

# MANUAL TEÓRICO SOBRE REFORMAS DE VEHÍCULOS

**Santiago Baselga Ariño**

**2ª EDICIÓN  
ACTUALIZADA  
MAYO 2018**





**AUTOR:**

**DR. SANTIAGO BASELGA ARIÑO**

**PROFESOR DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE AUTOMÓVILES DEL DPTO. DE ING.  
MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA (LAIMUZ)**

**CO-AUTOR (CAPÍTULOS 1 Y 2):**

**DRA. MARÍA ROSARIO GONZÁLEZ PEDRAZA  
PROFESORA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE FABRICACIÓN DE  
LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA  
RESPONSABLE DE LA CALIDAD DEL LABORATORIO DE AUTOMÓVILES DEL  
DPTO. DE ING. MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA (LAIMUZ)**

**Autor:** Santiago Baselga Ariño  
Prohibida su reproducción  
2ª Edición: Actualizada a Mayo 2018

Depósito Legal: Z-18/2013  
I.S.B.N.: 978-84-96267-44-2

**Imprime y Edita:**  
KRONOS  
C/ Menéndez Pelayo, 4  
50009 Zaragoza  
[www.kronoscenter.com](http://www.kronoscenter.com)

A MERCHE, MARIO y CAROLINA.



## PRESENTACIÓN

Estimados lectores.

Nueva revisión de esta edición del “MANUAL TEÓRICO SOBRE REFORMAS DE VEHÍCULOS”. Las partes principales relacionadas con conocimientos base que debe tener un “técnico competente” en resistencia de materiales y sus propiedades mecánicas, la guía de carrozado según las indicaciones del fabricante del vehículo base, más los cálculos genéricos de superestructuras, elementos y determinación de las uniones de diversos elementos he considerado oportuno mantenerlos, debido a que estos conocimientos son estables. Estos capítulos sólo han precisado una adecuada reorganización, de acuerdo a la experiencia obtenida en su explicación a diferentes grupos de alumnos, para que sea más fácil su lectura y entendimiento, eliminándose aquellos conceptos empleados más bien en campos de investigación y reforzando aquellos otros conceptos de aplicación directa y con uso frecuente en la actividad profesional.

Otro aspecto distinto es el reglamentario. El campo de la homologación y reformas de vehículos está sometido a un cambio incesante, de tal modo que en periodos bastante inferiores a un año, se publican diversos documentos normativos capaces de cambiar en manera notoria los procedimientos para legalizar las actuaciones realizadas sobre vehículos. Por este motivo se han modificado y actualizado los capítulos relacionados con el análisis de la reglamentación aplicada a los vehículos, intentando dar la mayor generalidad posible para que mantengan su funcionalidad durante un periodo longevo. Los aspectos reglamentarios han sido puestos a día de mayo del 2018.

Más que simples bases teóricas, la publicación continúa enfocada a su uso como una herramienta de consulta con el máximo posible de contenido en cada una de las materias tratadas. Se ha intentado no dejar de lado los aspectos relacionados con el ejercicio libre de la profesión de los técnicos cualificados en el sector de la automoción. Se incluye un modelo general de proyecto técnico siguiendo los requerimientos el Manual de Reformas emitido por el Ministerio, para su uso opcional como guía en el desarrollo de la actividad profesional. El formato digital de la publicación (en “pdf”) está pensado por estos motivos como herramienta que facilite el manejo y contenido de los modelos planteados y desarrollados en el libro para la labor del profesional.

Esta publicación también sirve como libro de consulta en varias asignaturas y Másteres impartidos en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza (EINA).

La redacción de los capítulos de conceptos generales de materiales, elasticidad y resistencia de materiales, normas de carrozado, cálculo de sistemas vehiculares, etc. son resultado de un 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. Considero que cualquier profesional que se dedique a la elaboración de proyectos y actividades paralelas relacionadas con la modificación de vehículos debe tener conocimiento y dominio de estas materias.

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 (PRAXIS-RV), como en los modelos analíticos de cálculo.

Sin más, mi agradecimiento a los interesados por el contenido de esta obra.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke at the bottom.

