de distribución del peso	423
6.6	Taladrado de orificios en el bastidor	424
6.7	Soldaduras en el bastidor	426
6.7.1	Instrucciones específicas para soldadura a tope del bastidor	427
6.7.2	Instrucciones específicas para modificación del voladizo posterior	429
6.7.3	Especificación del material de soldadura	430
6.8	Sustitución de remaches por tornillos	432
6.9	Travesaños	432
6.9.1	Condiciones generales	432

6.9.2	Travesaño para gancho de remolque	433
6.10	Fijación de componentes al bastidor	433
6.11	Árboles de transmisión y articulaciones cardan	435
6.12	Sistema de aire comprimido	438
6.13	Sistema de frenos	440
6.14	Sistemas de admisión y de escape	442
6.15	Sistemas de combustible	442
6.16	Tomas de energía	443
6.17	Instalación eléctrica	446
6.17.1	Aparatos suplementarios	448
6.17.2	Baterías y alternadores suplementarios	448
6.17.3	Grupos eléctricos suplementarios	449
6.17.4	Tomas de corriente	449
6.17.5	Circuitos adicionales	450
6.18	Modificaciones en la refrigeración del motor	451
6.19	Estribos y plataformas	452
6.20	Modificaciones en cabina	452
6.21	Guardabarros y dispositivos antiproyección	454
6.22	Dispositivo de antiempotramiento trasero	455
6.23	Protecciones laterales	456
6.24	Dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa	457
6.25	Emplazamiento e instalación de placas traseras de matrícula	457
6.26	Requerimientos de las superestructuras. Bastidor auxiliar	457
6.27	Métodos de fijación de las carrocerías	461

6.27.1	Uniones atornilladas	461
6.27.2	Fijaciones recomendadas por su elasticidad	463
6.28	Superestructuras. Carrocería fija	464
6.29	Superestructuras. Grúa autocarga	467
6.29.1	Condiciones generales	467
6.29.2	Grúa delantera tras cabina	470
6.29.3	Grúa trasera tras caja de carga	470
6.30	Superestructuras. Volquetes	473
6.31	Superestructuras. Cisterna	475
6.31.1	Condiciones generales	475
6.31.2	Cisterna con bastidor auxiliar	476
6.31.3	Cisterna en ménsulas	476
6.32	Superestructuras. Hormigoneras y bombas de hormigón	478
6.33	Superestructuras. Camiones con carrozado desmontable	479
6.34	Superestructuras. Tractocamión	480
6.35	Características de materiales	485
6.35.1	Aceros	485
6.35.2	Fundiciones	488
6.35.3	Aluminios	488
6.35.4	Tornillos, tuercas y arandelas	488
6.36	Códigos de Siglas usados comúnmente en el Sector de Automoción	493
	CAPÍTULO - 7 - CONTENIDO DEL PROYECTO. EJEMPLO	499
7.1	Introducción	499
7.2	Contenido mínimo del proyecto técnico	499

7.3	Contenido mínimo. Memoria	500
7.3.1	Cargas y dimensiones	501
7.3.2	Operatividad de equipos instalados	502
7.3.3	Cálculo de la estructura resistente del vehículo	503
7.3.4	Cálculo de los sistemas de unión	503
7.3.5	Compatibilidad de los elementos afectados o incorporados	503
7.3.6	Cumplimiento de reglamentación específica requerida	504
7.4	Contenido mínimo. Pliego de condiciones	504
7.5	Contenido mínimo. Planos	504
7.6	Contenido mínimo. Anexos	505
7.7	Ejemplo. Introducción	505
7.8	Ejemplo. Solicitud	509
7.9	Ejemplo. Memoria	510
7.9.1	Peticionario	510
7.9.2	Reglamentación	510
7.9.3	Descripción de la reforma	511
7.9.4	Características del vehículo antes y después de la reforma	512
7.9.5	Reparto de cargas por ejes en circulación	513
7.9.6	Comprobación dimensional	520
7.9.7	Operatividad de los equipos instalados	522
7.9.8	Cálculo de las estructuras resistentes	527
7.9.9	Cálculo de los elementos de unión	535
7.9.10	Compatibilidad de los elementos afectados en la reforma	538
7.9.11	Cumplimiento de reglamentación específica requerida	538

7.9.12	Conclusiones	540
7.10	Ejemplo. Planos	541
7.10.1	General	541
7.10.2	Detalles	542
7.11	Ejemplo. Pliego de condiciones	544
7.11.1	Condiciones generales	544
7.11.2	Condiciones de manipulación y transporte	544
7.11.3	Manipulación de grúas autocarga	547
7.11.4	Requerimientos de seguridad en el trabajo	548
7.12	Ejemplo. Anexos	554
	BIBLIOGRAFÍA	565

CAPÍTULO - 1 - NORMATIVA BÁSICA PARA REFORMAS

1.1 Introducción

El objeto principal de este capítulo consiste en describir brevemente la reglamentación básica mínima de aplicación directa para que un vehículo pueda ser matriculado para circular por las vías del territorio nacional, y aquella reglamentación que afecta a las reformas de los vehículos.

Indicar que este es un capítulo de introducción a la reglamentación a aplicar, y por tanto no contempla toda reglamentación que puede llegar a afectar a un vehículo. No nos olvidemos, por poner un ejemplo, que la Reglamentación del transporte está directamente ligada a los vehículos, y de ella no vamos a tratar. El proyectista deberá estar al día de aquellos aspectos reglamentarios que afectan a todo vehículo, y por supuesto contemplar los actualizados a día de ejecución de la reforma.

1.2 Jerarquía normativa; pirámide de Kelsen

De partida, tenemos que distinguir entre todo aquello que es de obligatorio cumplimiento, y lo que no lo es, pasando a ser una guía de consejos que no obliga a su aplicación. Una vez dicho esto, se debe tener claro cual es la jerarquía normativa en España para saber en todo momento cuales son las normas de obligatorio cumplimiento de rango superior, ya que a la hora de aplicarlas se debe tener en cuenta cuales son las dominantes.

(Norma = Ley); no es del todo cierto, el concepto de norma engloba el concepto de ley, además de a los reglamentos, decretos leyes, decretos legislativos, etc...

La Constitución, es la norma fundamental de un país, que establece el sistema político de ese país además del marco general en que se va a desarrollar la vida del

país. Este marco general, no puede ser tal que suponga una ruptura de la propia Constitución (flexibilidad a la hora de que todos deben de tener cabida).

Ley: disposición normativa que emana de un órgano de representación popular (Senado y Congreso de los Diputados). Un reglamento, por el contrario no emana de un órgano de representación, sino de la Administración.

Junto a las leyes en el segundo peldaño se encuentran los Tratados Internacionales, los Decretos leyes, los Decretos legislativos y los Decretos comunitarios.

Reglamento: disposición normativa que emana de la Administración, con la palabra reglamento hablamos de Decretos, Órdenes Ministeriales, Bandos del Alcalde,...

Costumbres: toda normativa no escrita. Regirá en defecto de ley y reglamento aplicables siempre y cuando no sea contraria a la moral y al orden público, y siempre que resulte probada su existencia.

Principios Generales del Derecho (PGD): informan al resto del Ordenamiento Jurídico. (Ej.: irretroactividad de las leyes no favorables o en su contrario irretroactividad de las leyes favorables). Irretroactividad de las leyes no favorables (ILNF): no se puede aplicar una norma desfavorable a una situación anterior al momento en que entró en vigor.

En los (PGD), si una norma establece que se puede castigar a una persona por un delito que antes no lo era, en ese caso esta norma irá dentro de estos principios generales de (ILNF), y por lo tanto será inconstitucional.

Jurisprudencia: no se trata de una fuente de derecho propiamente dicha, pero si se puede decir que influye en la forma de interpretar el derecho. Es el conjunto de sentencias del Tribunal Supremo, y en sentido más amplio de todos los tribunales. No se trata de una fuente de derecho, porque por ejemplo los precedentes no son fundamentales jurídicos, tan sólo sirven como una posible orientación.

La Constitución Española

Es la norma fundamental que establece el marco de convivencia del sistema político, data del año 1978.

El Rey

El sistema político en España es la monarquía parlamentaria. La figura del Rey se encuentra recogida en el Título 2º de la CE, lo cual subraya su importancia, y este Título 2º está sujeto al procedimiento de reforma cualificada de la CE (el de los 2/3).

El Rey es fundamentalmente una figura simbólica, lo cual es muy importante en épocas actuales.

1.3 Reglamentación básica aplicada a vehículos y sus transformaciones

1.3.1 Revisión histórica de la reglamentación

La Orden de Presidencia del Gobierno de 5 de noviembre de 1975 contemplaba 15 modificaciones distintas, consideradas como de importancia dado que cambian las condiciones técnicas iniciales de los vehículos. Esta ley que ha venido rigiendo la tramitación de estas reformas fue puesta al día, a propuesta de los Ministerios de Interior y de Industria y Energía mediante el Real Decreto 736/1988 (BOE nº 170 de 16 de julio), que amplió el número de modificaciones de importancia hasta un total de 32 y que además puntualiza todos los extremos de la tramitación de las mismas. Según esto, el texto legal más importante en lo referente a reformas de vehículos es el Real Decreto 736/1988. En él y en sus posteriores correcciones y actualizaciones se tipifican las que se considerarán como reformas de importancia, y se establece un procedimiento de tramitación y unos requisitos diferentes según la importancia de la reforma de que se trate.

Más adelante estudiaremos en profundidad este Real Decreto. Pero antes vamos a hacer un breve resumen de la Legislación relativa a Tráfico, Circulación y Seguridad Vial que más influencia pueden tener sobre nuestro Proyecto.

El 25 de septiembre de 1934 se aprueba por decreto el Código de la Circulación. Junto con diversas disposiciones complementarias y Ordenes de la Presidencia que aparecerán posteriormente, formará la base legal para la regulación del tráfico y la circulación en España hasta la publicación del Real Decreto legislativo 339/1990 en el año 1990.

El Real Decreto legislativo 339/1990 aprueba el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, haciendo uso del artículo 149.1.21 de la Constitución, que otorga al Estado la competencia exclusiva

Entre otras cosas, como el alumbrado necesario para circular, los tiempos de descanso y de conducción, o la necesidad de disponer de permiso de circulación para poder circular, la ley hace mención del carácter obligatorio de la homologación de los vehículos.

Se considerará responsable por las infracciones relativas a la documentación del vehículo, al estado de conservación y al incumplimiento de normas relativas a reconocimientos periódicos, al titular que figure en el registro de vehículos.

La Legislación sobre tráfico sigue ampliándose con la publicación en el BOE del 23 de julio de 1991 del Real Decreto 1124/1991. Este texto regula el Consejo superior de Tráfico y Seguridad de la Circulación Vial.

En octubre de 1998 es derogado y sustituido por el Real Decreto 2168/1998.

En enero de 1992 se aprueba el Real Decreto 13/1992, desarrollando así el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a motor y Seguridad Vial.

Este Real Decreto aprueba el Reglamento General de Circulación, que somete el tránsito de peatones, vehículos y animales. El Reglamento incorpora las reglas de la Convención de la Circulación Vial abierta a la firma en Viena el 8 de noviembre de 1968 y las del Acuerdo Europeo, complementario de dicha Convención, abierto a la firma en Ginebra el 1 de mayo de 1971. Del mismo modo acomodan la interpretación de los símbolos de señalización a los modelos establecidos por la Convención sobre señalización vial de Viena, al Acuerdo Europeo de Ginebra y al Protocolo Adicional sobre marcas viarias, abierto también a la firma en Ginebra el 1 de marzo de 1973.

El Reglamento General de Circulación, aplicable en todo el territorio nacional, establece entre otras cosas la prohibición de arrojar objetos que puedan entorpecer la libre circulación o que creen riesgo de incendio. Queda establecida así la obligatoriedad de disponer las medidas adecuadas para evitar que caiga la carga que se esté transportando en cada caso.

En lo relativo a las emisiones de humos y gases, el vehículo debe cumplir con lo establecido para la categoría a la que corresponde. En el caso particular de nuestro Proyecto, nosotros no vamos a hacer modificación alguna sobre el motor del vehículo por lo que es el fabricante quien tiene la responsabilidad de cumplir con el Reglamento.

Significado de los códigos

- A Proyecto técnico suscrito por técnico competente y visado por el Colegio oficial correspondiente y certificación de ejecución de la obra.
- B Informe favorable del fabricante o de su representante debidamente acreditado o del Laboratorio Oficial acreditado en España.
- C Certificación del taller que hace la reforma.

NOTA DEL AUTOR: En caso que esta documentación pueda dar lugar a errores de interpretación, deberá contrastarse su aplicación con las indicaciones aportadas por el Manual de Reformas de Importancia editado por el Ministerio.

1.4 Consideraciones generales sobre masas y dimensiones

Como especial mención, por ser fundamental su cumplimiento, se deberá tener siempre en mente que cuando se instale la superestructura para obtener un vehículo completado, o para su transformación, se deberán asegurar unas adecuadas dimensiones y un reparto correcto de las masas.

La distribución de la masa sobre los ejes puede variar dentro de los valores máximos admisibles por cada país. En España estos valores se encuentran detallados en:

- RD 2140/1985, de 9 de octubre, sobre la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos, en la Orden de 31 de marzo de 1998 por la que se actualizan los anexos del RD 2140/1985, en el Reglamento General de Vehículos (RD 2822/1998).
- RD 2822/1998, y órdenes posteriores dónde se desarrolla el Reglamento General de Vehículos.
- Real Decreto 2028/1986, que amplía la normativa sobre homologación recogida en el Real Decreto 2140/1985, ya que la incorporación a la Comunidad Económica Europea determina que se consideren las disposiciones técnicas armonizadoras que establecen las Directivas de la citada Comunidad, por lo que este Real Decreto 2028/1986 es de inmediata aplicación y sus anexos se modifican periódicamente mediante Órdenes Ministeriales, para adaptarlos a la aparición de nuevas Directivas y

Decisiones de especial importancia sobre seguridad vial. Como consecuencia, la directiva 92/21/CE y sus actualizaciones sobre masas y dimensiones de vehículos de categoría M1, y en la directiva 97/27/CE y sus actualizaciones sobre masas y dimensiones de vehículos de categorías M2, M3 y N son de obligatorio cumplimiento.

