3.ª edición

Estructuras del vehículo

TOMÁS GÓMEZ MORALES • JOSÉ MARTÍN NAVARRO
EDUARDO ÁGUEDA CASADO • JOSÉ LUIS GARCÍA JIMÉNEZ

AUTOMOCIÓN

Paraninfo
ciclos formativos

Estructuras del vehículo

TOMÁS GÓMEZ MORALES • JOSÉ MARTÍN NAVARRO
EDUARDO ÁGUEDA CASADO • JOSÉ LUIS GARCÍA JIMÉNEZ

3.ª edición

Estructuras del vehículo

TOMÁS GÓMEZ MORALES • JOSÉ MARTÍN NAVARRO
EDUARDO ÁGUEDA CASADO • JOSÉ LUIS GARCÍA JIMÉNEZ

AUTOMOCIÓN

Paraninfo
ciclos formativos

Paraninfo

Estructuras del vehículo

© Tomás Gómez Morales, José Martín Navarro,
Eduardo Águeda Casado y José Luis García Jiménez

Gerente Editorial
María José López Raso

Equipo Técnico Editorial
Alicia Cerviño González
Paola Paz Otero

Editora de Adquisiciones
Carmen Lara Carmona

Producción
Nacho Cabal Ramos

Diseño de cubierta
Ediciones Nobel

Preimpresión
Copibook, SL

Reservados los derechos para todos los países de lengua española. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 270 del Código Penal vigente, podrán ser castigados con penas de multa y privación de libertad quienes reprodujeren o plagiaren, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica fijada en cualquier tipo de soporte sin la preceptiva autorización. Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea este electrónico, químico, mecánico, electro-óptico, grabación, fotocopia o cualquier otro, sin la previa autorización escrita por parte de la Editorial.

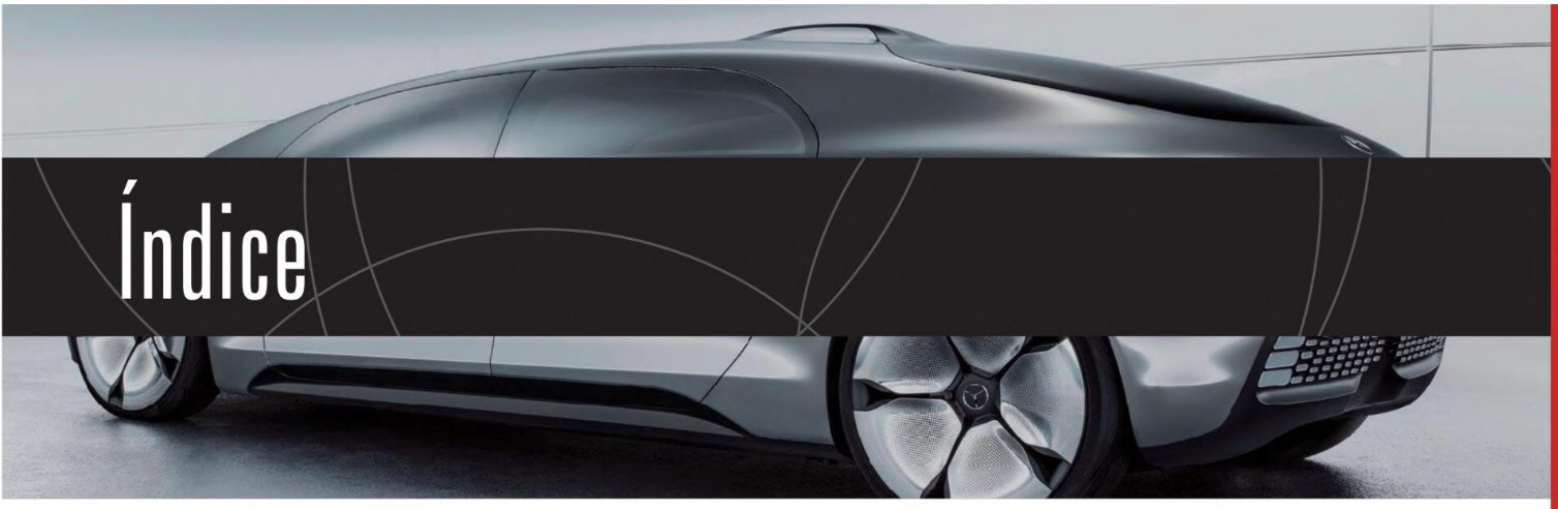
COPYRIGHT © 2016 Ediciones Paraninfo, SA
3.ª edición, 2016

C/ Velázquez 31, 3.º Dcha. / 28001 Madrid, ESPAÑA
Teléfono: 902 995 240 / Fax: 914 456 218
clientes@paraninfo.es / www.paraninfo.es

ISBN: 978-84-283-3555-3
Depósito legal: M-3890-2016

(13150)

Impreso en España /Printed in Spain
Lavel. Industria Gráfica



Índice

Agradecimientos IX
Prólogo XI
Introducción XIII

1. Concepción, diseño y fabricación de una carrocería 1

Introducción 2
1.1. Fase de concepción 6
1.2. Fase de diseño 8
1.2.1. Los cálculos para la estructura 10
1.2.2. Cálculo de la resistencia 11
1.2.3. Cálculo del comportamiento ante las colisiones 12
1.3. Fase de creación de maquetas 13
1.4. Fase de construcción de prototipos 14
1.5. Fase de pruebas 15
1.6. Fabricación del vehículo 17
1.6.1. Fase de estampación 18
1.6.2. Fase de soldadura 19
1.6.3. Fase de ensamblaje 22
1.6.4. Pruebas 23
1.6.5. Nuevas técnicas de fabricación 23
1.6.6. Impacto medioambiental en los procesos de fabricación 29
Cuestiones 31
Actividades propuestas 32

2. Características constructivas de la carrocería 33

2.1. Tipos de carrocerías según su construcción 34
2.1.1. Carrocería y chasis separados 34
2.1.2. Carrocería con plataforma-chasis 36
2.1.3. Carrocería autoportante 37
2.1.4. Estructura y denominación de las piezas de la carrocería 40
2.2. Carrocería: Características 41
2.2.1. El concepto de energía cinética 41
2.2.2. Concepto estructural de la carrocería . . . 42
2.2.3. Solicitaciones constructivas 42
2.3. Aerodinámica 45
2.3.1. Flujos de aire 46
2.3.2. Coeficientes aerodinámicos 47
2.3.3. Condiciones de diseño 51
2.3.4. Aerodinámica activa 53
2.3.5. Aditamentos aerodinámicos 53
2.3.6. Túneles de viento 56
2.4. Pruebas de choque (*crash test*) 60
2.4.1. Tipos de pruebas de choque 62
2.4.2. Los maniquíes (*dummies*) 67
2.4.3. Las instalaciones para pruebas de *crash test* 70
Cuestiones 72
Actividades propuestas 74

3. Materiales utilizados en la fabricación de carrocerías 75

Introducción 76
3.1. Materiales metálicos. Características 77
3.1.1. Grupos de materiales 77
3.1.2. Estructura de los metales 77
3.1.3. Propiedades generales de los metales . . . 78
3.1.4. Mejora de las cualidades de un metal . . . 82
3.1.5. Conformado de metales 83
3.2. Materiales férreos 86
3.2.1. Materiales férreos. Hierro 86
3.2.2. Aleación hierro-carbono 87
3.2.3. Materiales férreos. El acero 89
3.3. El acero en la fabricación de carrocerías 92
3.3.1. Revestimientos del acero 94
3.3.2. Tipos de aceros 97
3.3.3. El acero inoxidable 103
3.3.4. Soluciones constructivas con aceros de alta resistencia 104
3.3.5. Consideraciones sobre la reparación de los aceros de alta resistencia 105

© Ediciones Paraninfo

3.4. Aleaciones ligeras. El aluminio 105
3.4.1. Fabricación 106
3.4.2. Características del aluminio 106
3.4.3. Aleaciones de aluminio. 107
3.4.4. El aluminio en la fabricación de carrocerías 108
3.4.5. Reparación de carrocerías de aluminio. . . 111
3.5. Aleaciones ultraligeras. El magnesio 111
3.5.1. Conformado de piezas de magnesio. . . . 112
3.6. Plástico 113
3.6.1. Nuevos materiales plásticos 114
3.7. Nuevos materiales. 115
3.8. Tendencias en el uso de materiales 115
Cuestiones. 117
Actividades propuestas 118