Santiago Baselga



**CAPÍTULO - 0 - ÍNDICE GENERAL**

<b>ÍNDICE ANALÍTICO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>CAPÍTULO - 0 - ÍNDICE GENERAL</b>	<b>III</b>
<b>CAPÍTULO - 1 - NORMATIVA BÁSICA DE VEHÍCULOS</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción	1
1.2 Jerarquía normativa y competencia en las materias	1
1.2.1 Introducción	1
1.2.2 La constitución española	3
1.2.3 Los tratados internacionales	3
1.2.4 La ley	4
1.2.5 El Real Decreto-Ley	6
1.2.6 El Real Decreto Legislativo	6
1.2.7 Los reglamentos	7
1.2.8 Las normas de las comunidades autónomas	7
1.2.9 Las normas de las entidades locales	8
1.2.10 La normativa comunitaria	8
1.2.11 Comienzo de vigencia de las normas	8
1.3 Normativa base sobre condiciones técnicas de los vehículos	9
1.3.1 Real Decreto 2822/1998. Reglamento General de Vehículos	10
1.3.2 Real Decreto 920/2017. Inspección técnica de vehículos	21
1.4 Homologación de vehículos	25
1.4.1 Antecedentes normativos cercanos	25
1.4.2 Real Decreto 750/2010. Regulación procedimientos homologación	27
1.4.3 Categorías de vehículos	28
1.4.4 Definiciones de los tipos de carrocería en categorías (M, N y O)	36
1.4.5 RD 2028/1986. Incorporación de la Normativa comunitaria	38
1.4.6 Normativa colateral	41
1.5 Reformas de vehículos	41

1.5.1	Antecedentes normativos cercanos	41
1.5.2	Real Decreto 866/2010. Normativa en vigor sobre reformas	43
1.5.3	Manual de Reformas (MR)	52
1.5.4	Contenido de la documentación previa exigible	57
<b>CAPÍTULO - 2 - ACTOS REGLAMENTARIOS COMÚNMENTE AFECTADOS</b>		<b>69</b>
2.1	Introducción	69
2.2	Normativa comunitaria sobre Masas y Dimensiones	69
2.2.1	Definiciones	70
2.2.2	Verificación de masas. Directiva 92/21/CEE (sólo M1)	80
2.2.3	Verificación de masas. Directiva 97/27/CE (M salvo M1), (N y O)	82
2.2.4	Verificación de masas. Reglamento (UE) N° 1230/2012 (M, N y O)	85
2.2.5	Tolerancias en masas para vehículos sin reglamentación específica	90
2.2.6	Verificación de dimensiones. Directiva 92/21/CEE (sólo M1)	90
2.2.7	Verificación de dimensiones. Directiva 97/27/CE (M salvo M1), (N y O)	91
2.2.8	Verificación de dimensiones. Reglamento (UE) N° 1230/2012 (M, N y O)	96
2.2.9	Tolerancia de dimensiones. Norma UNE 26-192-87	97
2.2.10	Verificación de Masas y Dimensiones. Reglamento CEPE/ONU 107R	98
2.2.11	Verificación de Masas y Dimensiones. Directiva 93/93/CEE	98
2.2.12	Verificación de Masas y Dimensiones. Directiva 74/151/CEE	98
2.2.13	Verificación de Masas y Dimensiones. Directiva 96/53/CE	99
2.3	Consideraciones de masas y dimensiones por (RGV)	99
2.3.1	Masas	99
2.3.2	Dimensiones	102
2.3.3	Masas remolcables	105
2.4	Normativa sobre el frenado en los vehículos. Reglamentos 13 y 13H	108
2.4.1	Funciones del dispositivo de frenado	109
2.4.2	Ensayos de frenado	110
2.4.3	Rendimiento (o eficacia) de los dispositivos de frenado	113
2.4.4	Distribución del esfuerzo de frenado (Anexos: 10 R13 y 5 R13H)	114
2.5	Normativa sobre neumáticos	121