- Norma UNE 26-192-87 sobre dimensiones de los vehículos.
- Norma UNE 26-086-092 sobre pesos de los vehículos.

De entre todos los aspectos desarrollados en esta reglamentación, destacamos los siguientes.

De forma general, Las dimensiones de los vehículos, las masas máximas soportadas por los ejes y la masa máxima del vehículo o de los conjunto de vehículos no puede ser superior a los indicados en las tablas del anexo IX del Reglamento General de Vehículos y sus actualizaciones. Estas tablas se adjuntan en apartados posteriores.

Por *masa del vehículo en orden de marcha*, según las directivas 92/21/CE y 97/27/CE, se entenderá la masa del vehículo sin carga con carrocería y con un dispositivo de acoplamiento en el caso de un vehículo tractor, o la masa del bastidor con cabina cuando el fabricante no suministre la carrocería o el dispositivo de acoplamiento, incluidos el líquido refrigerante, los lubricantes, un (90%) del combustible, el (100%) de los demás líquidos con excepción de las aguas usadas, las herramientas, la rueda de repuesto y el conductor (75 kg) y, para los autobuses y autocares, la masa del acompañante (75 kg) si el vehículo cuenta con un asiento para acompañante.

NOTA: la Norma UNE 26-086-092, denomina *peso en seco* a lo que el resto de normativa llama masa en vacío, con la diferencia adicional de que UNE no considera el líquido refrigerante dentro del peso en seco.

NOTA: *según la Orden de 31 de marzo de 1998 por la que se actualizan los anexos del RD 2140/1985, y la Norma UNE 26-086-092, no es obligatorio contabilizar la masa de ningún pasajero (ni tan siquiera del conductor) dentro de la masa en orden de marcha, sino que en caso de que el conductor esté incluido será preciso mencionarlo.*

A la masa en vacío, por supuesto sin ningún pasajero, la denominaremos *tara*.

DENOMINACIÓN	Tolerancias	
	Categoría del vehículo	
	M1, N1 y derivados de M1	N, M2, M3 y O
Longitud del vehículo	± 0,07	± 0,10
Anchura del vehículo	± 0,03	± 0,03 (1)
Altura del vehículo	± 0,05	± 0,05
Distancia entre ejes	± 0,05	± 0,05
Vía	± 0,03	± 0,03
Longitud del voladizo anterior	± 0,03	± 0,05
Longitud del voladizo posterior	± 0,03	± 0,05
Altura libre sobre el suelo	± 0,03	± 0,03
Longitud máxima bastidor detrás cabina (chasis- cabina)	-	± 0,10
Ángulo de caída	± 30'	± 30'
Ángulo de salida	± 30'	± 30'
Convergencia (ángulo)	± 30'	± 30'
Ángulo de avance	± 1°30'	± 1°30'
Diámetros de giro	± 3%	± 5%
Para el resto de las dimensiones definidas en la presente norma se aplicará una tolerancia de ± 4%.		

(1) En caso de vehículos de temperatura dirigida, esta tolerancia será de + 0,10 -0,03.

Para el resto de elementos, componentes y disposiciones no contempladas, las dimensiones serán las dadas por el fabricante del vehículo. Si estas dimensiones difieren en más de un (1%) para las diferentes configuraciones técnicas del tipo de vehículo, el servicio técnico utilizará las medidas tomadas.

TABLA 1.2 Tolerancias en dimensiones según UNE 26-192-87

1.5 Consideraciones adicionales al Reglamento General de Vehículos

A continuación, matizaremos los puntos más destacados contenidos en el Reglamento General de Vehículos.

En primer lugar se señala que sólo podrán circular aquellos vehículos que hayan obtenido previamente la correspondiente autorización administrativa, dirigida a verificar que estén en perfecto estado de funcionamiento y se ajusten en sus características, equipos, repuestos y accesorios a las prescripciones técnicas fijadas en el Reglamento.

CAPÍTULO - 2 - CONCEPTOS DE MECÁNICA Y DE MATERIALES

2.1 Introducción

Para determinados estados tensionales en los que se encuentra un sólido sometido a unas sollicitaciones, aparece como necesidad el cálculo de conceptos tales como posición del centro de gravedad, los momentos de inercia, los momentos resistentes, los estados últimos de rotura, etc. Es por ello necesario que se desarrolle un capítulo específico como herramienta que nos permita conocer el estado tensional en el que se encuentran las diferentes estructuras resistentes que componen un vehículo, permitiendo de este modo al calculista o diseñador el realizar las correcciones oportunas para que no se produzca el colapso del elemento estructural.

2.2 Centro de inercia

Para un sistema mecánico general se define como centro de inercia (G) del sistema el punto representativo de la posición media de la masa del sistema.

El centro de inercia de un sistema coincide con el centro de gravedad cuando estamos en un campo gravitatorio uniforme. El interés del concepto de centro de inercia incide en la formulación de los teoremas generales de la dinámica. En el caso del sólido rígido, aparte del centro de inercia, se debe aclarar el concepto de tensor de inercia.

Aunque los elementos del tensor de inercia se definen mediante integrales extendidas al sólido, estas integrales se pueden evitar a menudo total o parcialmente si se recurre a diversas propiedades relativas a la composición y partición de sólidos, a las direcciones principales de inercia, a posibles simetrías y al cambio del punto en el que se calcula el tensor de inercia.

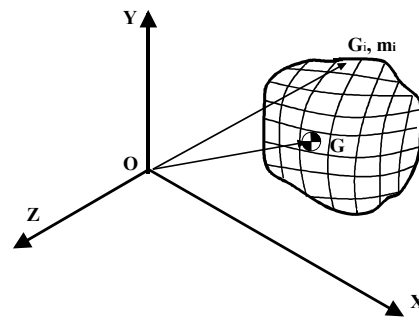


FIGURA 2.2 Sistema de masas en sólido rígido

En la determinación del centro de inercia (G) del sistema, cada elemento es equivalente a su masa concentrada en su centro de inercia, por tanto operando en la ecuación 2.1 obtendremos.

$$\overline{OG} = \frac{\sum_{i=1}^N \overline{OG_i} \cdot m_i}{\sum_{i=1}^N m_i} \tag{Ec. 2.4}$$

2.3.1 Propiedades del centro de inercia

En elementos lineales de longitud total (L) y masa total (M) distribuida uniformemente, tal como el representado en la figura 2.3, su densidad lineal (γ_L) se calcula como.

$$\gamma_L = \frac{M}{L} \tag{Ec. 2.5}$$

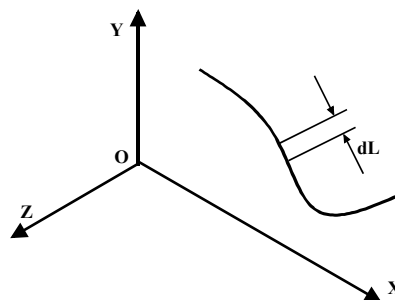


FIGURA 2.3 Esquema de elemento lineal

Por lo que el diferencial de masa se expresa genéricamente como producto de la densidad lineal (γ_L) por el diferencial de longitud (dL). Así, las componentes del centro de inercia en el sistema O(X, Y, Z) vendrán dadas por la expresión.

2.14 Comportamiento de un sólido tipo barra solicitado a flexión

2.14.1 Estado tensional

Flexión pura

Una barra está sometida a una sollicitación de flexión pura cuando en una sección recta de la barra la resultante de las fuerzas situadas a un lado es nula y el momento resultante (M_F) está contenido en dicha sección, es decir cuando no hay esfuerzos cortantes. Si además, el vector momento está contenido en un eje principal de inercia, se dice que existe *flexión simétrica*.

En la siguiente figura se representa un caso genérico de una barra solicitada con un momento flector resultante (M_F) para los casos de flexión pura y de flexión simétrica (que es un caso particular de la pura).

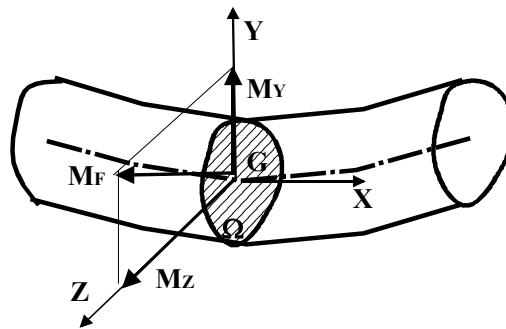


FIGURA 2.40 Barra a flexión pura

Bajo esta sollicitación, las únicas tensiones que aparecen son *normales* a la sección. Unas zonas formadas idealmente por fibras isótropas y homogéneas se alargan y otras se acortan, según estén tensionadas a tracción o a compresión respectivamente. Planteando una continuidad entre todas fibras que forman la barra, existirá una fibra que no se acortará ni se alargará, motivo por el cual no estará tensionada. A esta fibra se le llama *fibra neutra*, y contiene el centro de gravedad (G) de la sección plana considerada de la barra. Las fibras extremas, al ser las más deformadas, serán las sometidas a tensiones más elevadas.

Suponiendo que se verifica la hipótesis de Bernoulli de conservación de las secciones planas, y trabajando para pequeñas deformaciones con comportamiento elástico del material, la *ley de Navier* dice: *En una sección sometida a flexión pura,*

las tensiones que se ejercen sobre las distintas fibras son directamente proporcionales a sus distancias a la fibra neutra.

La representación gráfica de dichas tensiones será lineal tal como se muestra en la figura 2.41. Según este postulado, las máximas tensiones de compresión y de tracción corresponden a las fibras extremas, y por equilibrio de fuerzas la fibra neutra debe contener el centro de gravedad de la sección.

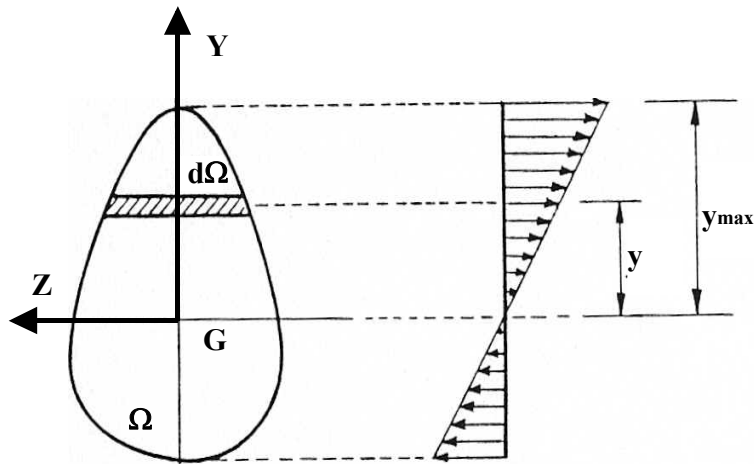


FIGURA 2.41 Estado tensional a flexión pura

El momento flector resultante sobre una sección (Ω) respecto a cualquier punto, debe ser nulo para que se cumpla la condición de equilibrio. Así por ejemplo, si se toma su centro de gravedad (G), la tensión en una fibra cualquiera de coordenada (y) de la sección recta, cuando aplicamos un momento flector (M_{FZ}) cuyo vector está contenido en el eje principal de inercia (Z), según se ha representado en la figura 2.41 vendrá dada por la siguiente expresión deducida de la ley de Navier.

$$\sigma_{xx} = \frac{M_{FZ}}{I_{ZZ} / y} \quad \text{Ec. 2.65}$$

(I_{ZZ}) es el momento de inercia respecto al eje (Z) de la sección plana en su centro de gravedad (G).

El valor máximo de la tensión normal será por tanto.

$$\sigma_{xx \max} = \frac{M_{FZ}}{I_{ZZ} / y_{\max}} \quad \text{Ec. 2.66}$$

Donde al valor $\left(W_{ZZ} = I_{ZZ} / y_{\max} \right)$ se le denomina *momento resistente* respecto al eje (Z). En el sistema internacional de unidades vendrá expresado en (m³).

A partir de lo desarrollado podemos expresar el momento resistente de las siguientes formas.

$$W_{ZZ} = \frac{M_{FZ}}{\sigma_{XX \max}} = \frac{I_{ZZ}}{y_{\max}} \quad \text{Ec. 2.67}$$

La tensión normal será máxima o en el punto superior o en el inferior de la sección y en la línea neutra será nula.

Flexión simple

Una barra está sometida a una sollicitación de flexión simple cuando combina esfuerzos cortantes (F_C) que originan tensiones de cortadura, con la flexión pura (M_F) que originan las tensiones normales desarrolladas en el apartado anterior.

Para estos casos se asume el *principio generalizado de Navier-Bernoulli*, que dice lo siguiente: *Dos secciones planas indefinidamente próximas experimentan un alabeo después de la deformación, pero cualquiera de ellas puede superponerse con la otra mediante una traslación y un giro.*

El alabeo es causado por los esfuerzos cortantes, y en general, las deformaciones producidas por el esfuerzo cortante son bastante menores que las debidas al momento flector, por lo que se desprecia el alabeo relativo de las dos secciones, lo cual nos conduce a que cuando se deforma una fibra, siguiendo el citado principio, el desplazamiento relativo será el mismo al correspondiente a una flexión pura.

De todo ello se deduce que las fórmulas deducidas para las tensiones en caso de flexión pura son válidas para la flexión simple, pero en este caso deberemos de añadir las tensiones producidas por el esfuerzo cortante, las cuales las sumaremos a las originadas por la flexión aprovechando el principio de superposición.

Las tensiones producidas en la flexión simple por el esfuerzo de cortadura se calculan utilizando la *fórmula de Colignon*.