4. Ensayos y tratamientos de minerales 119

Introducción 120
4.1. Ensayos de materiales 120
4.1.1. Ensayos metalográficos 121
4.1.2. Ensayos de propiedades mecánicas (estáticos) 123
4.1.3. Ensayos de propiedades mecánicas (dinámicos) 127
4.1.4. Ensayos de conformación. 128
4.2. Tratamientos de los materiales 130
4.2.1. Tratamientos térmicos de los aceros. . . . 130
4.2.2. Tratamientos mecánicos 137
4.2.3. Tratamientos termoquímicos 138
4.2.4. Tratamientos superficiales 140
Cuestiones 144
Actividades propuestas 145

5. Seguridad pasiva 147

Introducción 148
5.1. Plan de seguridad pasiva de la carrocería autoportante. 150
5.1.1. Características constructivas. 150
5.1.2. La deformación programada. 152
5.1.3. Comportamiento de la estructura delantera 154
5.1.4. Comportamiento de la estructura trasera 155
5.1.5. Protecciones laterales 156
5.1.6. Protecciones antivuelco 158
5.1.7. Paragolpes absorbentes. 159
5.1.8. Antintrusión de la mecánica 160
5.1.9. El habitáculo 160
5.2. Dispositivos de seguridad pasiva 161
5.2.1. Airbag 161
5.2.2. Cinturones de seguridad 169
5.2.3. Columna de dirección articulada colapsable 176
5.2.4. Volante con absorción de energía. 177
5.2.5. Pedales 177
5.2.6. Tablero de instrumentos 178
5.2.7. Asientos. 178
5.2.8. Reposacabezas 179
5.2.9. Otros dispositivos de seguridad pasiva. . . 180
5.3. Seguridad de los peatones. 181
5.4. Seguridad infantil 182
5.5. Denominaciones de dispositivos de seguridad pasiva 183
Cuestiones. 185
Actividades propuestas 186

6. Seguridad activa, seguridad preventiva y sistemas de ayuda a la conducción 187

6.1. Seguridad activa 188
6.1.1. Comportamiento dinámico del vehículo. 188
6.2. Descripción de los sistemas de seguridad activa. 190
6.2.1. Sistema de suspensión 191
6.2.2. Sistema de frenos 192
6.2.3. Sistema de dirección. 194
6.2.4. Sistema de transmisión. 195
6.2.5. Motor 197
6.2.6. Neumáticos 197
6.3. Desarrollo de sistemas de ayuda a la conducción 199
6.4. Seguridad preventiva 201
6.4.1 La visibilidad 201
6.4.2 Ergonomía 204
6.4.3 El confort 205
Cuestiones. 207
Actividades propuestas 208

7. Análisis de sistema de fuerzas 209

Introducción 210
7.1. Fuerzas 210
7.2. Relación entre las fuerzas y los movimientos. . . 212
7.2.1. Principio de inercia. 212
7.2.2. Principio de la aceleración 212
7.2.3. Principios de acción y reacción 213
7.3. Carácter vectorial de la fuerza 213
7.4. Sistemas de fuerzas. 213
7.5. Fuerzas en la misma dirección 213

© Ediciones Paraninfo

7.6. Fuerzas angulares 214
7.7. Fuerzas con direcciones paralelas. 215
7.7.1. Fuerzas paralelas en el mismo sentido. . . 215
7.7.2. Fuerzas paralelas de sentido contrario. . . 215
7.7.3. Par de fuerza 216
7.8. Momento de una fuerza 217
7.9. Sistemas de fuerzas en el espacio. 219
7.9.1. Operaciones de vectores en el espacio. . . 220
Cuestiones. 222
Actividades propuestas 223

8. Influencia de un golpe en un vehículo 225

Introducción 226
8.1. Efecto de las fuerzas en el metal 226
8.2. Las fuerzas que intervienen en una colisión. . . . 228
8.2.1. Estructura muy resistente a la deformación 229
8.2.2. Estructura deformable. 229
8.3. Deformación de la estructura en función de la zona de colisión 231
8.4. Efectos de una colisión en un vehículo autoportante. 232
8.4.1. Colisión frontal 232
8.4.2. Colisión trasera 233
8.4.3. Colisión lateral 233
8.4.4. Colisión con vuelco 234
8.5. Efectos de una colisión en un vehículo con bastidor. 235
8.5.1. Desviación lateral 235
8.5.2. Hundimiento 235
8.5.3. Aplastamiento 235
8.5.4. Diamante. 236
8.5.5. Torsión 236
Cuestiones. 237
Actividades propuestas 238

9. Equipo de enderezado 239

Introducción 240
9.1. El banco de trabajo 240
9.1.1. Bastidor elevado del suelo 240
9.1.2. Bastidor anclado al suelo 241
9.2. El sistema de anclaje. 242
9.3. El equipo de tracción 244
9.3.1. Equipo de tracción con escuadra 244
9.3.2. Equipo de tracción por columna. 245
9.3.3. Equipo de tracción por tiros vectoriales. 246
9.4. El equipo de medida 247
9.5. Los accesorios. 250
9.5.1. Cadena. 250
9.5.2. Eslinga textil 250
9.5.3. Uniones de cadena 250
9.5.4. Mordazas. 251
9.5.5. Cable de seguridad 252
9.5.6. Reenvío 252
9.5.7. Plataformas rodantes. 252
9.5.8. Cabrestante 252
9.5.9. Pilar de apoyo 252
9.5.10. Placa de anclaje universal. 252
9.5.11. Elevador móvil 253
9.5.12. Caballetes con ruedas 253
9.5.13. Caballetes individuales 253
9.5.14. Útil McPherson. 254
9.5.15. Extensor mecánico 254
9.5.16. Gancho de tracción universal 254
9.5.17. Equipo hidráulico portátil. 254
9.6. Otros tipos de bancadas 255
9.6.1. Bancadas para vehículos industriales . . . 255
9.6.2. Minibancadas 257
9.6.3. Bancadas plegables. 257
9.6.4. Conjunto de tracción simple. 257
9.7. Mantenimiento de los equipos de tracción. 258
Cuestiones. 259
Actividades propuestas 260

10. Diagnóstico de daños estructurales 261

Introducción 262
10.1. Las cotas de la carrocería 262
10.2. Las fichas técnicas o de datos. 263
10.2.1. Fichas Car-O-Liner. 265
10.2.2. Fichas Celette 267
10.2.3. Ficha de Spanesi 269
10.3. Análisis visual de una colisión 270
10.3.1. Colisión frontal central 272
10.3.2. Colisión frontal izquierda 273
10.3.3. Colisión lateral 273
10.3.4. Colisión lateral a la altura del montante de la puerta delantera . . . 273
10.3.5. Colisión posterior central 274
10.4. Compás de varas. 274
10.4.1. Por comparación 274
10.4.2. Por medición. 275
10.5. Sistema de medidas Codhe. 279
10.5.1. Montaje y nivelación de la barra 280
10.6. Galgas de nivel 282
10.7. Diagnóstico con sistemas de medición universales. 283
10.8. Sistema de medición mecánico. 283
10.8.1. Localización de la ficha técnica 285

© Ediciones Paraninfo

10.8.2. Proceso de sujeción del vehículo en la bancada. 286
10.8.3. Elección de los puntos de medidas. . . 288
10.8.4. Proceso de montaje y centrado del sistema de medida. 289
10.8.5. Primer método de diagnóstico 292
10.8.6. Segundo método de diagnóstico. 294
10.8.7. Comprobación de la parte superior. . . 295
10.8.8. Diagnóstico de un vehículo con un golpe fuerte en el lateral 297
10.9. Sistema de medición informatizado 297
10.10. Sistema de medición por láser 301
10.11. Sistema de medición acústico. 301
10.12 Sistema de control positivo 301
10.13. Mantenimiento de los sistemas de medidas. . . 304
Cuestiones. 305
Actividades propuestas 306

11. Valoración de las reparaciones 307

Introducción 308
11.1. Valoración de la reparación 308
11.1.1. El coste del material necesario 311
11.1.2. El tiempo de la reparación. 311
11.2. Baremos de valoración de daños 313
11.2.1. Ejemplificación en la utilización de un baremo de tiempo 315
11.3. La tecnología de la comunicación en las tasaciones. 316
11.3.1. Fototasación. 316
11.3.2. Vídeoconferencia. 316
11.3.3. Programas informáticos de autotasación. 317
11.3.4. Audatex 317
11.3.5 GT Motive 318
11.4. Las pólizas de seguros 321
11.4.1. Terminología más habitual en las pólizas de seguros 322
Cuestiones. 324
Actividades propuestas 324