2.5.1	Reglamento CEPE/ONU N° 30 y Reglamento CEPE/ONU N° 54	121
2.5.2	Reglamento (CEPE) N° 75 y Reglamento (UE) 3/2014	131
2.6	Normativa sobre sistema antiproyección	138
2.6.1	Ámbito de aplicación	139
2.6.2	Definiciones	139
2.6.3	Requisitos para homologación de tipo CE de sistemas antiproyección	140
2.7	Normativa sobre dispositivos de protección trasera	146
2.7.1	Ámbito de aplicación	147
2.7.2	Parte I. Homologación de dispositivos de protección trasera	147
2.7.3	Parte II. Montaje en un vehículo del dispositivo homologado	148
2.7.4	Parte III. Vehículo con parte trasera que hace función de protección	149
2.8	Normativa sobre dispositivos de protección lateral	149
2.8.1	Ámbito de aplicación	150
2.8.2	Requisitos homologación de vehículos respecto instalación de DPL	151
2.9	Normativa sobre dispositivos de alumbrado y señalización luminosa	156
2.9.1	Ámbito de aplicación	156
2.9.2	Especificaciones de instalación	156
2.10	Normativa sobre emplazamiento de placas traseras de matrícula	162
2.10.1	Ámbito de aplicación	162
2.10.2	Especificaciones de instalación	163
2.11	Normativa sobre dispositivos de acoplamiento	164
2.11.1	Ámbito de aplicación	164
2.11.2	Definiciones	165
2.11.3	Requisitos generales de ensayo de dispositivos de acoplamiento	168
2.11.4	Marcado del dispositivo de acoplamiento	169
2.11.5	Requisitos de instalación. Anexo 7 del Reglamento 55	171
2.11.6	Cálculo de brazos de tracción no normalizados clase (F)	176
2.11.7	Cálculo de uniones atornilladas de brazos (o soportes) de tracción	183
2.11.8	Cálculo de barras de tracción no normalizadas clase (E)	185
2.11.9	Elección de las características del acoplamiento y del remolque	192

<b>CAPÍTULO - 3 - ELASTICIDAD Y RESISTENCIA DE MATERIALES PRÁCTICA</b>	<b>197</b>	
3.1	Introducción	197
3.2	Conceptos generales de aplicación en resistencia de materiales	197
3.3	Solicitaciones exteriores y reacciones en los apoyos	199
3.4	Estado tensional de un sólido elástico	201
3.4.1	Caso general	202
3.4.2	Casos particulares	206
3.5	Deformaciones en un sólido elástico	208
3.6	Comportamiento de un sólido tipo barra solicitado axialmente	210
3.6.1	Diagrama de esfuerzos	210
3.6.2	Estado tensional	211
3.6.3	Deformaciones. Rigidez equivalente	212
3.7	Comportamiento de un sólido tipo barra solicitado a flexión	213
3.7.1	Tensor de inercia	213
3.7.2	Teorema de Steiner	216
3.7.3	Consejos prácticos para el cálculo de tensores de inercia	217
3.7.4	Centro de inercia	217
3.7.5	Ejemplos de centros de inercia y tensores de inercia	219
3.7.6	Diagrama de esfuerzos	221
3.7.7	Estado tensional	225
3.7.8	Deformaciones. Rigidez equivalente	231
3.8	Teoría elemental de cortadura	232
3.9	Comportamiento de un sólido tipo barra solicitado a torsión	233
3.9.1	Estado tensional	233
3.9.2	Deformaciones. Rigidez equivalente	237
3.10	Comportamiento de un sólido tipo barra solicitado a pandeo	238
3.10.1	Columna de Euler	238
3.10.2	Influencia de los enlaces. Longitud de pandeo	239
3.10.3	Tensión crítica de Euler. Límites de aplicación	240
3.11	Estados límites de deformación elástica del material	241

3.11.1	Concepto	241
3.11.2	Teoría de la tensión principal máxima	241
3.11.3	Teoría de la tensión tangencial máxima de Tresca	242
3.11.4	Teoría de la deformación longitudinal unitaria máxima	242
3.11.5	Teoría de la energía de distorsión de von Mises	242
3.12	Cálculo a fatiga	243
3.12.1	El diagrama (S-N)	243
3.12.2	Fatiga en ciclos altos	245
3.12.3	Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga	246
3.13	Determinación de coeficientes de seguridad	252
<b>CAPÍTULO - 4 - CÁLCULO DE UNIONES</b>		<b>255</b>
4.1	Introducción	255
4.2	Uniones atornilladas o remachadas	255
4.2.1	Carga aplicada en el centroide de las uniones	256
4.2.2	Carga excéntrica respecto al centroide de la unión	258
4.3	Uniones por soldadura	260
4.3.1	Unión a tope	260
4.3.2	Unión en ángulo	260
4.3.3	Unión en (T)	263
4.4	Uniones por adhesivo	266
<b>CAPÍTULO - 5 - MODELOS DE REPARTO DE CARGAS Y ESFUERZOS</b>		<b>269</b>
5.1	Introducción	269
5.2	Distancias técnicas. Determinación del sistema isostático equivalente	269
5.3	Modelos de reparto de cargas por ejes	273
5.3.1	Reparto de cargas en tandem mecánico de ballestas	278
5.3.2	Reparto de cargas en grupo triaxial mecánico de ballestas	280
5.3.3	Reparto de cargas en tandem neumático	284
5.3.4	Reparto de cargas en grupo triaxial neumático	286
5.4	Posicionamiento del centro resultante de cargas	289
5.5	Clasificación de tipos de carrocerías por su rigidez a torsión	291