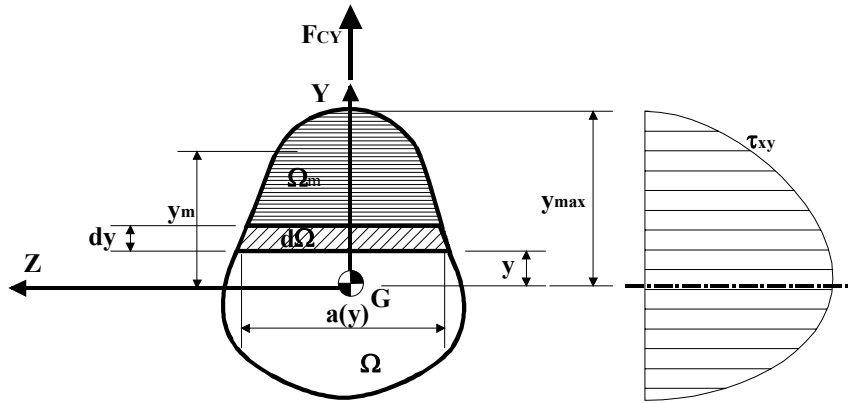


FIGURA 2.42 Tensiones de cortadura. Colignon

Por ejemplo, para la situación mostrada en la figura 2.42, cuando en una sección recta de una barra tenemos aplicado un esfuerzo de cortadura (F_{CY}) cuyo vector está contenido en el eje principal de inercia (Y), se origina una tensión de cortadura cuya distribución para cada punto de coordenada (y) viene dada por la expresión llamada *fórmula de Colignon* siguiente.

$$\tau_{XY} = \frac{F_{CY} \cdot m_{ZZ}(y)}{a(y) \cdot I_{ZZ}} \quad \text{Ec. 2.68}$$

$a(y)$ es la anchura de la sección de la barra para su coordenada (y).

$m_{ZZ}(y)$ es el *momento estático* respecto al eje (Z) que corresponde con la fibra neutra. Se determinará mediante la expresión a continuación.

$$m_{ZZ}(y) = \int_{\Omega_m} y_m d\Omega \quad \text{Ec. 2.69}$$

(Ω_m) es el área comprendida entre (y) e (y_{max}).

La tensión de cortadura será máxima en la línea neutra y nula en los puntos superior e inferior de la sección.

Las tensiones de cortadura máximas en los siguientes ejemplos tomados por su normal uso en aplicaciones vehiculares, cuando en una sección recta de una barra tenemos aplicado un esfuerzo de cortadura (F_{CY}) cuyo vector está contenido en el eje que contiene al *centro de esfuerzos cortantes* y es paralelo al eje (Y), serán las siguientes:

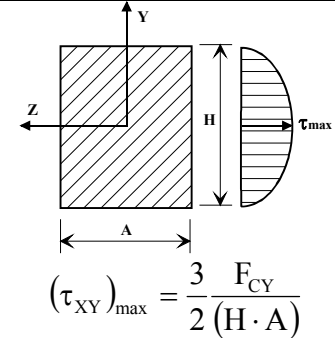
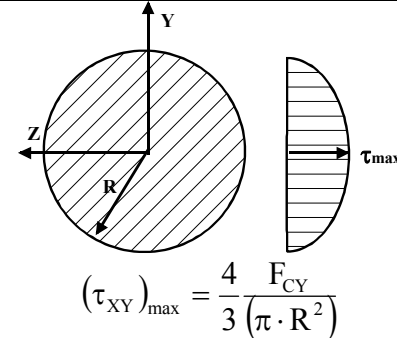
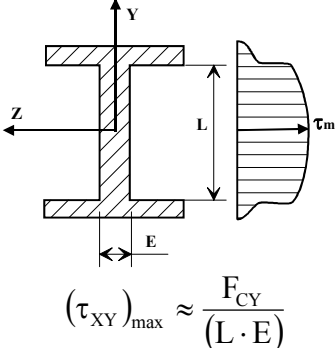
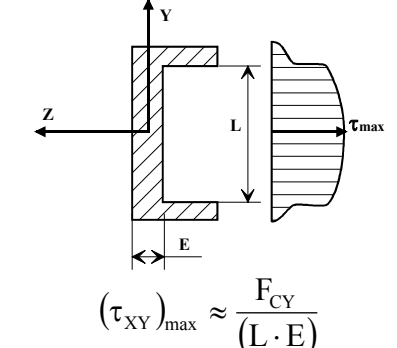
 $(\tau_{XY})_{\max} = \frac{3}{2} \frac{F_{CY}}{H \cdot A}$	 $(\tau_{XY})_{\max} = \frac{4}{3} \frac{F_{CY}}{\pi \cdot R^2}$
 $(\tau_{XY})_{\max} \approx \frac{F_{CY}}{L \cdot E}$	 $(\tau_{XY})_{\max} \approx \frac{F_{CY}}{L \cdot E}$

TABLA 2.3 Ejemplos de cortadura en flexión simple

Perfiles delgados

En el cálculo de una pieza que trabaja a flexión simple, suele ocurrir de forma general que salvo en el caso de perfiles de pared de poco espesor, las tensiones tangenciales debido al esfuerzo cortante son poco relevantes respecto al valor de las tensiones normales debidas al momento flector.

En el caso de secciones delgadas, la distribución de tensiones varía con lo descrito anteriormente en secciones gruesas, de modo que vamos a describir un procedimiento para el cálculo de las mismas.

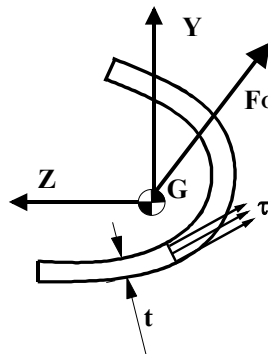


FIGURA 2.43 Sección delgada abierta a flexión simple. Tensiones de cortadura

c) Momento flector puntual en viga biapoyada

Sea la situación genérica representada en la figura 2.51.

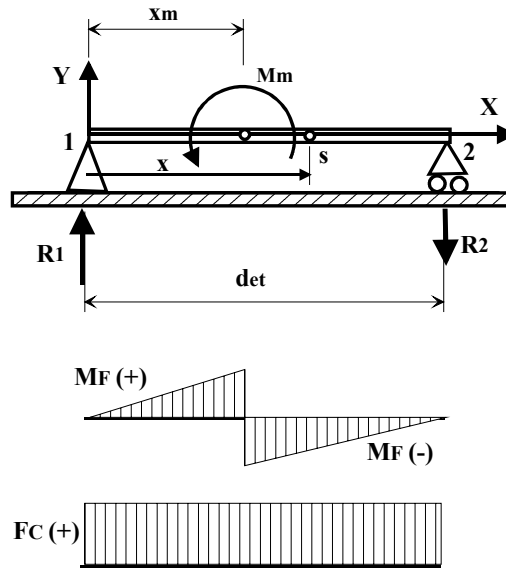


FIGURA 2.51 Viga biapoyada con sollicitación externa de momento flector puntual.
Momentos flectores y cortantes

Por equilibrio de fuerzas y momentos se obtiene el valor de las reacciones (\$R_1\$) y (\$R_2\$) en los respectivos puntos de apoyo (1) y (2), para un momento flector (\$M_m\$) aplicada a una distancia (\$x_m\$).

$$\sum_{\text{sólido}} F_y = 0 \quad ; \quad \sum_{\text{sólido}} M_z = 0 \quad \Rightarrow$$

$$R_2 = \frac{M_m}{d_{et}} \quad \text{Ec. 2.96}$$

$$R_1 = R_2 \quad \text{Ec. 2.97}$$

El momento flector en cualquier punto (\$s\$) situado a una distancia (\$x\$) del apoyo (1) se obtiene mediante la suma de las fuerzas por las distancias al punto considerado, considerando en todo momento el signo de las fuerzas y el principio de superposición de esfuerzos.

$$M_F = R_1 \cdot x \quad \text{para } 0 \leq x \leq x_m \quad \text{Ec. 2.98}$$

$$M_F = R_1 \cdot x - M_m \quad \text{para } 0 \leq x_m \leq d_{et} \quad \text{Ec. 2.99}$$

2.17 Estados límites de deformación elástica del material

2.17.1 Concepto

Cuando se solicita un sólido se incrementa su estado tensional y se deforma, de tal modo que al cesar las sollicitaciones el sólido vuelve a su estado original sin tensión, conservando su geometría. Cuando esto ocurre se dice que todas las *deformaciones* que ha tenido este sólido han sido *elásticas*. En el caso en que al cesar las sollicitaciones permanezca alguna deformación, significa que en algún punto hemos alcanzado una *deformación inelástica* del material. A este tipo de materiales se les suele denominar como *dúctiles*. También puede ocurrir que el material no tenga deformación no elástica, sino que pase directamente de un comportamiento elástico a su rotura. A este tipo de materiales se les suele denominar como *frágiles*.

Como ya se ha visto anteriormente por la ley de Hooke y la ley de Lamé, el nivel tensional y las deformaciones se encuentran relacionadas.

El punto característico correspondiente a la tensión límite en zona elástica para un material sometido a tracción se le denominará *tensión de fluencia* (σ_e).

Existen diversas teorías que nos dicen cuales son el nivel de deformaciones de un material, y sus correspondientes tensiones, en el que no se alcanza su zona no elástica o su rotura. Nos referiremos básicamente en este texto a aquellas teorías que son de aplicación a materiales isótropos y homogéneos.

En la siguiente tabla se adjuntan los valores de *tensión de fluencia* (σ_e) y de la *tensión última de rotura* (σ_u) obtenida en el ensayo de tracción simple para diversos materiales de uso común.

Material	Tensión de fluencia (σ_e) (N/mm ²)	Tensión de rotura (σ_u) (N/mm ²)
St 42-3	255	410
St 52-3	355	510

TABLA 2.5 Valores de tensión de fluencia y de rotura

2.17.2 Teoría de la tensión principal máxima

La teoría de la tensión principal máxima, dice que la acción no elástica en un punto de un material en el que existe un estado tensional cualquiera comienza cuando una de las tensiones principales extremas en dicho punto alcanza un valor igual al

componentes normales y de cortadura de la matriz de tensiones. Así por ejemplo, sea una situación como la dada en la siguiente matriz de tensiones,

$$[T] = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \tau_{XZ} \\ 0 & 0 & \tau_{YZ} \\ \tau_{ZX} & \tau_{ZY} & \sigma_{ZZ} \end{pmatrix} \quad \text{Ec. 2.127}$$

Al calcular sus autovalores y sustituirlos en la ecuación general 2.124 del criterio de von Mises obtendremos su equivalente como.

$$\left[\sigma_{ZZ}^2 + 3(\tau_{ZX}^2 + \tau_{ZY}^2) \right] \leq \sigma_e^2 \quad \text{Ec. 2.128}$$

Al trabajar con materiales dúctiles sometidos a cargas estáticas, la experiencia ha puesto en evidencia que la teoría de von Mises, o su equivalente de la tensión tangencial octaédrica, son las que explican de un modo más satisfactorio el comienzo de deformaciones no elásticas.

2.18 Cálculo a fatiga

Los límites de fatiga para los materiales con usos estructurales se obtienen siguiendo los métodos clásicos de análisis de cargas variables con el tiempo entre determinados valores.

Los bastidores, conjuntos de rodadura, etc., están sometidos a cargas repetidas, alternantes o fluctuantes, de tal modo que se observa que las cargas a las que se produce el fallo son inferiores a las que corresponden a la resistencia última del material. A este tipo de rotura se le denomina *rotura por fatiga*.

2.18.1 El diagrama (S-N)

Para determinar la *resistencia de un material a fatiga*, se realizan probetas del material y se someten a cargas repetidas o variables de magnitudes especificadas y así, se cuentan los ciclos o alternaciones de esfuerzos que soporta el material hasta la falla o ruptura. Para determinar la resistencia a la fatiga de un material es necesario un gran número de pruebas debido a la naturaleza estadística de la fatiga. Denotando a (S_{ut}) como *resistencia última* del material si es *frágil* o *resistencia de fluencia* del material si es *dúctil*; la primera prueba se realiza para una carga algo menor que la de (S_{ut}) del material, la segunda se lleva a cabo con una carga menor que la utilizada en la primera. Este proceso se continúa y los resultados se grafican obteniendo un

diagrama llamado (*S-N*) (figura 2.63) que puede trazarse en coordenadas semilogarítmicas o logarítmica-logarítmica. En el caso de metales férreos y sus aleaciones ésta es asintótica para alto número de ciclos de carga.

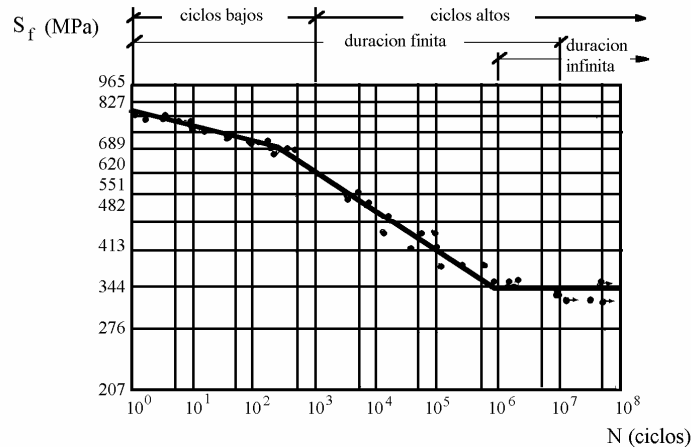


FIGURA 2.63 Diagrama (*S-N*). Material acero UNS G41300 normalizado

El eje de ordenadas del diagrama (*S-N*) es la *resistencia a la fatiga* (S_f). Al expresar este tipo de resistencia también debe indicarse el número de ciclos (N) a que corresponde.

El número de ciclos a partir del cual no se produce disminución de la resistencia a la fatiga del material indican cual es el valor de la resistencia del material para el cual tenemos vida infinita, es decir, no aparece rotura por fatiga. A este valor de la resistencia se le denomina *límite de resistencia a la fatiga* (S_e), o simplemente, *límite de fatiga*. Los metales no ferrosos y sus aleaciones no tienen un comportamiento asintótico y por lo tanto no tienen límite de fatiga. En los aceros, si para una carga dada el material soporta entre (10^6 y 10^7 ciclos), se considera que está en condiciones de vida infinita.

En el estudio de estructuras para vehículos, analizaremos principalmente la fatiga en ciclos altos, que son aquellas en que la falla aparece para un número de ciclos (N) superior a (10^3).

A pesar de la dispersión encontrada en los resultados de los ensayos, se puede considerar como una buena estimación del *límite medio de resistencia a la fatiga para los aceros* (S'_e), la mitad de la resistencia de fluencia si es dúctil o de la resistencia última si es frágil (S_{ut}) o de (700 MPa) según que (S_{ut}) sea menor o mayor de (1400 MPa) respectivamente.