12. Tiros de tracción y proceso de reparación con bancada 325

Introducción 326
12.1. Deformaciones simples en dos dimensiones. . . 326
12.2. Deformaciones simples en objetos tridimensionales 327
12.3. Sujeción, tensiones y sobretensiones 328
12.4. Casos prácticos de tiros 331
12.5. Planificación del trabajo 333
12.6. Desmontaje de los elementos que puedan impedir o dificultar la reparación 334
12.7. Medidas de seguridad en el proceso de estirado. 335
12.7.1. Símbolos de seguridad en los útiles de enderezado 336
12.8. Sujeción del vehículo en la bancada. 338
12.8.1. Sujeción de vehículos con bastidor y carrocería. 343
12.8.2. Vehículos con dificultades en el amarre a la bancada 344
12.9. Montaje y centrado del sistema de medida . . 345
12.10. Selección de los puntos a controlar en la zona dañada 347
12.11. Planificación de los tiros de enderezado y comprobación de las cotas . . . 347
12.12. Montaje de los elementos de la carrocería que puedan servir de referencia para comprobar visualmente la correcta reparación del vehículo 352
Cuestiones. 353
Actividades propuestas 354

13. Reformas de importancia en los vehículos 355

Introducción 356
13.1. Clasificación de los vehículos y definiciones de conceptos utilizados en las reformas de los vehículos 356
13.2. Tarjeta de inspección técnica del vehículo (ITV) 357
13.3. La inspección técnica de vehículos 359
13.3.1. La ITV previa a la matriculación 359
13.3.2. Las ITV periódicas 359
13.3.3. Las ITV extraordinarias 361
13.3.4. Resultado de las inspecciones. 361
13.4. Tipos de reformas de importancia 362
13.5. Procedimiento para realizar reformas de importancia 362
13.6. Manual sobre reformas de importancia de vehículos de carretera 362
13.6.1. Documentación exigible 365
13.7. Ejemplo de descripción de una reforma tipificada, su codificación y la documentación precisa para su tramitación 368
Cuestiones. 370
Actividades resueltas 370

© Ediciones Paraninfo

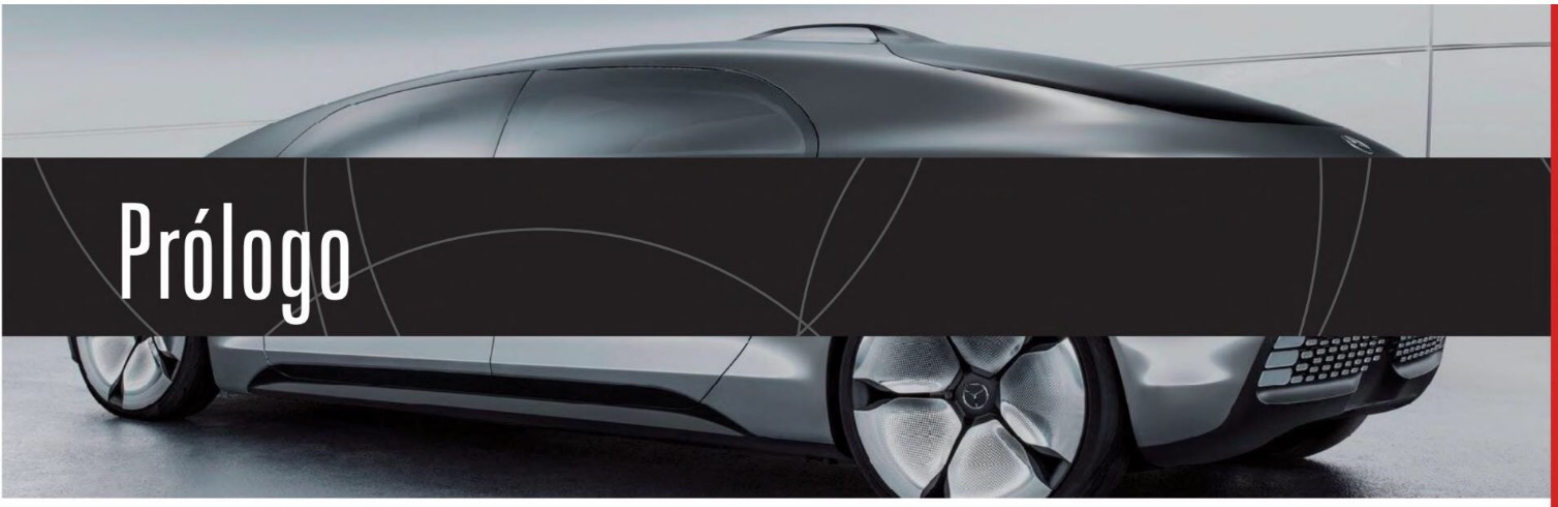
Agradecimientos

El desarrollo de los contenidos de este libro no habría sido posible sin el inestimable asesoramiento y el inmejorable apoyo técnico de un gran número de profesionales y empresas del sector que, además, nos han alentado en todo momento en la realización de este proyecto.

Por esta razón, queremos mostrar nuestro agradecimiento a todos ellos, ya que comparten con nosotros la convicción de que la formación es la mejor de las inversiones que se pueden realizar, tanto en lo profesional como en lo personal:

3M
Álava Ingenieros
ArcelorMittal España
Audatex
BMW España
Car-O-Liner
Celette
Celiber SA
Citroën España
Coler 21 SL
Dataliner
EuroNCAP
Fiat Auto España SA
Ford España
GMS Wiländersvhill
Grupo Delphi
Grupo Würth
GT Motive
Hella
Henkel-Loctite Ibérica SA
Lexus España
Lucas
Mazda España
Magneti Marelli
Mercedes-Benz España
Michelin
Nissan España
Opel España
Peugeot España
R. Bosch
Renault España
Seat
Toyota España
VCR Codhe SL
Volkswagen-Audi España SA
Volvo España

© Ediciones Paraninfo



Prólogo

Sin lugar a dudas, el sector del automóvil es uno de los más exigentes en relación con los controles de calidad del producto. Los fabricantes de automóviles, en general, y de equipos de verificación y control, en particular, ofrecen continuamente equipos y productos innovadores que facilitan y mejoran las reparaciones del vehículo en cualquiera de sus campos.

Concretamente, para la reparación de la carrocería, sector que nos ocupa en esta ocasión, el mercado ofrece una amplia gama de máquinas y equipos de alta calidad avalados por un gran número de empresas que, si se emplean correctamente, pueden conseguir que un vehículo siniestrado vuelva a disponer de un aspecto y de una resistencia estructural similar a los de un vehículo que no haya sufrido ningún siniestro. En consecuencia, se puede asegurar que en la actualidad las reparaciones de la carrocería son realizadas con los medios apropiados y llevadas a cabo por una mano de obra cualificada, por lo que ofrecen todas las garantías.

Por otro lado, la mayor demanda de bancadas universales respecto a las de control positivo específico es un hecho. Sin duda, razones como la rentabilidad y la autonomía deciden en este sentido, pero no hay que dejar de lado la que sin duda es la más importante: garantizar una perfecta reparación en la que se devuelvan al vehículo las cotas de origen con total fiabilidad.

Con casi todos los sistemas universales, el criterio de tolerancia en las cotas y el anclaje del vehículo están en manos del reparador, que, en algunos casos, no sabe cuáles son los datos del fabricante del vehículo (hecho decisivo para poder garantizar una correcta valoración de daños, la reparación y un posterior comportamiento del vehículo en carretera).

Además de los sistemas universales, cabe destacar aquellos que disponen de las cotas nominales y de las tolerancias en su base de datos para diagnóstico y reparación, que son suministradas por los fabricantes de los vehículos. Estos son criterios importantes que se deben facilitar al reparador ya que deciden el comportamiento y la seguridad del vehículo una vez reparado. Generalmente, afrontar las mediciones y las reparaciones en los vehículos con los sistemas universales, incluidos los electrónicos, supone una formación y una técnica de reparación diferente a los sistemas de control positivo. En este sentido, los comerciales de bancadas de primera línea estamos preparados para garantizar, a través de la formación, la correcta utilización de nuestros equipos.