5.6	Tipos de unión de superestructuras	293
5.7	Distribución de esfuerzos entre bastidor y sobrebastidor	295
<b>CAPÍTULO - 6 - CONFIGURACIÓN DE SUPERESTRUCTURAS Y ACCESORIOS</b>		<b>297</b>
6.1	Introducción	297
6.2	Carrocerías basculantes	297
6.2.1	Esfuerzos actuantes en una carrocería basculante	297
6.2.2	Determinación del cilindro actuador	303
6.2.3	Cálculo de bulones en caja basculante	308
6.2.4	Cálculo de la unión bastidor-sobrebastidor	309
6.3	Sistema multibrazo basculante	311
6.3.1	Cálculo de la geometría	312
6.3.2	Cálculo de esfuerzos	314
6.3.3	Determinación del cilindro actuador	318
6.3.4	Cálculo de bulones en basculante de sistema multibrazo	319
6.4	Grúas autocarga	321
6.4.1	Condiciones básicas de montaje de la grúa	321
6.4.2	Momentos de elevación de la grúa	322
6.4.3	Estabilidad a vuelco	323
6.4.4	Solicitaciones del chasis del vehículo	327
6.4.5	Cálculo de elementos de fijación de la grúa	334
6.5	Plataformas traseras elevadoras	336
<b>CAPÍTULO - 7 - CÁLCULO DE SISTEMAS Y ELEMENTOS ESPECÍFICOS</b>		<b>341</b>
7.1	Introducción	341
7.2	Prestaciones vehiculares	341
7.2.1	Resistencia total al avance	341
7.2.2	Potencia motor	342
7.2.3	Influencia de componentes de cadena de transmisión	342
7.3	Conceptos aerodinámicos en el diseño de carrocerías	344
7.4	Cálculo del eje motriz o árbol de transmisión	350
7.4.1	Cálculo resistente	350

7.4.2	Fenómenos vibracionales	351
7.5	El frenado en los vehículos	353
7.5.1	Curvas de equiaderencia	354
7.5.2	Planteamiento del sistema de frenos	359
7.6	Sistema de dirección	367
7.6.1	Geometría básica de dirección	367
7.6.2	Efecto de las cotas de reglaje	369
7.6.3	Geometría del cuadrilátero Ackerman de dirección	374
7.6.4	Par de dureza de la dirección. Modelo simplificado	377
7.6.5	Cálculo de la columna de dirección sobre cuadrilátero Ackermann	383
7.7	Sistemas de suspensión y estabilidad a vuelco	384
7.7.1	Rigidez de elementos elásticos de suspensión	385
7.7.2	Estabilidad lateral	395
7.7.3	Estabilidad longitudinal	402
7.7.4	Cálculo de la estabilidad en vehículos cisterna	407
	<b>CAPÍTULO - 8 - PLIEGO DE CONDICIONES: GUÍA BÁSICA DE CARROZADO</b>	<b>413</b>
8.1	Introducción	413
8.2	Medidas generales de seguridad	413
8.3	Acondicionamiento inicial del chasis	415
8.4	Requisitos a considerar para mantenimiento del vehículo	415
8.5	Consideraciones dimensionales y de distribución del peso	416
8.6	Taladrado de orificios en el bastidor	417
8.7	Soldaduras en el bastidor	418
8.7.1	Instrucciones específicas para soldadura a tope del bastidor	419
8.7.2	Instrucciones específicas para modificación del voladizo posterior	421
8.7.3	Especificación del material de soldadura	421
8.8	Sustitución de remaches por tornillos	423
8.9	Travesaños	423
8.9.1	Condiciones generales	423
8.9.2	Travesaño para gancho de remolque	423