CAPÍTULO - 3 - CONCEPTOS BASE EN REFORMAS

3.1 Introducción

El objeto de este capítulo es definir una serie de conceptos bases de aplicación general en el cálculo de elementos de vehículos reformados; en particular se van a definir aquellos aspectos relacionados con el reparto de cargas y con la transmisión de esfuerzos a los elementos estructurales. Debido a la importancia que tiene en toda reforma el acoplamiento de superestructuras u otros elementos, también se analizan diferentes sistemas de unión que deben tenerse en consideración cuando se ejecuta la reforma.

Mientras no se especifique lo contrario, en las ecuaciones de este capítulo se usan las unidades en sistema internacional.

3.2 Cálculo de las distancias técnicas

Por ser un parámetro crítico a la hora de calcular el reparto de cargas en los vehículos, se considera necesario aclarar el concepto de las *distancias técnicas* de los vehículos; para ello se precisa definir unos procedimientos para el cálculo de la posición de la carga resultante sobre un grupo de ejes, de las distancias técnicas entre ejes, y de la interpretación de estos parámetros en el comportamiento del sistema de suspensión.

Cuando un vehículo tiene más de dos ejes, como el mostrado en la figura 3.1 por ejemplo, y tiene una masa suspendida (Q) aparte de la propia tara del chasis-cabina, si se desean obtener las solicitaciones que actúan sobre ese vehículo, nos encontramos de partida con un sistema hiperestático con tres reacciones (R_1), (R_2) y (R_3) y sólo dos ecuaciones de equilibrio. Por tal motivo se deben incorporar las condiciones impuestas por el sistema de suspensión para obtener la ecuación que nos falta. A partir de esta condición se determina la *distancia técnica entre ejes*, siendo

por tanto ésta una magnitud auxiliar deducida que nos va a permitir determinar la posición de la carga resultante sobre un grupo de ejes.

* NOTA: la distancia técnica en un grupo de ejes tandem, tandem triaxial (tridem)..., viene definida en función de las cargas que se transmiten a sus ejes constitutivos. Se considera que por estandarización de los procesos de ensamblaje del vehículo, el fabricante del chasis-cabina debe tener contemplado este valor en función de las Masas Máximas Técnicas Admisibles (MMTA), del peso de cada eje y del propio tarado de los ejes que forman el grupo cuando el vehículo está sin carrozar. Debido a que en ocasiones los datos más asequibles son las Masas Máximas Admisibles (MMA), puesto que dependen de la Reglamentación nacional, se desarrolla un método *simplificado* para calcular la *distancia técnica* en función de estos valores admisibles, sin considerar los datos técnicos aportados por el fabricante ni el peso de cada eje ni el tarado por ejes individuales del vehículo sin carrozar (chasis-cabina).

El reparto de la carga resultante sobre un grupo de ejes, entre sus ejes constitutivos, dependerá de la configuración propia de la suspensión y es un asunto que trataremos con mayor detalle.

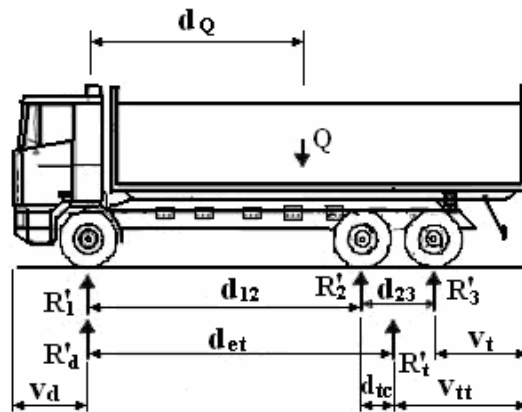


FIGURA 3.1 Condiciones de apoyo de vehículo de tres ejes con tandem trasero

En un grupo de ejes tandem, tandem triaxial (tridem)..., según se define en reglamentación, la masa máxima admisible de cada grupo será la suma de la de los ejes que lo componen.

$$(MMA)_c = \sum_i (MMA_i)_c \tag{Ec. 3.1}$$

MMA Masa Máxima admisible

- i Índice del eje del grupo (en un grupo con r ejes: $i=1, 2, \dots, r$)
- c Índice del grupo de ejes (en un vehículo con dos grupos de ejes; $c=d$: delantero; $c=t$: trasero)

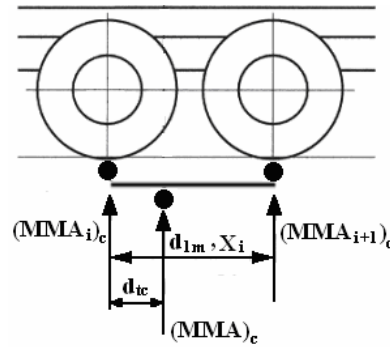


FIGURA 3.2 Distancia técnica en el grupo tandem formado por los ejes 2 y 3

- d_{lm} Distancia entre dos ejes consecutivos (en vehículo con n ejes: $l=1,2,\dots,n-1$; $m=2,3, \dots,n$; con $m=l+1$)
- X_i Distancia del eje (i) del grupo respecto al primer eje del grupo (en un grupo con r ejes: $i=1,2, \dots,r$)

Conocidas las masas admisibles en cada eje del grupo, el sistema equivalente mecánico, será aquel en el que la fuerza resultante actúa a una distancia (d_{tc}) respecto al primer eje del grupo (ver por ejemplo figura 3.2).

$$d_{tc} = \frac{\sum (X_i)_c \cdot (MMA)_c}{(MMA)_c} \tag{Ec. 3.2}$$

Al valor (d_{tc}) lo definimos como *distancia técnica del grupo de ejes*.

A partir de este dato, para cualquier vehículo, la *distancia técnica entre ejes*, que la vamos a definir como (d_{et}) se calcula de forma genérica como (ver figura 3.3).

$$d_{et} = (d^*_{tc})_d + d_{dt} + (d_{tc})_t \tag{Ec. 3.3}$$

En donde.

- $(d^*_{tc})_d$ Valor de la distancia entre ejes extremos del grupo delantero de ejes del vehículo menos la distancia técnica del grupo de ejes delantero.

$$\frac{R_{3s}}{R_{2s}} = \frac{\frac{t_{b2}}{(1 + t_{b2})} \cdot R_t}{\left(1 - \frac{t_{b2}}{1 + t_{b2}}\right) \cdot R_t} = t_{b2} \quad \text{Ec. 3.47}$$

Si lo que se desea es conocer la relación del balancín en función de un reparto de cargas entre los ejes del grupo en el caso que alguna de las ballestas no sea simétrica el proceso será idéntico al desarrollado con la diferencia de que se deberá operar con las ecuaciones 3.36 y 3.37.

3.3.2 Grupo triaxial mecánico de ballestas

Sea éste el caso de grupo de tres ejes que utiliza ballesta como resorte elástico y balancín como elemento repartidor de cargas.

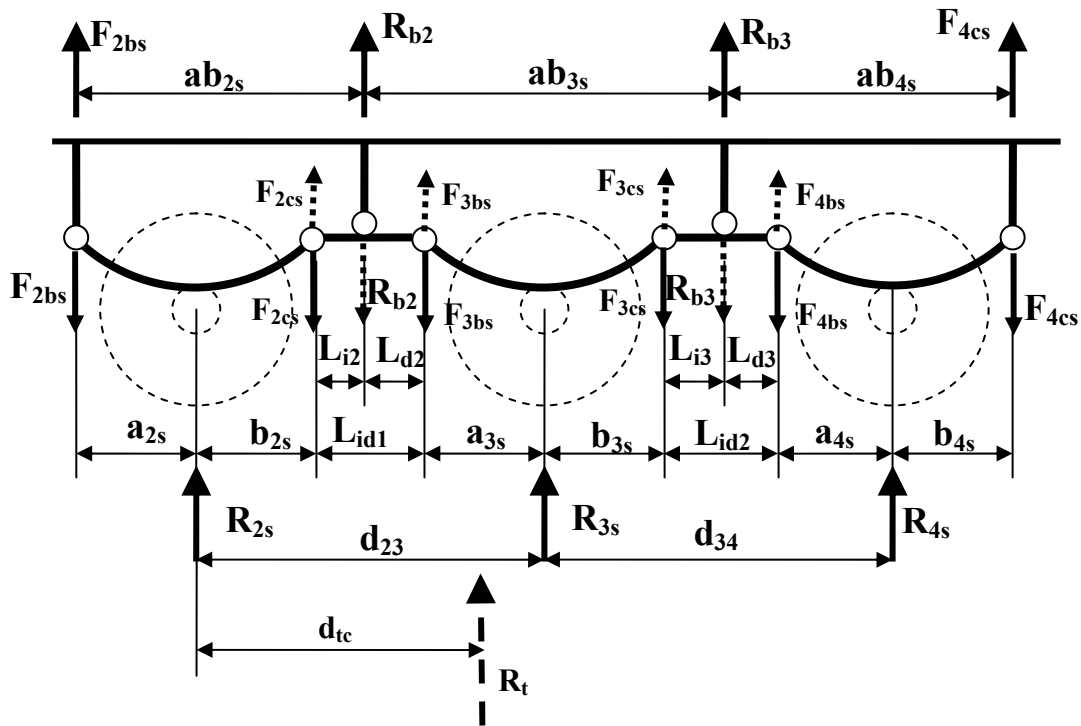


FIGURA 3.8 Esquema mecánico de distribución de cargas para ballestas

En el esquema de la figura 3.8 se puede demostrar la influencia de este elemento en un grupo triaxial mecánico de ballestas.

Equilibrio de fuerzas y momentos en primera ballesta del grupo (subíndices 2).

$$F_{2\text{ bs}} + F_{2\text{ cs}} = R_{2\text{ s}} \quad \text{Ec. 3.48}$$

$$F_{2\text{ bs}} \cdot a_{2\text{ s}} = F_{2\text{ cs}} \cdot b_{2\text{ s}} \quad \text{Ec. 3.49}$$

Equilibrio de fuerzas y momentos en segunda ballesta del grupo (subíndices 3).

$$F_{3\text{ bs}} + F_{3\text{ cs}} = R_{3\text{ s}} \quad \text{Ec. 3.50}$$

$$F_{3\text{ bs}} \cdot a_{3\text{ s}} = F_{3\text{ cs}} \cdot b_{3\text{ s}} \quad \text{Ec. 3.51}$$

Equilibrio de fuerzas y momentos en tercera ballesta del grupo (subíndices 4).

$$F_{4\text{ bs}} + F_{4\text{ cs}} = R_{4\text{ s}} \quad \text{Ec. 3.52}$$

$$F_{4\text{ bs}} \cdot a_{4\text{ s}} = F_{4\text{ cs}} \cdot b_{4\text{ s}} \quad \text{Ec. 3.53}$$

Equilibrio de fuerzas y momentos en el primer balancín.

$$F_{2\text{ cs}} + F_{3\text{ bs}} = R_{b1} \quad \text{Ec. 3.54}$$

$$F_{2\text{ cs}} \cdot L_{i1} = F_{3\text{ bs}} \cdot L_{d1} \quad \text{Ec. 3.55}$$

Equilibrio de fuerzas y momentos en el segundo balancín.

$$F_{3\text{ cs}} + F_{4\text{ bs}} = R_{b2} \quad \text{Ec. 3.56}$$

$$F_{3\text{ cs}} \cdot L_{i2} = F_{4\text{ bs}} \cdot L_{d2} \quad \text{Ec. 3.57}$$

Como además se puede plantear el equilibrio de fuerzas y momentos en todo el grupo, se tiene que.

$$R_{2\text{ s}} + R_{3\text{ s}} + R_{4\text{ s}} = R_{t} \quad \text{Ec. 3.58}$$

Operando con estas expresiones podemos despejar el valor de las reacciones en los ejes en función de la carga total:

$$R_{2s} = \frac{\left(1 + \frac{1}{t_{2s}}\right)}{\left(1 + \frac{1}{t_{2s}}\right) + (1 + t_{3s})t_{b2} + \left(1 + \frac{1}{t_{4s}}\right)t_{b2}t_{b3}t_{3s}} R_t \quad \text{Ec. 3.59}$$

$$R_{3s} = \frac{(1 + t_{3s})}{\left(1 + \frac{1}{t_{2s}}\right)\frac{1}{t_{b2}} + (1 + t_{3s}) + \left(1 + \frac{1}{t_{4s}}\right)t_{b3}t_{3s}} R_t \quad \text{Ec. 3.60}$$

$$R_{4s} = \frac{\left(1 + \frac{1}{t_{4s}}\right)}{\left(1 + \frac{1}{t_{2s}}\right)\frac{1}{t_{b2}t_{b3}} + (1 + t_{3s})\frac{1}{t_{b3}} + \left(1 + \frac{1}{t_{4s}}\right)t_{3s}} R_t \quad \text{Ec. 3.61}$$

Por lo que se concluye que la relación entre la carga distribuida a cada uno de los ejes de un grupo va a ser siempre un valor constante dependiente de la propia geometría de las ballestas y de los balancines repartidores de carga. Para el caso que cada ballesta sea simétrica la relación de reparto de cargas dependerá exclusivamente de los balancines.

$$R_{2s} = \frac{1}{(1 + t_{b2}) + t_{b2}t_{b3}} \cdot R_t \quad \text{Ec. 3.62}$$

$$R_{3s} = \frac{t_{b2}}{(1 + t_{b2}) + t_{b2}t_{b3}} \cdot R_t \quad \text{Ec. 3.63}$$

$$R_{4s} = \frac{t_{b2}t_{b3}}{(1 + t_{b2}) + t_{b2}t_{b3}} \cdot R_t \quad \text{Ec. 3.64}$$

Recordando la definición de distancia técnica del grupo (d_{tc}), podremos deducirla directamente para este caso de ballestas simétricas a partir de la geometría de los balancines.

$$d_{tc} = \left(\frac{t_{b2}}{1 + t_{b2} + t_{b2}t_{b3}}\right) \cdot d_{23} + \left(\frac{t_{b2}t_{b3}}{1 + t_{b2} + t_{b2}t_{b3}}\right) \cdot d_{34} \quad \text{Ec. 3.65}$$

Operando en las expresiones generales de equilibrio se obtienen las reacciones de los extremos de las ballestas sobre el bastidor.

$$F_{2bs} = \frac{1}{1 + t_{2s}} \cdot R_{2s} \quad \text{Ec. 3.66}$$

$$F_{2cs} = \frac{t_{2s}}{1 + t_{2s}} \cdot R_{2s} \quad \text{Ec. 3.67}$$

$$F_{3bs} = \frac{1}{1 + t_{3s}} \cdot R_{3s} \quad \text{Ec. 3.68}$$

$$F_{3cs} = \frac{t_{3s}}{1 + t_{3s}} \cdot R_{3s} \quad \text{Ec. 3.69}$$

$$F_{4bs} = \frac{1}{1 + t_{4s}} \cdot R_{4s} \quad \text{Ec. 3.70}$$

$$F_{4cs} = \frac{t_{4s}}{1 + t_{4s}} \cdot R_{4s} \quad \text{Ec. 3.71}$$

También podemos calcular la reacción en los balancines. Operando con las expresiones anteriores:

$$R_{b1} = \frac{\left(1 + \frac{1}{t_{b2}}\right)}{\left(\frac{1 + t_{2s}}{t_{b2} t_{2s}}\right) + (1 + t_{3s}) + \left(\frac{1 + t_{4s}}{t_{4s}}\right) t_{b3} t_{3s}} R_t \quad \text{Ec. 3.72}$$

$$R_{b2} = \frac{(1 + t_{b3})}{\left(\frac{1 + t_{2s}}{t_{b2} t_{2s} t_{3s}}\right) + \left(\frac{1 + t_{3s}}{t_{3s}}\right) + \left(\frac{1 + t_{4s}}{t_{4s}}\right) t_{b3}} R_t \quad \text{Ec. 3.73}$$

De este modo han quedado determinadas las sollicitaciones que transmite la suspensión al bastidor: (F_{2bs}) , (R_{b2}) , (R_{b3}) y (F_{4cs}) .