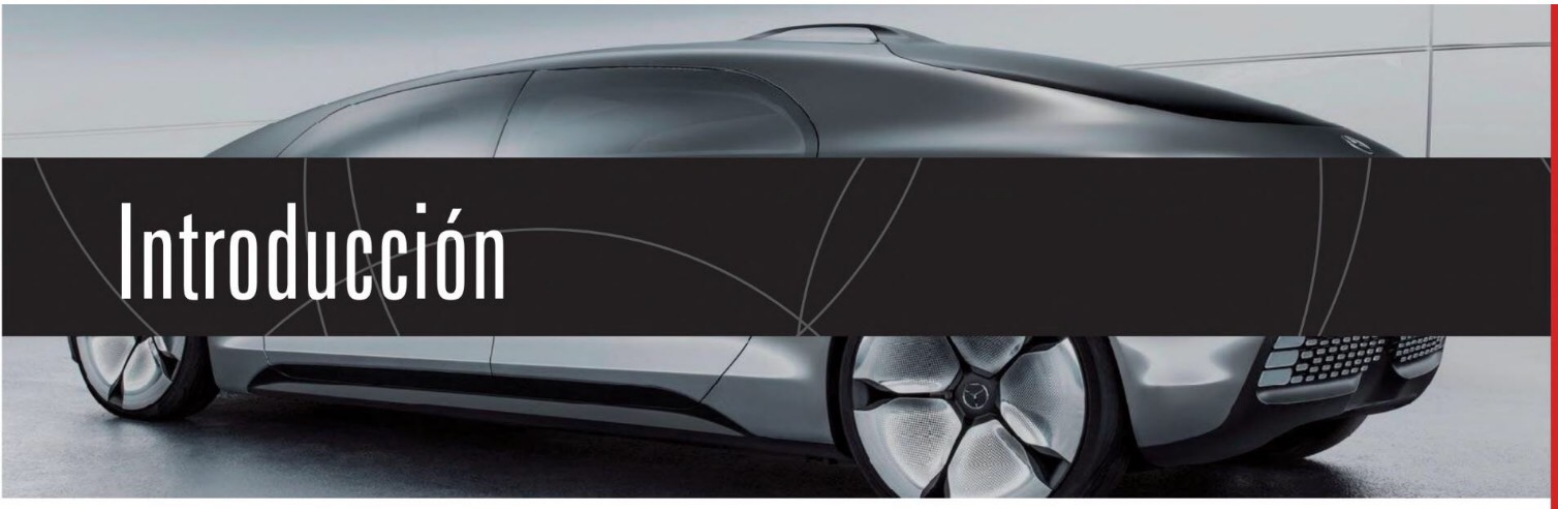
En el presente volumen se analizan con detalle, desde un punto de vista teórico-práctico y con un lenguaje sencillo, la concepción y el diseño de una carrocería, sus características constructivas, la seguridad en el vehículo, el análisis de fuerzas, la influencia de un golpe, los diferentes equipos de enderezado, el diagnóstico de daños estructurales, la valoración de las reparaciones, los diferentes tiros de tracción y un proceso genérico en la reparación de la carrocería. En mi opinión, es necesario asimilar dichos contenidos para llevar a cabo una correcta reparación de la carrocería, por lo que en esta obra se encuentran perfectamente desarrollados.

También hay que subrayar la importancia de la información y de la formación que ofrecen los libros y las revistas especializadas para profesionales e iniciados, ya que nos permiten enriquecer los conocimientos adquiridos, unos por experiencia y otros en centros de formación o similares.

Por ello animo a todas aquellas personas a las que el mundo del automóvil les resulte apasionante a disfrutar con la lectura de este libro.

Félix Puig,
Experto en reparación de carrocerías

© Ediciones Paraninfo



Introducción

En la presente obra se han desarrollado todos los contenidos previstos en el currículo del Módulo Profesional de Estructuras del Vehículo, perteneciente al Ciclo Formativo de grado superior de Automoción de la familia de Transporte y Mantenimiento de Vehículos.

El perfil profesional del título de Técnico Superior en Automoción queda determinado por su competencia general, sus competencias profesionales, personales y sociales, y por la relación de Cualificaciones del Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales incluidas en el título.

La relación de Cualificaciones Profesionales (completas) de nivel 3 es la siguiente:

a) *Planificación y control del área de carrocería TMV049_3* (R.D. 295/2004, de 20 de febrero), que comprende las siguientes unidades de competencia:

- UCO134_3: Planificar los procesos de reparación de elementos amovibles y fijos no estructurales, controlando la ejecución de los mismos.
- UCO135_3: Planificar los procesos de reparación de estructuras de vehículos, controlando la ejecución de los mismos.
- UCO136_3: Planificar los procesos de protección, preparación y embellecimiento de superficies, controlando la ejecución de los mismos.
- UCO137_3: Gestionar el mantenimiento de vehículos y la logística asociada, atendiendo a criterios de eficacia, seguridad y calidad.

b) *Planificación y control del área de electromecánica TMV050_3* (R.D. 295/2004 de 20 de febrero), que comprende las siguientes unidades de competencia:

- UCO138_3: Planificar los procesos de reparación de los sistemas eléctricos, electrónicos, de seguridad y confortabilidad, controlando la ejecución de los mismos.
- UCO139_3: Planificar los procesos de reparación de los sistemas de transmisión de fuerza y trenes de rodaje, controlando la ejecución de los mismos.
- UCO140_3: Planificar los procesos de reparación de los motores térmicos y sus sistemas auxiliares, controlando la ejecución de los mismos.
- UCO137_3: Gestionar el mantenimiento de vehículos y la logística asociada, atendiendo a criterios de eficacia, seguridad y calidad.

Asimismo, los objetivos generales para la obtención del título de Técnico Superior en Automoción son los siguientes:

- Interpretar la información y en general todo el lenguaje simbólico asociado a las operaciones de mantenimiento y reparación de vehículos, equipos y aperos para obtener un prediagnóstico de reparación.
- Analizar los sistemas del vehículo con objeto de determinar averías utilizando técnicas de diagnosis, proponiendo soluciones para la reparación de las mismas.
- Interpretar y aplicar técnicas de medición a la carrocería, al bastidor, o a la cabina para determinar deformaciones de las mismas y proponer procesos de reparación.
- Identificar las operaciones y los medios necesarios para planificar los procesos de mantenimiento y conformado de elementos metálicos, sintéticos y estructurales.
- Analizar procesos de protección, igualación y embellecimiento de superficies con objeto de determinar el mantenimiento o la reparación que es preciso efectuar, estableciendo las operaciones necesarias para llevarlo a cabo.
- Interpretar la sintomatología planteada en el funcionamiento de los motores y sus sistemas auxiliares para determinar los procesos de mantenimiento y reparación de los mismos.

© Ediciones Paraninfo

- Interpretar las anomalías de funcionamiento y la desviación de parámetros planteada en el funcionamiento del tren de rodaje y de transmisión de fuerzas para organizar los procesos de mantenimiento de los mismos.
- Analizar los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo, para planificar su mantenimiento y proponer los procesos de reparación.
- Definir los parámetros que hay que controlar para obtener la máxima operatividad de grandes flotas para planificar el mantenimiento programado de las mismas.
- Analizar las variables de compra y venta teniendo en cuenta las existencias en almacén para gestionar el área de recambios.
- Identificar las actividades y los medios necesarios para llevar a cabo operaciones de mantenimiento utilizando las informaciones y los soportes necesarios para efectuar tasaciones y confeccionar presupuestos de reparación.
- Interpretar las normas de seguridad laboral y medioambiental según la normativa vigente y documentación establecida para supervisar el cumplimiento de estas.
- Analizar la estructura jerárquica de la empresa, identificando los roles y las responsabilidades de cada uno de los componentes del grupo de trabajo para organizar y coordinar el trabajo en equipo.
- Valorar las actividades de trabajo en un proceso productivo, identificando su aportación al proceso global para participar activamente en los grupos de trabajo y conseguir los objetivos de la producción.
- Identificar y valorar las oportunidades de aprendizaje y su relación con el mundo laboral, analizando las ofertas y demandas del mercado para mantener un espíritu de actualización e innovación.
- Reconocer las oportunidades de negocio, identificando y analizando demandas del mercado para crear y gestionar una pequeña empresa.
- Reconocer sus derechos y deberes como agente activo en la sociedad, analizando el marco legal que regula las condiciones sociales y laborales para participar como ciudadano democrático.