8.10	Fijación de componentes al bastidor	424
8.11	Árboles de transmisión y articulaciones cardan	425
8.12	Sistema de aire comprimido	428
8.13	Sistema de frenos	429
8.14	Sistemas de admisión y de escape	430
8.15	Sistemas de combustible	430
8.16	Tomas de energía	431
8.17	Instalación eléctrica	433
8.17.1	Aparatos suplementarios	435
8.17.2	Baterías y alternadores suplementarios	435
8.17.3	Grupos eléctricos suplementarios	436
8.17.4	Tomas de corriente	436
8.17.5	Circuitos adicionales	436
8.18	Modificaciones en la refrigeración del motor	437
8.19	Estribos y plataformas	438
8.20	Modificaciones en cabina	438
8.21	Superestructuras. Requerimientos, tipos y accesorios	439
8.21.1	Bastidor auxiliar	439
8.21.2	Métodos de fijación de las carrocerías	442
8.21.3	Superestructuras. Carrocería fija	444
8.21.4	Superestructuras. Grúa autocarga	446
8.21.5	Superestructuras. Volquetes	451
8.21.6	Superestructuras. Cisterna	453
8.21.7	Superestructuras. Hormigoneras y bombas de hormigón	455
8.21.8	Superestructuras. Camiones con carrozado desmontable	455
8.21.9	Superestructuras. Tractocamión	456
8.22	Características de materiales	459
8.22.1	Aceros	460
8.22.2	Fundiciones	462
8.22.3	Aluminios	463



8.22.4	Tornillos, tuercas y arandelas	463
8.23	Condiciones de manipulación y transporte de la carga	466
8.23.1	Distribución de la carga	466
8.23.2	Condiciones en el basculamiento	468
8.23.3	Manipulación de grúas autocarga	469
<b>CAPÍTULO - 9 - SEGURIDAD EN EL TRABAJO</b>		<b>471</b>
9.1	Objeto del estudio básico de seguridad	471
9.2	Normativa aplicable a talleres de vehículos	471
9.3	Requerimientos de seguridad en el trabajo talleres mecánicos. Ejemplo	474
9.3.1	Condiciones generales de orden y limpieza	474
9.3.2	Condiciones generales de señalización	475
9.3.3	Condiciones para elevación y manejo de cargas mediante equipos	476
9.3.4	Manejo manual de cargas	478
9.3.5	Condiciones de uso de herramientas manuales y máquinas portátiles	478
9.3.6	Almacenamiento y manipulación de productos químicos	480
9.3.7	Actividades específicas	483
9.3.8	Actuaciones preventivas y de primeros auxilios	484
9.3.9	Prevención y extinción de incendios	485
<b>CAPÍTULO - 10 - EJEMPLO DE REFORMA DE VEHÍCULO</b>		<b>489</b>
10.1	Introducción	489
10.2	Memoria del proyecto técnico	490
10.2.1	Contenido mínimo	490
10.2.2	Consideraciones generales al contenido de la memoria	491
10.3	Contenido mínimo del pliego de condiciones	494
10.4	Contenido mínimo de planos	494
10.5	Contenido mínimo en anexos	494
10.6	Herramientas de apoyo para la realización del proyecto	495
10.7	Proceso a seguir por el solicitante para legalizar la reforma	498
10.8	Ejemplo de proyecto técnico para reforma de vehículo	499
10.9	Memoria	500

10.9.1	Descripción de la reforma	500
10.9.2	Características del vehículo antes y después de la reforma	504
10.9.3	Reparto de cargas por ejes en circulación	508
10.9.4	Comprobación dimensional	518
10.9.5	Compatibilidad y funcionalidad de los equipos instalados	522
10.9.6	Cálculo de la estructura resistente	528
10.9.7	Cálculo de los elementos de unión	534
10.9.8	Cálculo de la estabilidad del vehículo en circulación	537
10.9.10	Conclusiones	540
10.10	Ejemplo. Presupuesto	540
10.11	Planos	541
10.11.1	General	541
10.11.2	Detalles constructivos	542
10.11.3	Esquemas de cálculo	545
10.12	Pliego de condiciones	549
10.13	Anexos	549
10.14	Certificado de dirección final de obra	557
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>559</b>