Si lo que se desea es conocer la relación del balancín en función de un reparto de cargas entre los ejes del grupo basta con operar con las ecuaciones 3.62, 3.63 y 3.64 en el caso que cada ballesta sea simétrica para obtener que.



CAPÍTULO - 4 - CARROZADO PARA CARGA Y ACCESORIOS

4.1 Introducción

En este capítulo se calculará un tipo específico de carrozado para transporte y manipulación de cargas, y unos tipos de accesorios operativos dispuestos en general en vehículos industriales para facilitar las operaciones de cargado y descargado de los mismos.

Entre todos los conjuntos adicionales incorporados al chasis-cabina se han elegido unos representativos que según nuestra consideración, se utilizan en mayor número de ocasiones. El resto de componentes pueden tratarse en muchos casos como situaciones particulares de los explicados directamente en esta publicación.

Mientras no se especifique lo contrario, en las ecuaciones de este capítulo se usan las unidades en sistema internacional.

4.2 Carrocerías basculantes

En este apartado se va a plantear un procedimiento para calcular las fuerzas y momentos que debe soportar el bastidor de un basculante y el bastidor del propio vehículo cuando el volquete está en funcionamiento. Para ello, primero se resolverá el caso general con el volquete inclinado un ángulo conocido, y posteriormente se calculará el caso particular con el volquete totalmente horizontal.

Como resultados se obtienen en todos los casos las fuerzas y momentos resultantes, de esta manera también tendremos todos los datos necesarios para calcular el actuador, los bulones y los bastidores y sus refuerzos del vehículo y de la caja basculante.

4.2.1 Esfuerzos actuantes en una carrocería basculante

Mecanismo basculante de acción directa

El mecanismo de acción directa se caracteriza porque el actuador hidráulico transmite directamente su empuje al chasis del vehículo y la caja basculante ya que está acoplado de forma directa a estos componentes.

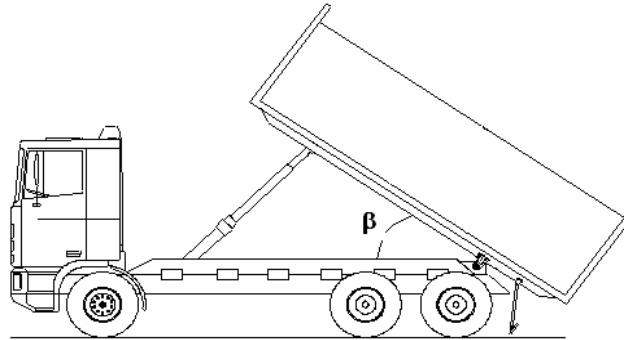


FIGURA 4.1 Carrocería basculante con cilindro central

Sea un vehículo chasis-cabina al cual se le ha carrozado con una caja basculante tal como se representa en la figura 4.1. De forma genérica se va a resolver el caso en el que el volquete está levantado un ángulo (β), mediante la acción directa de un actuador hidráulico.

Las fuerzas entre el volquete y el bastidor del vehículo se transmiten por dos puntos: el punto de apoyo del cilindro actuador y el bulón sobre el que apoya la parte de atrás de la caja basculante. Sobre estos puntos de apoyo se generaran fuerzas y momentos.

En la figura 4.2, podemos ver el esquema del basculante levantado. Se han utilizado dos sistemas de referencia diferentes para simplificar los cálculos. Para el bastidor se utilizan los ejes de referencia (H,V) y para el volquete los ejes (X,Y). También se ha considerado que el vehículo presenta simetría de sus lados derecho e izquierdo respecto a su plano longitudinal medio.

Para hacer el esquema completamente genérico, (d_{et}) será siempre la *distancia técnica entre ejes* explicada en apartados anteriores, y (v_{bt}) estará siempre referida al *centro de masas técnico del conjunto de ejes trasero*.

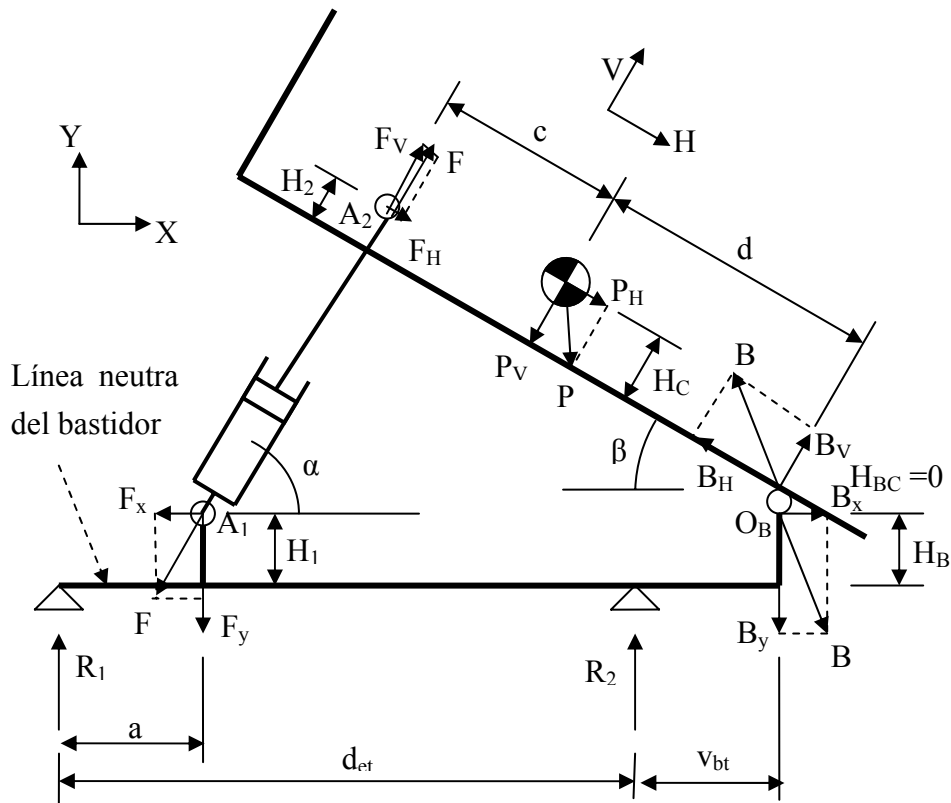


FIGURA 4.2 Esquema del conjunto bastidor-basculante.

- H_1 Distancia mínima del bulón de giro del actuador a la línea neutra del bastidor del vehículo.
- H_2 Distancia mínima del bulón de giro del actuador a la línea de caja basculante que pasa por su bulón de giro.
- H_B Distancia mínima del bulón de giro de la caja basculante a la línea neutra del bastidor del vehículo.

*** El convenio de signos para fuerzas y momentos es positivo cuando coinciden en sentido con las representadas en las figuras, en el caso que vayan en sentido contrario para algún caso particular que se analice, deberán ponerse con valor negativo en las ecuaciones que a continuación van a desarrollarse.*

Determinaremos inicialmente las ecuaciones que relacionan las fuerzas (F) fuerza del cilindro actuador y (B) fuerza sobre el bulón de giro que actúan entre la caja y el bastidor.

Dado que el cilindro actuador está articulado en sus extremos, la fuerza (F) está alineada con el eje de este cilindro. A partir de los parámetros geométricos representado en la figura 4.2, se deduce que.

$$F_x = F \cdot \cos \alpha \quad \text{Ec. 4.1}$$

$$F_y = F \cdot \text{sen} \alpha \quad \text{Ec. 4.2}$$

$$F_H = F \cdot \cos(\alpha + \beta) \quad \text{Ec. 4.3}$$

$$F_V = F \cdot \text{sen}(\alpha + \beta) \quad \text{Ec. 4.4}$$

De forma análoga se pueden relacionar los componentes de la fuerza (B).

$$B_x = B_H \cdot \cos \beta - B_V \cdot \text{sen} \beta \quad \text{Ec. 4.5}$$

$$B_y = B_H \cdot \text{sen} \beta + B_V \cdot \cos \beta \quad \text{Ec. 4.6}$$

El peso (P) de la (caja + carga) se puede descomponer en sus componentes referidas a los ejes (H,V).

$$P_H = P \cdot \cos \beta \quad \text{Ec. 4.7}$$

$$P_V = P \cdot \text{sen} \beta \quad \text{Ec. 4.8}$$

Por trigonometría podemos calcular el ángulo (α) a partir de la geometría del basculante y del ángulo de elevación (β). Una vez conocido el ángulo (α) ya podemos calcular la longitud (K) del cilindro.

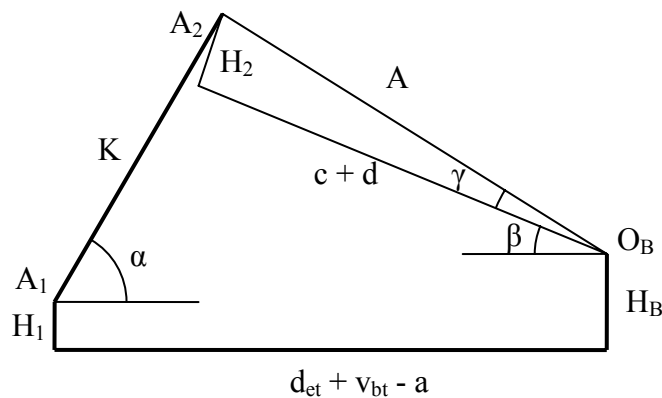


FIGURA 4.3 Esquema del cálculo del ángulo α

Siguiendo la geometría dada en la figura 4.3, primero se calcula el ángulo (γ) y la longitud (A).

$$\gamma = a \tan\left(\frac{H_2}{c+d}\right) \quad \text{Ec. 4.9}$$

$$A = \sqrt{(c+d)^2 + H_2^2} \quad \text{Ec. 4.10}$$

Con estos valores determinados, ya se puede calcular el ángulo (α).

$$\alpha = a \tan\left(\frac{A \cdot \text{sen}(\beta + \gamma) + (H_B - H_1)}{d_{\text{et}} + v_{\text{bt}} - a - A \cdot \text{cos}(\beta + \gamma)}\right) \quad \text{Ec. 4.11}$$

Una vez conocido este ángulo, se despeja la longitud del cilindro.

$$K = \frac{d_{\text{et}} + v_{\text{bt}} - a - A \cdot \text{cos}(\beta + \gamma)}{\text{cos } \alpha} \quad \text{Ec. 4.12}$$

Seguidamente, mediante el desarrollo de las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos en la caja, en el sistema de referencia de ejes (H,V), se puede obtener el reparto de fuerzas.

$$F_H + P_H = B_H \quad \text{Ec. 4.13}$$

$$F_V + B_V = P_V \quad \text{Ec. 4.14}$$

$$\sum M_{\text{Bulon}} = 0 \Rightarrow F_H \cdot H_2 + F_V \cdot (c+d) + P_H \cdot H_C - P_V \cdot d \quad \text{Ec. 4.15}$$

Sustituyendo las fuerzas (F_H) y (F_V) obtenidas anteriormente, se puede despejar la fuerza (F).

$$F \cdot \text{cos}(\alpha + \beta) \cdot H_2 + F \cdot \text{sen}(\alpha + \beta) \cdot (c+d) + P_H \cdot H_C - P_V \cdot d \quad \Rightarrow$$

$$F = \frac{P_V \cdot d - P_H \cdot H_C}{\text{cos}(\alpha + \beta) \cdot H_2 + \text{sen}(\alpha + \beta) \cdot (c+d)} \quad \text{Ec. 4.16}$$

Sustituyendo este valor, los componentes de la fuerza (B) son.

$$B_H = F \cdot \text{cos}(\alpha + \beta) + P_H \quad \text{Ec. 4.17}$$

$$B_V = -F \cdot \text{sen}(\alpha + \beta) + P_V \quad \text{Ec. 4.18}$$

- Línea 2: Pata derecha de los estabilizadores delanteros a pata derecha de los estabilizadores traseros.
- Línea 3: Pata derecha de los estabilizadores traseros a pata izquierda de los estabilizadores traseros.
- Línea 4: Pata izquierda de los estabilizadores traseros a pata izquierda de los estabilizadores delanteros.

4.4.4 Solicitaciones del chasis del vehículo

Las mayores sollicitaciones a las que se va a someter el bastidor y elementos de refuerzo, y las mayores cargas que van a recaer sobre los elementos de apoyo (ruedas y estabilizadores) van a ocurrir cuando el vehículo se encuentre a plena carga, debiéndose analizar tanto el caso del vehículo en circulación como cuando está en operaciones de manipulación de la grúa.

Como norma general, debemos tener en cuenta que durante la circulación del vehículo no deben superarse las cargas máximas técnicamente admisibles de los ejes.