Por lo que respecta a los contenidos de este módulo profesional, pueden citarse los siguientes:

- Procesos de fabricación y ensamblaje de carrocería, bastidor, cabinas y equipos:
  - — Características y composición de los materiales empleados en la construcción de carrocerías.
  - — Procesos de fabricación de piezas.
  - — Tipos de carrocería y componentes.
  - — Tratamientos térmicos.
  - — Aceros de alto límite elástico.
- Daños en la estructura de la carrocería de un vehículo:
  - Estática:
    - — Sistemas de fuerzas: composición y descomposición.
    - — Resultante y momentos resultantes.
    - — Composición modular de una carrocería.
    - — Seguridad pasiva y activa en los vehículos.
    - — Zonas fusibles y de refuerzo en las carrocerías.
    - — Deformaciones en caso de siniestro en función de la zona de colisión y del tipo de carrocería.
    - — Métodos y equipos de diagnosis de daños.
    - — Parámetros de la estructura del vehículo.
  - Diagnóstico de daños en la carrocería en una colisión:
    - — Inspección visual de daños.
    - — Verificación con compás de varas.
    - — Tipos y composición de las bancadas.
    - — Verificación de daños mediante bancada (universal y de control positivo).
    - — Localización de puntos de anclaje, fijación y control en la carrocería.
    - — Calibrado del sistema de medición.
    - — Fichas de la bancada.
    - — Manuales de taller del vehículo.
    - — Otros sistemas de medición.
- Elaboración de presupuestos de reparación de carrocerías:
  - — Determinación de piezas a sustituir y a reparar.
  - — Localización del coste de piezas nuevas.

© Ediciones Paraninfo

— Clasificación del daño en piezas deformadas.
— Tiempos de mano de obra.
— Manuales de taller y baremos de organismos.
— Presupuestos con programas informáticos.
— Tasación de daños en los vehículos (fototasación y vídeoconferencia, entre otras).
— Seguros de vehículos.
— Principios básicos en la investigación de accidentes de tráfico.

- Reparación de estructuras del vehículo con bancadas:
  — Interpretación de fichas de la bancada y de manuales de reparación del vehículo.
  — Equipos de estirado.
  — Posicionado y anclaje del vehículo en la bancada.
  — Verificación de daños.
  — Selección de puntos de aplicación de los tiros y contratiros.
  — Colocación de equipos de estirado.
  — Determinación de la dirección de estirado.
  — Realización de tiros y contratiros.
  — Elementos de seguridad en el estirado.
  — Determinación de zonas de corte y unión en sustituciones parciales.
- Reformas de importancia en los vehículos:
  — Concepto y tipos de reformas de importancia.
  — Legislación aplicable.
  — Tipificación de la reforma.
  — Documentación necesaria para una reforma de importancia.
  — Organismos y entidades que intervienen.
  — Planificación del proceso de la reforma de importancia.
  — Cálculo del coste de una reforma de importancia.

© Ediciones Paraninfo

Concepción, diseño y fabricación de una carrocería

Unidad 1

CONTENIDOS

Introducción
1.1 Fase de concepción
1.2 Fase de diseño
1.3 Fase de creación de maquetas
1.4 Fase de construcción de prototipos
1.5 Fase de pruebas
1.6 Fabricación del vehículo
Cuestiones
Actividades propuestas

OBJETIVOS

- Conocer los condicionantes habituales que contemplan los fabricantes a la hora de abordar la fase de diseño de un nuevo modelo de vehículo.
- Conocer la secuencia lógica habitual que da como resultado la aparición de un nuevo modelo en el mercado.
- Conocer las características más relevantes de las factorías de fabricación de vehículos y las diferentes fases en que se estructura el proceso de ensamblado.

Introducción

A la hora de proyectar un nuevo modelo, los fabricantes de vehículos deben conjugar de forma satisfactoria una serie de factores encaminados a obtener un producto que ofrezca una potencia significativa basada en una notable economía de consumo, y todo ello con una línea estética que refleje por un lado las tendencias del momento, armonizada, hasta cierto punto, con la imagen de la marca. Como factores determinantes a la hora de abordar el diseño de un nuevo modelo pueden citarse: la habitabilidad, el confort, la ergonomía, la aerodinámica y la seguridad. La importancia que cada uno de ellos tendrá en la concepción del vehículo vendrá dada por la finalidad del mismo. En un vehículo deportivo la carrocería está al servicio de las prestaciones (sacrificando habitabilidad a favor de aerodinámica y estética), en cambio, en un monovolumen lo que prima es la habitabilidad interior, pasando a un segundo plano las cualidades dinámicas del vehículo.

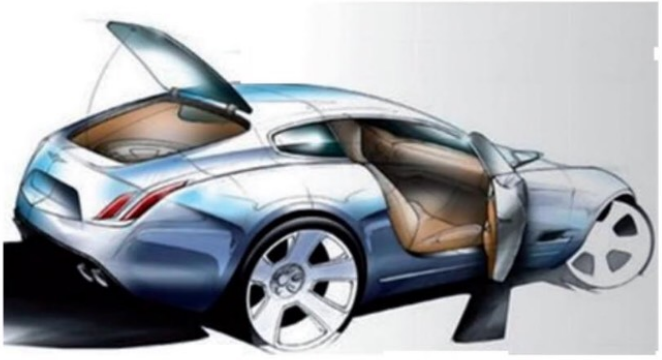


Figura 1.1. Bocetos de un nuevo modelo.

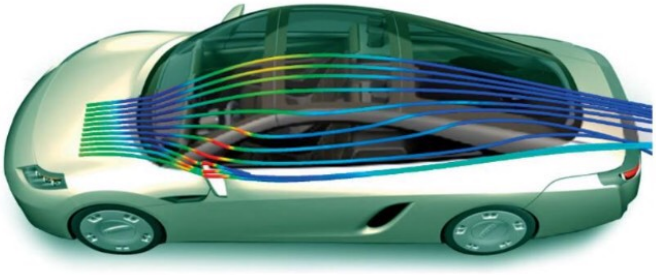


Figura 1.2. Estudio aerodinámico en el diseño.

El ritmo de renovación de los modelos se ha acelerado y el diseño figura hoy, más que nunca, entre los principales criterios de compra, a pesar de que el estilo envejece más rápidamente que hace unos años. Actualmente, la vida media de un modelo no excede de 7 años, lo cual explica la necesidad de reducir plazos y costes de desarrollo. Este hecho obliga a conciliar objetivos aparentemente incompatibles: fabricar en plazos más breves y a menor coste modelos cada vez más diversificados y complejos.

Para intentar conseguir estos objetivos se recurre a diferentes estrategias, entre las que cabe citar:

- Optimizar las tareas de organización de todos los departamentos implicados en la elaboración de un nuevo modelo. Como ejemplo, algunos constructores han eliminado la organización de la producción basada en secciones cerradas en las que cada departamento intervenía de forma secuencial: diseño del producto por parte de la oficina de proyectos, puesta a punto de las técnicas y herramientas de fabricación (proceso) por el departamento de métodos, compra de productos a los subcontratistas, y a continuación la fabricación en serie. Los métodos más modernos tienden hacia la unificación en diferentes grupos de trabajo de los técnicos de las oficinas de proyectos, métodos y fabricación. Esta nueva organización permite detectar rápidamente cualquier problema que se presente en cualquiera de los tres temas mencionados, desarrollándose el proyecto en una simbiosis total.
- Aplicación de nuevos conceptos y nuevas tecnologías. Actualmente los constructores se han convertido, ante todo, en diseñadores y montadores (aproximadamente el 70 % del valor de un vehículo se fabrica fuera de las empresas constructoras).
- Reducción de los plazos de puesta a punto de un nuevo modelo (a unos dos años).
- Capacidad de innovación. En la actual competición entre constructores, la fuerza de una empresa reside en su capacidad para innovar más rápidamente que sus competidores, de hecho un constructor que sea el primero en producir un vehículo innovador (si el mismo corresponde a las expectativas del mercado) obtiene un crédito por esa originalidad que multiplica sus ventas. La imaginación conceptual asociada a los últimos desarrollos tecnológicos será, cada vez más, el elemento que produzca diferencias en el mercado. Su misión es anticipar las expectativas de los clientes e imaginar con anticipación el vehículo del mañana.
- Dada la gran diversidad de gustos de los consumidores, se suele diversificar la oferta a partir de un modelo base realizando varias versiones del mismo. Cada una de ellas responde a unas expectativas de mercado diferentes como: versiones familiares, deportivas, etcétera.
- Para reducir el tiempo de lanzamiento de un nuevo modelo y los costes de producción fundamentalmente, los fabricantes de vehículos suelen compartir plataformas de carrocería entre los modelos de la misma marca o grupo. De hecho, cuando se plantea desarrollar un nuevo modelo, los cambios a veces solo se limitan a la carrocería, el interior y algunos detalles exclusivos. Por ello los procesos de diseño se hallan condicionados por la parte "reaprovechable" que se utiliza como punto de partida del nuevo modelo, lo que permite capturar y reutilizar los contenidos de diseño de un proyec-

© Ediciones Paraninfo

to al otro, capitalizando y sacando máximo provecho del *know-how*[1] de la empresa.

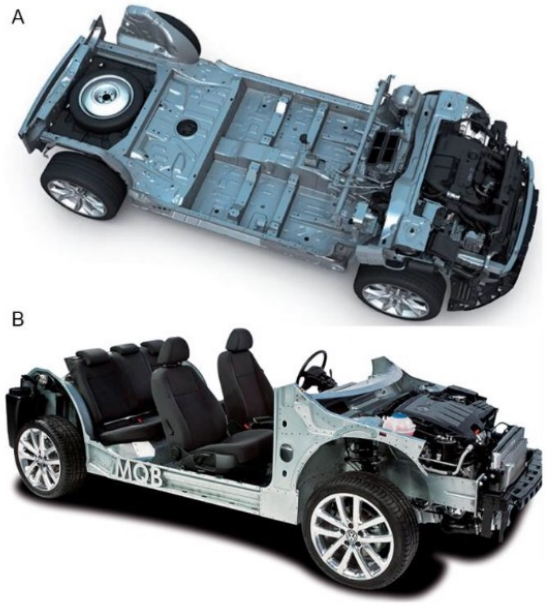


Figura 1.3. **Plataformas de carrocerías. A: Plataforma utilizada por modelos del grupo PSA. B: Plataforma utilizada por modelos del grupo Volkswagen/Audi.**

Figura 1.4. **Las plataformas modulares establecen una serie de elementos fijos y otros variables. En el caso de la figura, solo es fija la distancia entre el eje delantero y el panel de separación delantero; el resto puede adaptarse a las características de cada modelo.**

En esta línea, en los últimos tiempos han proliferado iniciativas empresariales como las *Joint Venture* o alianzas estratégicas, en las que varios constructores de vehículos se unen para desarrollar la fabricación conjunta de modelos concretos.

Por lo que respecta al proyecto de una carrocería propiamente dicho, además de la estética y funcionalidad del diseño, se trata de conseguir una carrocería que sea aerodinámica, ligera, resistente y segura. Su diseño debe permitir que la resistencia del aire a la penetración del vehículo sea mínima (para que influya positivamente tanto en el consumo de combustible como en los ruidos del viento de marcha perceptibles en el interior), y tenga una buena estabilidad a elevada velocidad incluso con viento lateral. Todo ello encaminado a mejorar las prestaciones, economizar energía, y proteger a los ocupantes.

Figura 1.5. **Modelos de vehículos producidos mediante una Joint Venture.**

La idea de la seguridad se encuentra en un primer plano a la hora de diseñar una carrocería. Aparte del objetivo de conseguir un aspecto atractivo del vehículo, el trabajo de los diseñadores se centra en el estudio de la deformabilidad de sus creaciones y en dotar a los habitáculos de una elevada estabilidad de forma.

En la actualidad puede decirse que en general los diseñadores se alejan de los diseños más "surrealistas" para situarse más cerca de la realidad, aunque esto no significa que hayan perdido la libertad creativa, sino que ahora la emplean para establecer nuevos conceptos de movilidad, funcionalidad, versatilidad y de ocio. La tendencia gira en torno a vehículos multiuso dotados de habitáculos cada vez más amplios y aprovechables, cuya concepción se realiza al revés de lo tradicional, es decir, sacrificando la forma externa de la carrocería para adaptarla al interior (construyendo el vehículo desde dentro hacia fuera).

Figura 1.6. **Modelo de carrocería en la que prima el espacio interior.**

[1] Proviene del inglés y significa: "saber cómo" o "saber hacer". Consiste en las capacidades y habilidades que un individuo o una empresa posee en cuanto a la realización de una tarea específica. Tiene una relación directa con la innovación tecnológica.

© Ediciones Paraninfo

Figura 1.7. Vehículo monovolumen con amplio habitáculo.

Caso aparte merecen los ejercicios de diseño realizados por ciertos diseñadores de prestigio cuyas creaciones en el terreno de los vehículos con carácter deportivo o de ocio consiguen impactar tanto al público en general, como a los fabricantes de vehículos, aportando en muchos casos soluciones técnicas imaginativas y novedosas. Algunas de las creaciones denominadas como *Concept Car* realizadas tanto por los "estilistas" como por los departamentos de diseño de los fabricantes de vehículos, solo son ejercicios y propuestas de estilos de los diseñadores que pretenden crear una moda, estilo o tendencia adelantándose a los gustos del usuario y que no siempre se adaptan al mercado ni resulta factible su construcción.

Figura 1.8. Concept Car.

En general, el diseño de las carrocerías debe responder a las exigencias del usuario, en comodidad, habitabilidad, versatilidad y estilo; de hecho, cuando se aborda el proyecto de concepción de un nuevo vehículo ha de partirse inicialmente del perfil genérico del mercado para el que se proyecta. Gracias a las encuestas de análisis sensorial que permiten convertir las preferencias de los automovilistas en datos cuantificables y a sondeos de comportamiento a través de los que se puede medir sus reacciones en diversas situaciones de conducción, es posible traducir una gran cantidad de nociones subjetivas experimentadas al volante de un automóvil bajo la forma de parámetros "objetivos" en la dinámica de un vehículo. Así pues, los métodos empleados permiten, en la fase inicial del proyecto, adoptar las decisiones técnicas adecuadas en materia de arquitectura del vehículo y de trenes rodantes, garantizando el éxito de los objetivos establecidos en términos de prestaciones.

Tradicionalmente, a la hora de establecer los gustos y modas que condicionan la elección de un vehículo, pueden establecerse tres grandes áreas de población que marcan las tendencias de la demanda mundial y que presentan por tanto características propias en cuanto a definición conceptual se refiere:

- Zona europea.
- Zona norteamericana.
- Zona asiática.

Aunque cada vez está más extendido el concepto de globalización en los gustos y tendencias, en Europa suelen predominar los vehículos compactos (berlinas) de estética discreta y colores sobrios (grises, azules, blancos), de cierto aire urbano adaptado plenamente a la circulación por carretera. El precio del combustible y la no excesiva abundancia de espacios abiertos, determina el tamaño y la motorización media de un vehículo típico.

En Norteamérica en cambio, el precio más reducido del combustible, la existencia de amplios espacios abiertos y el estilo de vida, determina un mercado en el que abundan las berlinas de gran tamaño y elevadas motorizaciones, los *pick-up* y los vehículos todoterreno.

En la zona asiática (en especial Japón) prefieren vehículos pequeños (especialmente todo terreno) de colores vivos, estética muy vanguardista, y un marcado carácter urbano, condicionado por la escasez de suelo libre.

No obstante, en cada zona de influencia cada país presenta rasgos diferenciales propios que influyen de manera notable en el mercado. Así, dentro de la zona europea podemos encontrar los gustos latinos por la estética aerodinámica, el equipamiento y las elevadas motorizaciones que demanda su forma de conducir, en contraste con los centroeuropeos y nórdicos que prefieren los vehículos sobrios y sólidos en los que prima el factor seguridad y grado de protección anticorrosiva debido a las condiciones climáticas habituales.

© Ediciones Paraninfo

Figura 1.9. Tipos de automóviles que responden a gustos y funciones diferentes.

En el proceso de puesta en marcha de un nuevo modelo se encuentran involucrados fundamentalmente, aspectos económicos, de plazos, producción, calidad y técnicos. El período de desarrollo cuenta con las siguientes fases y medios:

- De ejecución del proyecto:
  - — Estudios de viabilidad previa.
  - — Estudios de viabilidad definitiva.
  - — Ficheros de geometría 3D de piezas.
  - — Ficheros de planos 2D de piezas.
  - — Ficheros de planos 2D de conjuntos.
  - — Pirámide gráfica (despiece).
  - — Relación base.

Figura 1.10. Estudios preliminares en el desarrollo de un nuevo modelo.

- De verificación del proyecto:
  - — Análisis modal de fallos y efectos.
  - — Simulación (estructural y de estampación).
  - — Taller piloto virtual.
  - — Métodos operacionales de estampación.
  - — Estudios de tolerancias, sistemas de ensamblaje y estudios de referencias.
  - — Construcción de prototipos.
  - — Experimentación.
  - — Taller piloto de producción.
  - — Medios de verificación de calidad.