También como norma se debe contemplar que durante el funcionamiento de la grúa no deben producirse cargas inadmisiblemente altas para los ejes; tomándose como condición límite que las cargas máximas soportadas por los ejes no deben superar el doble de las cargas máximas técnicamente admisibles de los ejes, ni la carga admisible en parado soportada por los neumáticos en función de su índice de carga.

Circulación

El diagrama de carga en esta situación se representa en las figuras 4.37 y 4.38 dependiendo las diferentes situaciones que pueden darse de forma habitual: Grúa de autocarga delantera tras cabina recogida o extendida, o grúa de autocarga trasera tras caja de carga recogida o extendida.

- Grúa de autocarga delantera recogida.

Una situación típica de las sollicitaciones a que se encuentra sometido se representa en la figura 4.37.

P_g Peso de la grúa con todos sus accesorios (excepto estabilizadores traseros).

- P_{et} Peso de los estabilizadores traseros de la grúa.
- P_{cc} Peso de la caja de carga en vacío
- Q_u Carga útil máxima.

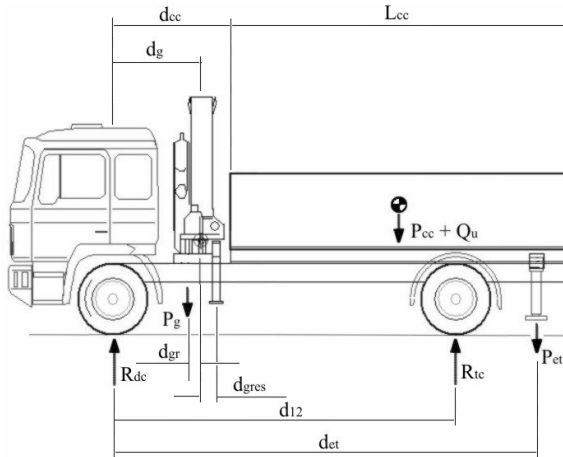


FIGURA 4.37 Grúa de autocarga delantera

En general el punto de actuación de (P_g) con la grúa recogida no tiene porqué coincidir con el eje de giro de la misma, sino que puede estar separado una distancia (d_{gr}). Su valor y punto de actuación está establecido por el fabricante de la grúa.

Las reacciones sobre los ejes debido a las cargas (R_{dc}) y (R_{tc}) se obtienen directamente de aplicar las condiciones de equilibrio estático en fuerzas y en momentos en el vehículo.

$$\sum \text{Momentos} = 0 \quad \text{y} \quad \sum \text{Fuerzas} = 0$$

Para el ejemplo planteado se obtiene.

$$R_{tc} = \frac{P_{et} \cdot d_{et} + (P_{cc} + Q_u) \left(d_{cc} + \frac{L_{cc}}{2} \right) + P_g \cdot (d_g - d_{gr})}{d_{12}} \tag{4.103}$$

$$R_{dc} = P_g + P_{cc} + Q_u + P_{et} - R_{tc} \tag{4.104}$$

Las *reacciones totales sobre los ejes* (R_d) y (R_t), se deberán calcular añadiendo a las reacciones sobre los ejes debido a las cargas (R_{dc}) y (R_{tc}), el valor debido al

CAPÍTULO - 5 - SISTEMAS Y COMPONENTES VEHICULARES

5.1 Introducción

El objeto de este capítulo es el cálculo particularizado de diferentes elementos, componentes y unidades técnicas del vehículo que pueden verse afectados por la ejecución de una reforma, o bien de aquellos que son el mismo fin de la reforma.

De entre todos los componentes y unidades técnicas del vehículo se han elegido solamente aquellos que tienen según nuestra consideración, una relevancia especial, bien por sus características, complejidad, etc. El resto de componentes pueden tratarse en muchos casos como situaciones particulares de los explicados directamente en esta publicación.

Mientras no se especifique lo contrario, en las ecuaciones de este capítulo se usan las unidades en sistema internacional.

5.2 Prestaciones vehiculares

El objeto de este apartado es dar las nociones básicas para realizar el cálculo de las prestaciones de un vehículo.

5.2.1 Resistencia total al avance

La resistencia total que se deberá vencer para poder desplazar un vehículo a velocidad constante será la suma de las tres resistencias fundamentales, aparte de otros fenómenos puntuales como piedras, baches en la carretera, etc., siendo estas la resistencia a la rodadura, la resistencia aerodinámica y la resistencia para superar una pendiente. Así, la resistencia total al avance (R_T) en (kgf) del vehículo vendrá dada por la expresión.

$$R_T = F_z \cdot \mu_r + \frac{1}{9,8} \cdot \frac{d_a}{2} \cdot C_x \cdot S \cdot V^2 + P \cdot n \quad \text{Ec. 5.1}$$

F_z	Reacción total sobre los neumáticos, normal al plano del suelo en kgf.
μ_r	Coefficiente de rodadura (asfalto ~ 0,015)
d_a	Densidad del aire (~1,22 kg/m ³)
C_x	Coefficiente de penetración aerodinámica (adimensional). (Ver apartado relacionado con conceptos aerodinámicos para su determinación)
S	Superficie frontal efectiva del vehículo en m ²
V	Velocidad de marcha en m/s
P	Peso del vehículo en kgf
n	Pendiente del suelo respecto a la horizontal en tanto por uno

5.2.2 Potencia motor

El régimen de giro del motor viene definido por el número de revoluciones del cigüeñal. El cigüeñal transmite un par a la cadena de transmisión a unas revoluciones determinadas, por lo que la potencia del motor puede expresarse como:

$$P = \frac{M_m \cdot n_m}{716,2} \quad \text{Ec. 5.2}$$

P	Potencia del motor en CV
M_m	Par del motor en kgf·m
n_m	Velocidad angular de giro del motor en r.p.m.

Por otro lado, la fuerza motriz transmitida por el neumático al suelo en función de la potencia del motor se expresa como.

$$F_m = \frac{75 \cdot \eta_t \cdot P}{V} \quad \text{Ec. 5.3}$$

F_m	Fuerza motriz transmitida por neumático a suelo en kgf
V	Velocidad de marcha en m/s
η_t	rendimiento total de la cadena de transmisión en tanto por uno

El rendimiento total que se consigue en la cadena de transmisión (η_t) se obtendrá en función de los rendimientos de cada uno de los (n) elementos actuantes en la transmisión, es decir.

$$\eta_t = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n \quad \text{Ec. 5.4}$$

En vehículos con disposición clásica de la transmisión, (η_t) estará normalmente comprendido entre el (85% y el 96%).

5.2.3 Influencia de componentes de cadena de transmisión

El par entregado por el motor se ve modificado por el diseño de los componentes de la cadena de transmisión del vehículo (caja de cambios, diferencial, ...), por lo que la verdadera fuerza motriz transmitida por los neumáticos al suelo dependerá del par motor y del propio diseño de los componentes de la transmisión.

$$F_m = \frac{M_m \cdot r_i \cdot r_f \cdot \eta_t}{R} \quad \text{Ec. 5.5}$$

R	Radio de rodadura del neumático en metros
M_m	Par motor en (kgf · m).
η_t	Rendimiento de la transmisión en tanto por uno
r_i	Relación de transmisión variable (caja de cambios)
r_f	Relación de transmisión fija (diferencial)

La velocidad de marcha del vehículo según las revoluciones (n_m) de giro del motor y de las características de los elementos de la cadena de transmisión será:

$$V = \frac{n_m}{r_i \cdot r_f} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{60} \tag{Ec. 5.6}$$

n_m Número de revoluciones por minuto del motor

Del diseño de las relaciones de transmisión en la caja de cambios y en el grupo diferencial van a depender en gran medida las prestaciones finales que tenga el vehículo. Así, una vez determinadas las relaciones de desmultiplicación fijas (r_f) y variables (r_i) de los elementos constitutivos de la cadena de transmisión, mediante las expresiones anteriores podremos representar las curvas ($n_m - V$) con motor a plena carga, o también llamadas de dientes de sierra, las cuales presentarán un aspecto similar al dado en la figura 5.1, para un vehículo con cuatro velocidades hacia delante.

En cada marcha la velocidad es lineal con el número de revoluciones del motor. Las líneas gruesas discontinuas representan la zona útil de cambio de una marcha a otra, de modo que considerando que el cambio se realiza a velocidad constante, las revoluciones de giro del motor nunca pueden caer por debajo de las revoluciones de calado, ya que en otro caso la potencia suministrada por el motor es insuficiente para vencer las resistencias totales a que se encuentra sometido y se produciría su paro. Para alcanzar la velocidad mínima del vehículo (V_{min}), se debe actuar sobre el embrague para que no se produzca el calado.

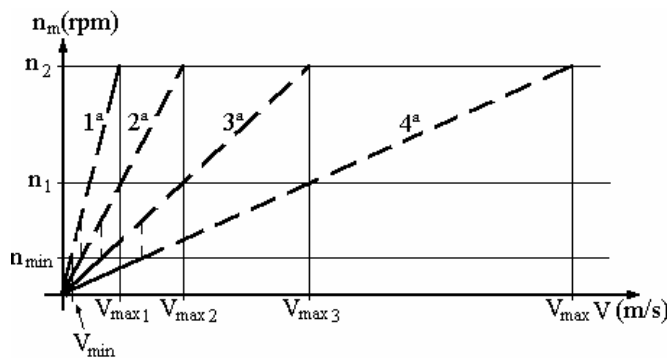


FIGURA 5.1 Curvas de diente de sierra ($n_m - V$)

Una vez diseñados las relaciones de desmultiplicación, y conocidas las curvas de comportamiento del motor del vehículo estaremos ya en condiciones de calcular las prestaciones del vehículo, considerando como tales la capacidad de aceleración, tiempos de recuperación desde una velocidad, pendientes máximas superables, velocidades alcanzables en diversas situaciones, etc.

5.3 Conceptos aerodinámicos en el diseño de carrocerías

El comportamiento del automóvil depende de componentes tales como el motor, neumáticos, la suspensión, la vía por la que circula, la aerodinámica, y por supuesto el manejo que el conductor ejecuta del mismo. Sin embargo, es la aerodinámica del vehículo quien está ganando notoriedad en los últimos años, principalmente debido a la utilización de efectos de sobrecarga que consiguen mejorar la adherencia del vehículo.

Debido a la geometría compleja de los vehículos, la interacción aerodinámica entre los diversos componentes del vehículo es significativa. Las herramientas clásicas de diseño como el túnel de viento, la mecánica de fluidos computacional, y otras están siendo discutidas en el desarrollo del automóvil. El flujo aerodinámico es no lineal, y la predicción del efecto debido a una modificación en particular no siempre es sencillo.

Para estandarizar la nomenclatura seguida por la mayor parte de las publicaciones relacionadas con la aerodinámica, se consideran el sistema de coordenadas representado en la siguiente figura.

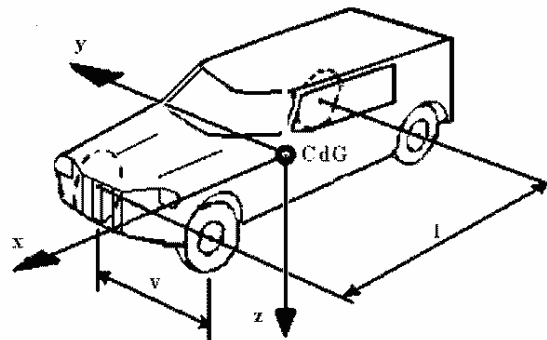


FIGURA 5.2 Sistema de coordenadas en tratamiento aerodinámico

Sobre la superficie de un vehículo desplazándose en un fluido (aire), aparecen unas fuerzas por unidad de superficie que podemos descomponerlos en su componente normal a la superficie (N) y su componente tangencial a la misma (T). Así, la fuerza aerodinámica que se generará en un vehículo de superficie (S), considerando (dS) como un elemento genérico diferencial de la misma es.

$$R_a = \int_S N \cdot i \, dS + \int_S T \cdot i \, dS \quad \text{Ec. 5.7}$$

Un alerón, con forma similar a un ala invertida, tiene una geometría más sencilla de analizar. En la figura inferior se grafican los coeficientes de sustentación y de penetración aerodinámica sobre un alerón genérico para ángulo de ataque ($\alpha = -1^\circ$) y número de Reynolds ($Re = 2 \times 10^6$), desplazándose en proximidad del suelo.

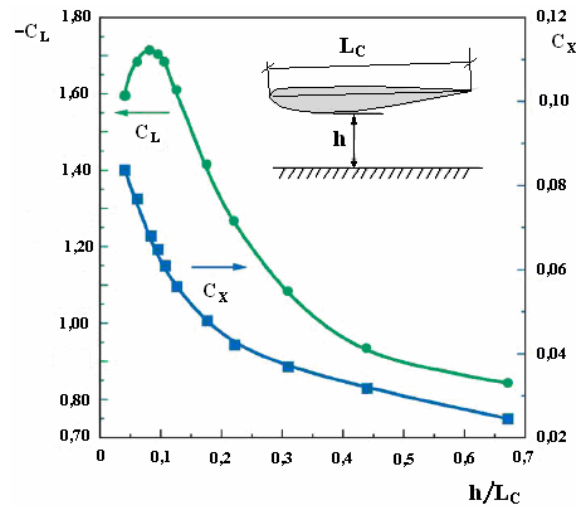


FIGURA 5.5 Ejemplo de coeficientes aerodinámicos

El efecto sobre el vehículo puede apreciarse en la siguiente figura en la que se representa el coeficiente de sustentación en un vehículo con un alerón que presenta un ángulo de ataque ($\alpha = 12^\circ$), y un número de Reynolds de ($Re=3,3 \times 10^6$).