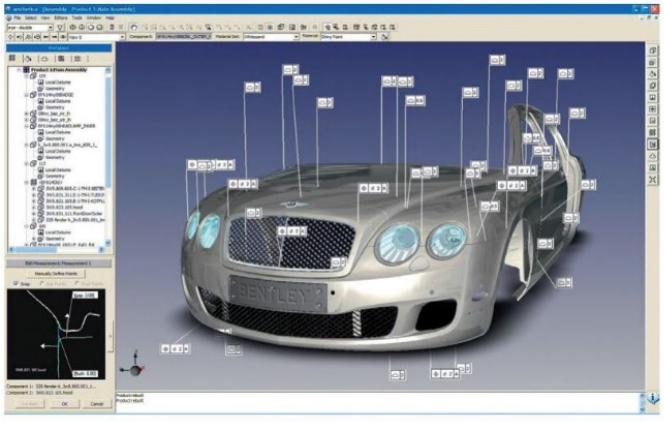


Figura 1.11. Estudio de las tolerancias necesarias en el ensamblaje.

Además del marketing, los fabricantes confeccionan un pliego de condiciones técnicas (elaborado por los responsables de fabricación) que se utiliza como punto de partida para el trabajo del diseñador y para analizar la viabilidad de un nuevo modelo. Este pliego suele incluir, entre otros informes, un análisis de los vehículos competidores existen-

© Ediciones Paraninfo

tes en el mismo segmento, las expectativas de los clientes, y las grandes corrientes socioculturales analizadas desde un punto de vista amplio, que supera el ámbito del automóvil, para tratar de determinar el posible comportamiento de los consumidores.

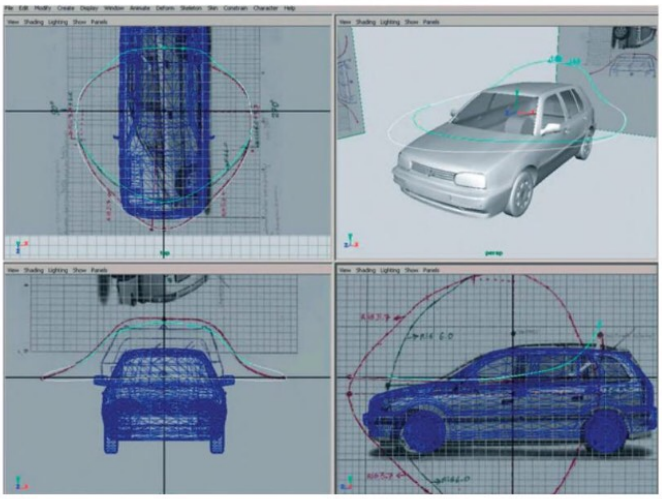


Figura 1.12. Estudio de las condiciones técnicas que debe tener el nuevo modelo.

El pliego también define la motorización, la habitabilidad y la envergadura exterior, y establece además condiciones sobre la forma, proporciones y silueta de un nuevo modelo (la arquitectura) en base a las necesidades para ubicar adecuadamente el motor, suspensiones, ruedas, etc., lo que puede limitar en parte la libertad del diseñador para plasmar sus ideas en el nuevo modelo.

Figura 1.13. Estudio de las condiciones constructivas.

Teniendo en cuenta que cada constructor aplica su propio método secuencial en la ejecución del proyecto de un nuevo modelo, para el estudio del proceso en sí podemos partir de una secuencia típica en la que una vez establecido el pliego de condiciones, el proyecto se desarrolla en las siguientes fases:

- Concepción.
- Diseño.
- Creación de maquetas.
- Construcción de prototipos.
- Pruebas.
- Fabricación.

1.1. Fase de concepción

El primer paso importante en la creación de un automóvil es la propia definición estética del modelo tanto en su aspecto externo como interno, pues de su acierto dependerá que el futuro vehículo atraiga el interés de los clientes.

En esta fase se realizan los primeros bocetos a partir de dibujos a mano utilizando instrumentos clásicos de dibujo como: lápices, reglas, plantillas de formas curvas, etc. El trabajo culmina con la aprobación del mejor boceto propuesto, que normalmente será aquel que con más alta nota haya superado los más duros exámenes críticos, técnicos y sobre todo, de viabilidad y facilidad de construcción.

A continuación los diseñadores determinan las dimensiones del vehículo (prestando especial atención al interior del mismo). Para ello, se divide el vehículo en tres zonas diferenciadas: zona motor, zona de ocupantes o habitáculo de pasajeros, y zona de maletero.

Seguidamente se plasman las dimensiones sobre cuadrículas de papel, mostrando la disposición de los ocupantes con diferentes alturas de los mismos, prestando especial atención al posicionamiento de los asientos que se calcula en función de condicionantes ergonómicos y con ayuda de plantillas principalmente.

Posteriormente se realiza un perfil de la carrocería; y por último, se realiza el diseño exterior de la misma (con ayuda del ordenador), atendiendo a los siguientes criterios: dimensiones totales del vehículo, dimensiones del habitáculo de pasajeros, volumen del maletero y coeficiente aerodinámico.

Para el cálculo inicial de las medidas exteriores de la carrocería, entre otros factores suelen tenerse en cuenta:

- Las exigencias aerodinámicas.
- La ergonomía del puesto de conducción, concepción de los asientos y del maletero.
- La altura libre de la carrocería sobre el suelo.
- La posición y el tamaño del depósito de combustible.
- Las necesidades de espacio de las ruedas (debe permitir el recorrido de la suspensión, el ángulo de giro, y el espacio para montar cadenas de nieve).
- El tamaño y disposición de los paragolpes delantero y trasero.

© Ediciones Paraninfo

Figura 1.14. Definición de un nuevo modelo.

- El tipo y emplazamiento de los órganos mecánicos: motor, radiador, cambio, suspensiones, etcétera.

Para iniciar la fase de diseño de las formas interiores y exteriores, deben tenerse en cuenta los siguientes condicionantes técnicos:

- **Condiciones de visibilidad.** Debe prestarse atención al diseño y disposición de los montantes, techo, capó motor y tapa o portón de maletero, para disponer de un campo de visión adecuado. Asimismo, hay que tener en cuenta la disposición, tamaño y forma del espejo retrovisor, proporción de curvatura del parabrisas, el campo barrido por los limpiaparabrisas, entre otros factores.

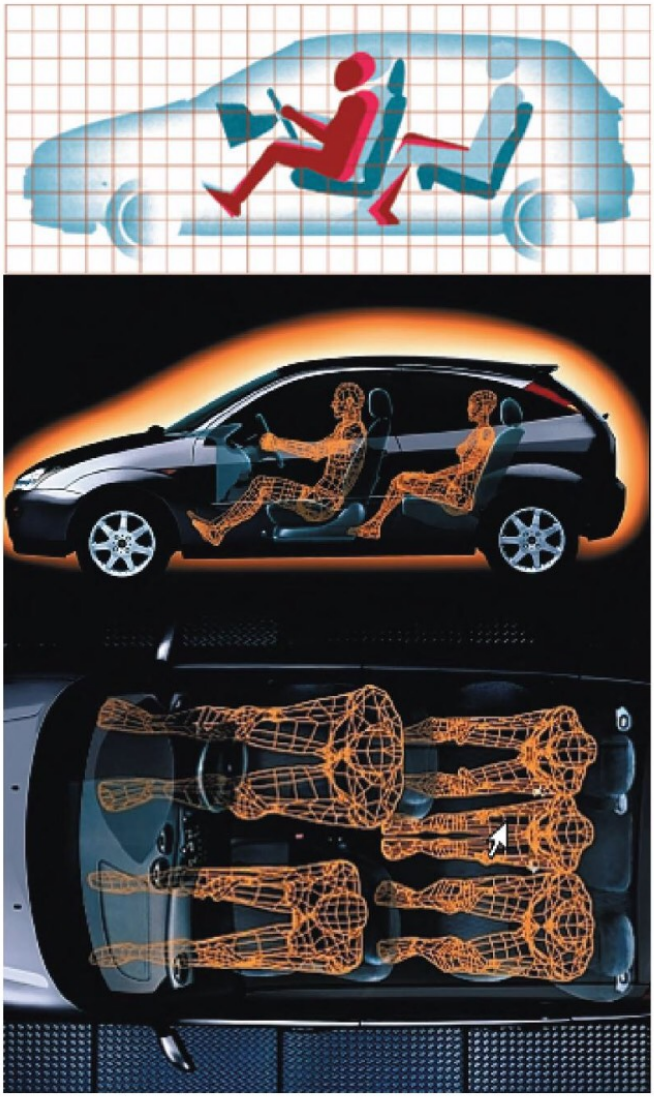
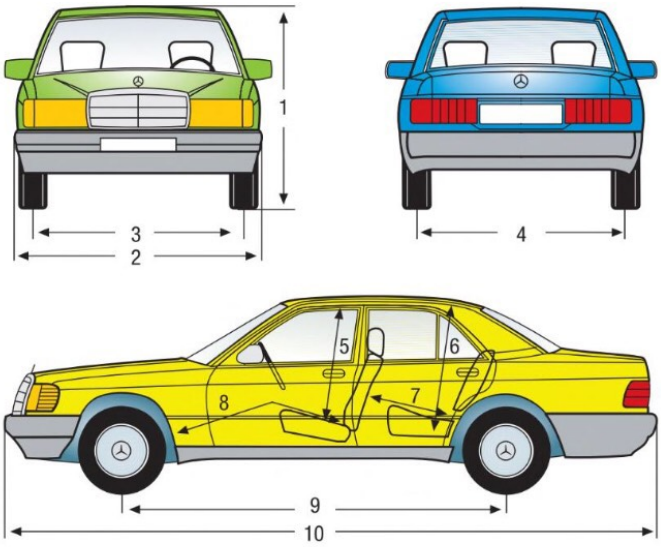