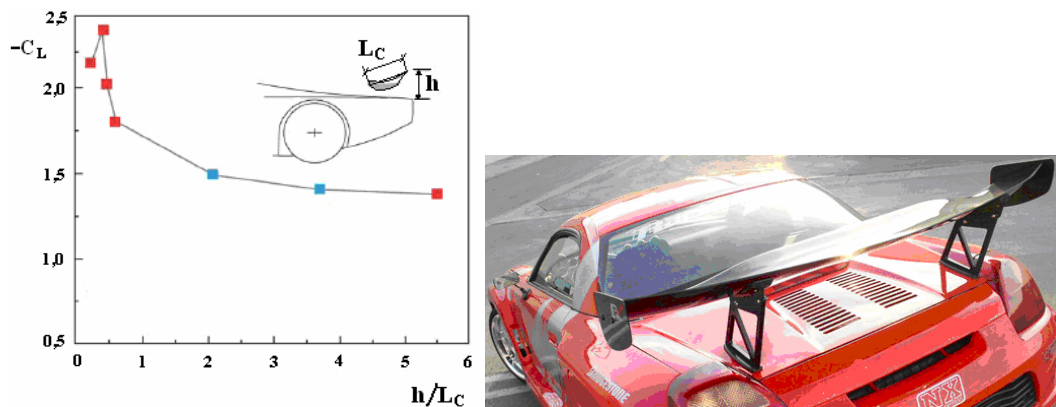


FIGURA 5.6 Ejemplo de coeficiente de sustentación aerodinámica con alerón

El *ángulo de ataque* (α) es aquel que forma la cuerda geométrica de un perfil de tipo ala con la dirección del movimiento relativa al aire incidente. En función del ángulo de ataque se modifican las características de sustentación y resistencia aerodinámica del perfil. En la figura a continuación se observa la influencia de la variación de este ángulo en el coeficiente de sustentación.

CAPÍTULO - 6 - GUÍA BÁSICA DE CARROZADO

6.1 Introducción

El objeto principal de este capítulo consiste en desarrollar algunos de los conceptos básicos que debe contener un pliego de condiciones de un proyecto técnico para reformas de vehículos. Los apartados descritos están basados en las normas de carrozado de diferentes fabricantes de vehículos, así como en normas de aplicación directa en la reforma de un vehículo (uniones atornilladas, soldaduras...).

Como consecuencia de las exigencias reglamentarias de cumplimiento en especial del 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 partes y piezas de dichos vehículos, y dado que a pesar de que los conjuntos chasis-cabina suelen poseer homologación de tipo en un país de la Unión Europea, cuando los carroceros completan estos vehículos deben asegurarse de que los vehículos terminados cumplen los requisitos indicado en este Real Decreto. Por ello se ha considerado interesante adjuntar unos apartados en este tema, en los cuales se hace referencia a aquellas Directivas que son afectadas directamente debido al carrozado ejecutado en segunda fase.

6.2 Medidas generales de seguridad

Para proceder a la manipulación del vehículo deberán tenerse en cuenta las condiciones de aseguramiento del mismo dadas a continuación.

- No colocarse debajo de un vehículo cuyo único medio de apoyo sea un gato. Utilizar caballetes, y comprobar que la superficie de apoyo sea firme y plana.

- Antes de trabajar debajo de una plataforma u otro elemento de carga elevado se debe colocar un apoyo. También se deben utilizar los dispositivos de bloqueo estándares.
- En vehículos con suspensión neumática apoyar siempre el bastidor en caballetes, la presión neumática en los fuelles de suspensión puede descargarse rápidamente bajando el bastidor.
- No se puede soldar, fumar ni poner la calefacción si hay refrigerante en el aire. Si se calienta el refrigerante, se convierte en un gas extremadamente tóxico.
- Los componentes como asientos, tapizados, adornos, paneles de protección, materiales de insonorización, etc. pueden emitir humos tóxicos o representar un riesgo potencial de incendio si se exponen a una fuente de calor intensa. Deberán ser retirados antes de efectuar soldaduras o trabajar con la llama.
- En las operaciones de pulido o esmerilado efectuadas en los materiales protegidos contra la corrosión, se han de tomar precauciones adecuadas contra los humos y los gases nocivos; en general, se habrá de utilizar aparatos de protección y usar aspiradores idóneos.
- No usar materiales dañinos para la salud o potencialmente peligrosos, como los que contienen asbesto, plomo, aditivos halógenos, fluorocarburos, etc.
- Utilizar materiales que produzcan limitadas cantidades de desechos y que permitan un fácil reciclaje después de su primer empleo.
- Cuando se trate con materiales sintéticos de tipo compuesto se deben utilizar componentes compatibles entre sí, previendo su uso incluso con el posible agregado de otros componentes reciclados. Se deben predisponer las señalizaciones requeridas por las normas vigentes.
- Cuando se esté reparando o reformando el vehículo, preferiblemente desconectar el cable negativo de la batería.
- Si es necesario que el sistema eléctrico esté con tensión, conectar un fusible de puenteo (de 8 ó 10 amperios) entre el terminal de la batería y el cable de la batería. Esta medida también reduce el peligro de que se produzcan quemaduras e incendios provocados por la corriente de las baterías.
- Al montar los terminales de los cables desmontados, aplicar grasa y apretar los terminales con cuidado.
- Los cables de la instalación eléctrica deberán estar conectados por medio de empalmes estancos del mismo tipo que los originales. El tramo de cable

añadido deberá estar protegido dentro de una funda especial y convenientemente fijado con abrazaderas. Los nuevos cableados no deberán estar al lado de circuitos electrónicos ya existentes en el vehículo.

- Al trabajar en el sistema eléctrico de la cabina se debe retirar la llave de encendido e, idealmente, desconectar todas las fuentes de alimentación del vehículo.
- Con el fin de evitar daños al rectificador de diodos, las baterías no se desconectarán nunca con el motor en marcha.
- En caso de tener que arrancar el vehículo remolcándolo, cerciorarse de que las baterías estén conectadas.
- Si las baterías se han de cargar, desconectarlas del circuito del vehículo.
- En general, no se alterarán las conexiones de masa originales del vehículo; en caso de que sea necesario desplazar dichas conexiones o realizar ulteriores puntos de masa, utilizar, en la medida de lo posible, los orificios ya existentes en el chasis.
- Evitar, por lo que se refiere a los equipos electrónicos, las conexiones de masa entre dispositivos de manera concadenada, previendo masas cableadas individuales y optimizando la longitud de las mismas (dar preferencia al recorrido mas corto).

6.3 Acondicionamiento inicial del chasis

Para garantizar la calidad y la vida útil del vehículo completo es de esencial importancia que el chasis, antes de empezar el carrozado, se encuentre en perfecta horizontalidad. Los largueros han de estar paralelos y el bastidor del chasis no deberá estar sometido a torsiones.

Para conseguir la nivelación en los chasis con suspensión neumática, tienen que usarse, como mínimo, 3 puntos de apoyo ajustables, que no se deberán retirarse en ningún momento durante el proceso de carrozado.

Si se dispone bastidor auxiliar, al fijar al bastidor este sobrebastidor, se debe primeramente juntar a presión ambos con un número suficiente de sargentos. No se deben utilizar placas de separación entre el bastidor auxiliar o sobrebastidor y el bastidor del chasis.



6.4 Requisitos a considerar para mantenimiento del vehículo

Cuando se realicen reformas o modificaciones de cualquier tipo de sistema o equipo, como norma general, no debe alterarse el buen funcionamiento de los grupos y órganos del vehículo en sus diferentes condiciones de trabajo. Para ello deberán tenerse en cuenta las siguientes indicaciones.

- No deberán alterarse las condiciones de refrigeración (rejilla, radiador, pasos de aire, circuito de refrigeración, etc.) y de admisión de aire del motor.
- Se mantendrán las posibilidades de desmontaje de los diferentes grupos como el cambio y el embrague para eventuales intervenciones de asistencia, sin que se requiera el desmontaje de elementos importantes de la estructura añadida.
- Se garantizará un espacio libre suficiente para las ruedas cuando se instale cualquier elemento tipo guardabarros.
- Los paneles supresores de ruido no deberán ser alterados ni desplazados a fin de no variar los niveles sonoros homologados para el vehículo. Si deben realizarse aberturas (por ej. para el paso de los perfiles longitudinales del chasis), éstas se cerrarán utilizando materiales con características de inflamabilidad e insonorización equivalentes a las de los materiales utilizados originalmente.
- Se mantendrá una adecuada ventilación de los frenos y de la caja de baterías.
- Comprobar el reglaje de los faros para corregir eventuales variaciones de posición una vez completado el vehículo.
- Colocar y sujetar de modo accesible y seguro, según las normativas nacionales e internacionales, los elementos que hayan sido suministrados sueltos (por ej. rueda de recambio y cuñas).
- Se mantendrá la libertad de movimiento para el abatimiento y manejo de las cabinas.
- Se mantendrá libre acceso a los puntos que precisan inspección o mantenimiento y controles periódicos. Para ello se pueden preparar a tal fin los accesos tipo portezuelas para acceder a compartimentos cerrados.
- Todas las partes del vehículo (chasis, cabina, superestructura, etc.) en las que se haya efectuado una transformación o aplicación de equipamientos deberán protegerse contra la oxidación y la corrosión.

CAPÍTULO - 7 - CONTENIDO DEL PROYECTO. EJEMPLO

7.1 Introducción

La formulación utilizada en este capítulo corresponde con la explicada en los anteriores apartados de esta publicación. Como cierre de la obra se adjunta un ejemplo completo de vehículo reformado para el que la reglamentación en vigor requiere la realización de un proyecto con su correspondiente memoria, pliego de condiciones, planos y anexos.

Como herramienta informática de apoyo utilizaremos *PRAXIS-RV*. El programa *PRAXIS-Reformas Vehículos (PRAXIS-RV)* es una herramienta informática para el cálculo de vehículos pesados, desarrollada por el Laboratorio de Automóviles del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza (LAIMUZ).

7.2 Contenido mínimo del proyecto técnico

En los casos que proceda según la Orden CTE/3191/2002, se adjuntará un proyecto técnico realizado por técnico competente y visado por colegio autorizado, tal que su contenido incluya los siguientes documentos, o aquellos que tanto técnica como reglamentariamente se consideren necesarios: memoria, pliego de condiciones, planos y anexos.

En los siguientes apartados se describirá el contenido mínimo que debería tener, desde nuestra consideración, cada uno de esos documentos.

* Con carácter general, para cada una de las reformas contempladas en la Orden CTE/3191/2002, se cumplimentará en el apartado que se considere apropiado del proyecto aquellos contenidos mínimos descritos en el Manual de Reformas de Importancia publicado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Adicionalmente se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones.

7.3 Contenido mínimo. Memoria

En ella se especificarán los siguientes aspectos:

- identificación del vehículo objeto de reforma,
- identificación del técnico que realiza el proyecto,
- reglamentación mínima que debe cumplirse,
- descripción completa de la reforma a realizar,
- características principales del vehículo antes y después de la reforma,
- cálculos justificativos de todos aquellos elementos y/o conjuntos que como consecuencia de la reforma puede afectar a la seguridad del vehículo y sus ocupantes o a la seguridad vial o a la protección del medio ambiente. Para gran parte de las reformas tipificadas como mínimo se deberá verificar:
 - el reparto de cargas y dimensiones según el Reglamento General de Vehículos en la fecha de ejecución de la reforma, teniendo en cuenta las consideraciones adicionales del resto de reglamentación y las recomendaciones del fabricante del chasis-cabina,
 - la operatividad de equipos instalados sobre el vehículo (grúas, puertas elevadoras...),
 - la resistencia de la estructura (bastidor, estructura autoportante, estructura tubular o cualquier otro tipo de sistema resistente),
 - el cálculo de los sistemas y elementos de unión de las superestructuras y de equipos,
 - la compatibilidad de los elementos afectados o incorporados con el resto de elementos del vehículo y sus sistemas,
 - el cumplimiento con toda Reglamentación específica requerida (frenado, dirección,...).
- conclusiones. En ellas se citará de forma explícita la idoneidad de la reforma, tanto desde el punto de vista técnico como desde el reglamentario.

7.6 Contenido mínimo. Anexos

Se adjuntará como anexo al proyecto técnico toda aquella documentación que ayude a complementar los cálculos o cualquier hecho que justifique la reforma o transformación del vehículo. Tal es el caso de:

- tarjeta de inspección técnica del vehículo (tanto española como del país de origen si es de importación). Este documento es imprescindible para poder solicitar autorización de reforma al laboratorio,
- certificados de características técnicas del vehículo importado (si procede),
- propuesta de ficha reducida de características técnicas del vehículo (si procede),
- certificados de ensayo de elementos o de componentes,
- manuales de instalación,
- fotografías,
- etc.

No se admitirán como válidos aquellos datos del vehículo que no se encuentren debidamente acreditados y como consecuencia de la reforma puedan implicar un cambio en la homologación de tipo del vehículo o en su categoría.

7.7 Ejemplo. Introducción

Los siguientes apartados se van a desarrollar a modo de ejemplo numérico en el cual se va a realizar una reforma ficticia sobre un vehículo con datos reales. Para ello se presentan los distintos documentos con todo su contenido.

La formulación no se anota íntegra en el texto a continuación puesto que coincide con lo desarrollado en los apartados correspondientes al asunto específico en esta publicación. El lector o usuario de este libro puede intercalar, según sus propias consideraciones, aquella formulación que considere necesaria para un correcto entendimiento del contenido de su proyecto en su redacción independiente de este libro.

PRAXIS-REFORMAS DE VEHÍCULOS con todos sus módulos: PRAXIS-RV, PRAXIS-SECCIONES, PRAXIS-DIRECCIÓN, PRAXIS-EF, PRAXIS-DIRECCIÓN,

PRAXIS-FRENOS, PRAXIS-TARAS y PRAXIS-MODCOD4, es una herramienta informática para el cálculo de reformas sobre vehículos, desarrollada por el Laboratorio de Automóviles del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza (LAIMUZ) que incorpora en sus algoritmos los procesos y ecuaciones descritas en esta publicación. Su manejo es sencillo e intuitivo, no precisando ser un experto en todos campos de la materia relacionada con los vehículos y sus reformas para poder emplearlo.

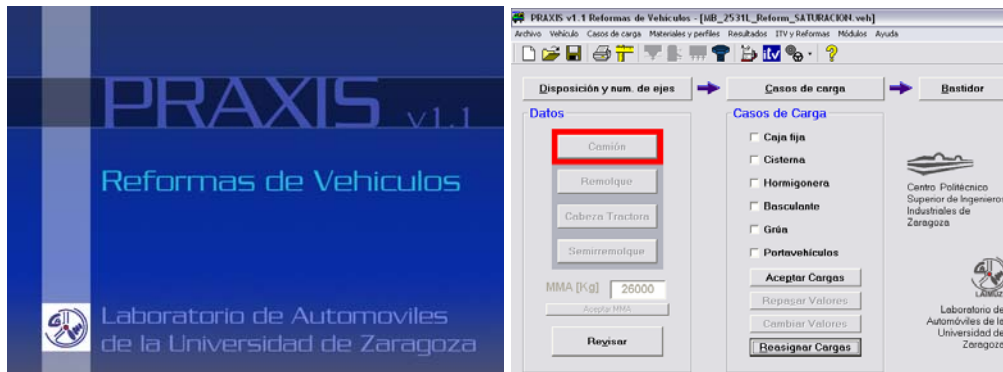


FIGURA 7.1 PRAXIS-RV. Presentación y pantalla principal

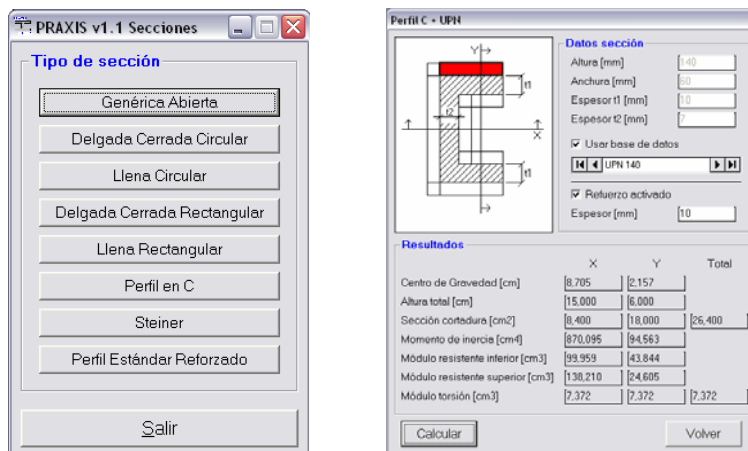


FIGURA 7.2 PRAXIS-SECCIONES

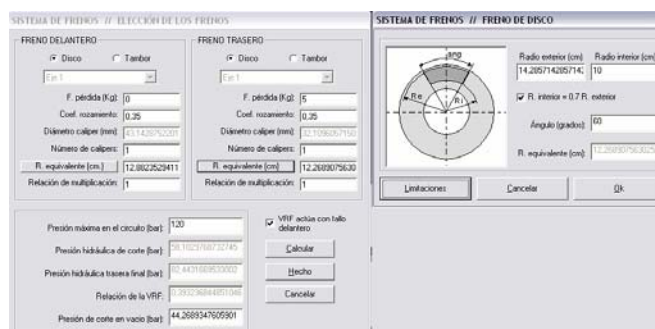


FIGURA 7.3 PRAXIS-FRENOS

Datos del vehículo

Tipo de cálculo: Sin suspensión Con suspensión

Masa suspendida (Kg): 1000 Suspensión delantera(N/m): 10000

Masa no suspendida (Kg): 100 Suspensión trasera(N/m): 10000

Altura del CDG (mm): 550,0000 Barra estabilizadora (Nm): 1000

Altura del CIR (mm): 366,6667 Distancia apoyos (mm): 1100

Radio del neumático (mm): 315,12665 Inercia del Vehículo (Kgm²): 200

Via delantera (mm): 1300 Batalla (mm): 3200

Via trasera (mm): 1200 Posición del cdg (mm): 1600

Calcular **Cisternas** **Volver**

FIGURA 7.4 PRAXIS-ESTABILIDAD

Datos del vehículo

l (mm): 5000

Dp (mm): 1200

Lt (mm): 7500

At (mm): 2500

Vp (mm): 1000

Vehículo: [dropdown]

Radio interior mínimo

	Radio (m)	Giro rueda
Interior	5.300	40.042
Exterior	10.153	34.965

Radio exterior máximo

	Radio (m)	Giro rueda
Interior	8.177	29.529
Exterior	12.500	26.503

Calcular **Comprobar distancias** **volver**

FIGURA 7.5 PRAXIS-DIRECCIÓN

Cambio de longitud (unidades en mm.)

Batalla inicial: 4600 Batalla final: 5000

Variación del CDG: 100

Pesos antes de la reforma (unidades en Kg.)

Tara delantera: 4000 Tara trasera: 2000

Peso eje delantero: 800 Peso eje trasero: 1300

Incremento de peso: 500

Pesos después de la reforma (unidades en Kg.)

Tara delantera: 4385 Tara trasera: 2115

Calcular **Salir**

Copyright © 2004 S. Baselga Ariño

FIGURA 7.6 PRAXIS-TARAS

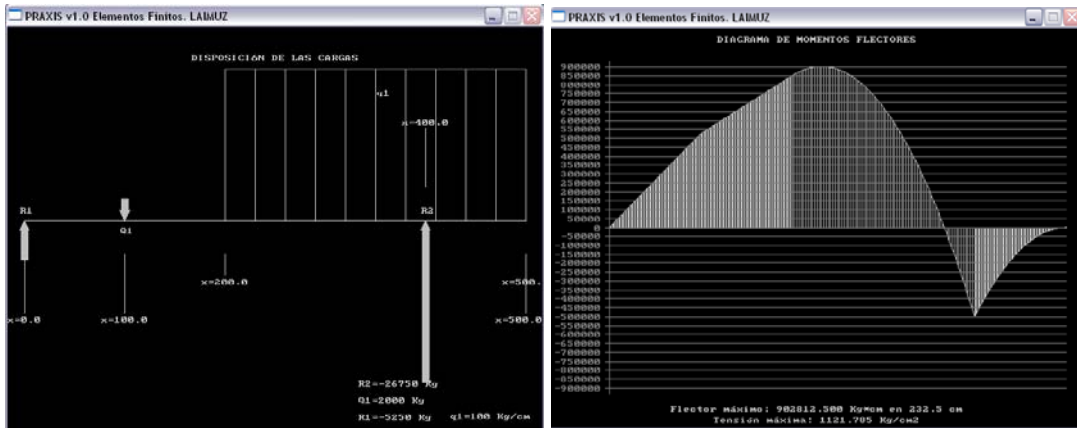


FIGURA 7.7 PRAXIS-EF

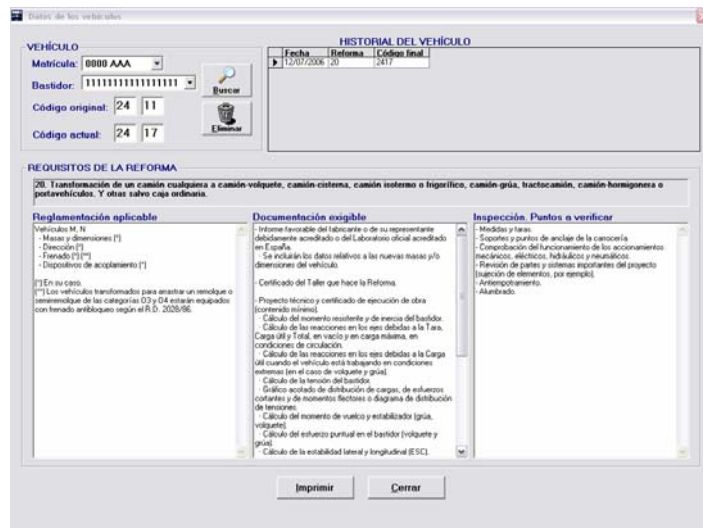


FIGURA 7.8 PRAXIS-MODCOD4

Las figuras anteriores corresponden a diferentes pantallas de PRAXIS-REFORMAS DE VEHÍCULOS y sus módulos.

Seguidamente se plantea el ejemplo numérico ficticio de reforma de un vehículo.

7.8 Ejemplo. Solicitud

Estudio técnico de reforma de importancia de vehículo

Se realiza el presente Estudio Técnico para la reforma del vehículo referenciado consistente en *instalar una grúa de autocarga delantera y una caja abierta basculante*, a fin de obtener los permisos necesarios para proceder a la legalización del vehículo reformado.

Los datos del vehículo previo a la reforma corresponden con los de la Tarjeta ITV adjuntada en el anexo.

Vehículo: MARCAVEH

Modelo: DENCOM

Nº bastidor: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Matrícula: _____

Peticionario / A favor de: _____

Dirección: _____

Proyectista: _____

Colegiado en el Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros _____

Nº Colegiado: _____

Dirección: _____

Teléfono: _____ Fax: _____ E-mail: _____

La documentación aportada a tal efecto es: Memoria, Pliego de condiciones, Planos, Anexos, Otros ...

En _____, a _____

Fdo: _____

7.9 Ejemplo. Memoria

*** El vehículo y la reforma presentada es un ejemplo, no obstante, algunos de los datos del chasis-cabina y de los accesorios añadidos, pueden ser coincidentes o aproximados a productos comerciales. Los datos presentados en este apartado y en los anexos no tienen ninguna validez legal.*

7.9.1 Peticionario

D. _____, colegiado en el Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros _____ Industriales, con el nº _____, con domicilio en _____, realiza el presente Proyecto Técnico para la reforma que se describe en el apartado siguiente, en el vehículo marca MARCAVEH, denominación comercial DENCOM, bastidor nº XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX a fin de obtener los permisos necesarios para proceder a la legalización definitiva del vehículo reformado.

7.9.2 Reglamentación

Para la redacción del proyecto, se ha tenido en cuenta la siguiente reglamentación:

- Real Decreto 736/1988 de 8 de julio por el que se regula la tramitación de reformas de importancia de los vehículos de carretera, y se modifica el artículo 252 del código de la circulación.
- Orden de 22 de mayo de 1989 que modifica los anexos del RD 736/1988.
- Orden CTE/3191/2002 de 5 de diciembre por la que se tipifican nuevas reformas de importancia y se modifican los anexos I y II del RD 736/1988.
- 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 piezas y partes 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 de 6 de junio.
- 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 del reglamento general de vehículos en lo relativo a las placas de matrícula.

- Orden PRE/3298/2004 de 13 de octubre por la que se modifica el anexo IX *masas y dimensiones* del Reglamento General de Vehículos.
- Manual de Reformas de importancia, Revisión 2ª de 16/06/04.
- Otros....

7.9.3 Descripción de la reforma

La reforma, tipificada en el Real Decreto 736/1988 de 8 de Julio y las actualizaciones de sus anexos hasta la Orden CTE/3191/2002 de 5 de diciembre con los números 15, 16, 20, 34 y 46 a ejecutar en el vehículo mencionado, consiste en:

- Desmontar el carrozado anterior e instalar una caja basculante de anchura 2550 mm y altura útil de carga 2000 mm. El equipo basculante está formado por:
 - Toma de fuerza al cambio, Marca “MARCA TOMA FUERZA” con bomba hidráulica “BOMBA HIDRÁULICA”, que transmite una presión continua de 250 bares, en un rango de X₁ a X₂ r.p.m..
 - Depósito hidráulico de “LLLL” litros.
 - Fluido hidráulico “REFERENCIA FLUIDO”, de la marca comercial “MARCA FLUIDO”.
 - Limitador de ángulo de basculamiento de accionamiento mecánico en la base de la caja junto al bulón de giro.
 - Bancada soporte de cilindro hidráulico, formada por perfiles laminados en caliente UPN-140, transversalmente al bastidor del vehículo y UPN-100 longitudinalmente al mismo, sobre los cuales se instalarán las muñequillas de giro del cilindro hidráulico.
 - Un cilindro hidráulico telescópico de “EEEE” expansiones comercializados por “MARCA CILINDRO” con referencia “REFERENCIA CILINDRO”, consiguiendo una extensión máxima de “LELE” mm.
- Incorporar grúa de autocarga H 175 detrás de cabina.
- Cortar el voladizo por su parte posterior y reforzar el bastidor del vehículo mediante sobrebastidor y otros accesorios. Se disminuye el voladizo de carga posterior.

- Como consecuencia de las modificaciones cambian la tara y las dimensiones del vehículo (disminuyen voladizo posterior y longitud total).
- No es necesario modificar la MMA del vehículo ni de sus ejes por cumplir con la reglamentación actual.

Para llevar a cabo la reforma se seguirán los siguientes pasos:

- Se eliminarán todos los elementos previos correspondientes a la superestructura que monta en su configuración previa a la reforma y se dejará el vehículo en chasis-cabina.
- Se reforzará el bastidor original mediante sobrebastidor y otros elementos. La descripción de estos elementos se adjunta en el apartado de cálculos.
- Se instalará la grúa autocarga y accesorios según la disposición en planos.
- Se instalará la caja basculante con todos sus accesorios según la disposición dada en los planos.

Las uniones de los componentes y la ejecución de las operaciones realizadas se llevarán a cabo siguiendo las indicaciones del pliego de condiciones siempre y cuando no contravengan las dadas por el manual de carroceros del fabricante del vehículo, en cuyo caso se ejecutarán siguiendo estas últimas.

7.9.4 Características del vehículo antes y después de la reforma

Características del vehículo antes de la reforma

CLASIFICACION DEL VEHICULO:		2211 Camión PMA>12t caja abierta	
Marca	MARCAVEH	Clase según R.36	---
Tipo	TIPVEH	Altura máx. (mm)	3450
Variante	VARVEH	Anchura máx. (mm)	2500
Denom. comercial	DENCOM	Vía anter./post. (mm)	2036 / 1959
TARA (kg.)	10120	Longitud máx.(mm)	9945
MTMA/MMA (kg)	26000	Voladizo pos. max. (mm)	2355
MTMA/MMA 1.º E (kg)	7500	Dist. eje 1.º/2.º (mm)	4800
MTMA/MMA 2.º E (kg)	11500	Dist. eje 2.º/3.º (mm)	1350
MTMA/MMA 3.º E (kg)	7500	Dist. eje 3.º/4.º (mm)	---
MTMA/MMA 4.º E (kg)	---	Dist.5.ª r./ult. (mm)	---
MMR S/F, C/F (kg)	750 / 40000	Motor: Marca	MARCAMOT
Nº y dim. Neumáticos	8 - 315/80 R 22,5 154/145 G	Tipo	TIPOMOT
Nº de asientos	2	NºCil./Cilindr.(cm ³)	6 / 11856
		P.fisc./real(CVF./kW)	46,76 / 235
Otras características a especificar: cabina corta; caja a 455 mm 1 ^{er} eje con longitud útil de carga 8050 mm.			

TARAS POR EJES por MMAs (kg):	1.º E: ---	2.º E: ---	3.º E: 2259	4.º E: ---
-------------------------------	------------	------------	-------------	------------

TABLA 7.1 Características antes de la reforma