Figura 1.15. Estudio ergonómico del habitáculo.

- **Funciones mecánicas.** Deben poder bajarse los cristales laterales, apertura del capó motor y tapa trasera, los techos corredizos, reglaje de las luces, etcétera.
- **Posibilidad de fabricación y facilidad de reparación.**
- **Condiciones de seguridad.** Establecimiento de un plan de deformación programada, forma y disposición de los refuerzos y paragolpes, eliminación de aristas, etcétera.

Una vez calculadas las medidas exteriores, el ordenador proporciona una visión del vehículo (interior o exterior), y cada parte constituyente del mismo, de tal manera que mediante un análisis detallado el diseñador puede introducir todas las modificaciones que se estimen oportunas (Figura 1.18).

© Ediciones Paraninfo



1. Altura del vehículo
2. Anchura del vehículo
3. Ancho de vía delantero
4. Ancho de vía trasero
5. Altura interior delantera
6. Altura interior trasera
7. Espacio para sentarse
8. Espacio para extender las piernas
9. Distancia entre ejes
10. Longitud del vehículo

Figura 1.16. Medidas exteriores e interiores del vehículo.

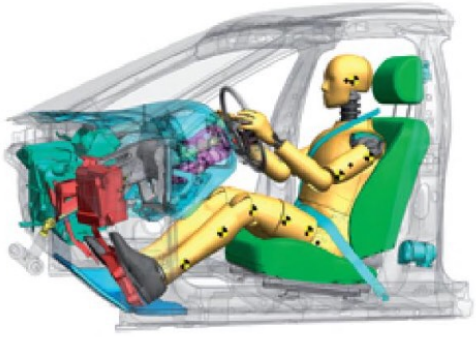


Figura 1.17. Estudio ergonómico del puesto de conducción.

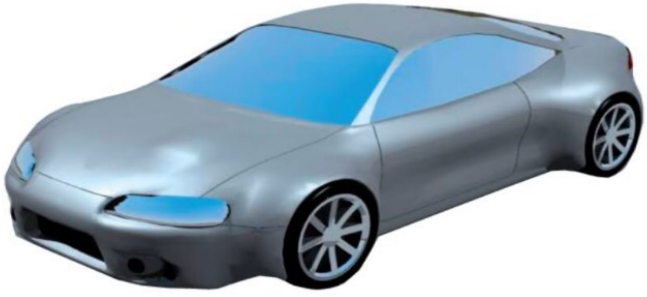
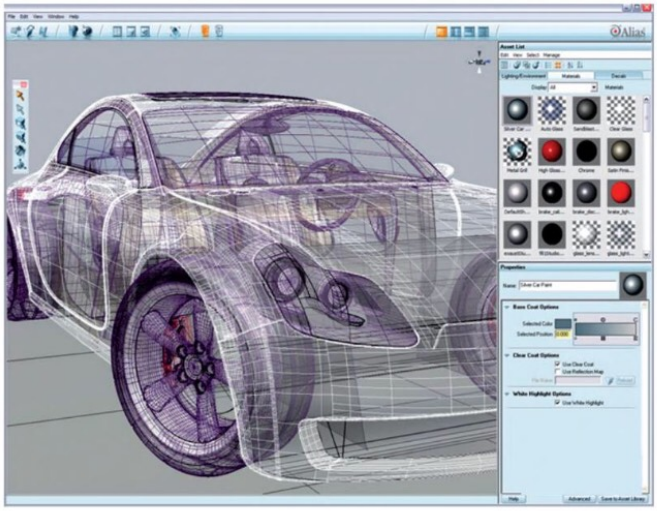


Figura 1.18. Visión exterior del diseño.

1.2. Fase de diseño

Una vez definido el vehículo se pasa a la fase de diseño, en la que se emplean medios altamente sofisticados que adoptan diferentes denominaciones como: DAO (Diseño Asistido por Ordenador), CAO (Concepción Asistida por Ordenador), CFAO (Concepción y Fabricación Asistida por Ordenador), o CAE (Ingeniería Asistida por Ordenador). En la actualidad, son varios los programas más utilizados en la industria del automóvil: Autodesk, Catia, Cadd5, Unigrafics, Ideas, Pro-Enginier, Solid Edge, Ramsis, etc. Mediante estos desarrollos informáticos se sustituyen las maquetas físicas por maquetas numéricas a partir de los parámetros geométricos obtenidos en la fase de concepción del vehículo. Para ello, los proyectistas hacen uso de potentes superordenadores, rápidos y de gran capacidad de cálculo, por medio de los cuales se evitan largas horas de trabajo, enorme cantidad de cálculos matemáticos, y costosas operaciones de pruebas preliminares.



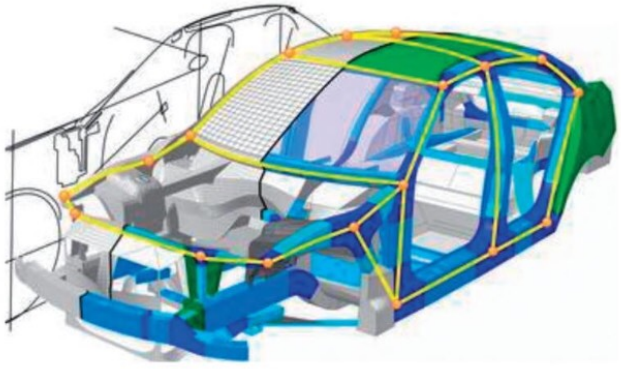


Figura 1.19. Diseño asistido por ordenador.

Como norma general, un buen diseño debe reunir las siguientes características:

© Ediciones Paraninfo

Básicamente, este tipo de instalaciones son habitaciones en forma de cubo, equipadas con proyectores de vídeo, superordenadores para el procesamiento de imágenes en tiempo real, gafas estereoscópicas, sistema de sonido y un sistema de navegación para crear la ilusión de inmersión total en un entorno virtual. Con ello, los ingenieros y diseñadores tienen la posibilidad de visualizar e interactuar con el diseño creado en tres dimensiones.

1.2.1. Los cálculos para la estructura

Dado lo extenso y complicado que puede resultar el campo del cálculo de estructuras, a continuación se cita de forma muy resumida su aplicación en el desarrollo de un nuevo modelo.

El principio universal en el cálculo de estructuras se basa en el hecho de que las deformaciones resultantes son proporcionales a las tensiones aplicadas. En este sentido, los modelos matemáticos son los primeros que aclaran a los proyectistas las ideas sobre cómo será, en los detalles, un nuevo modelo. Los cálculos matemáticos entran en juego inmediatamente, incluso antes de que un prototipo haya sufrido ni siquiera un rasguño. En esta fase el ordenador es un aliado valioso, de hecho con su ayuda se puede dirigir el proyecto de la mejor manera posible, tomando las decisiones oportunas a través de simulaciones experimentales que ponen a punto la estructura del nuevo modelo para que pueda absorber la máxima energía sacrificándose en defensa de los pasajeros Por todo ello, la estructura se plantea y calcula completamente con el ordenador.

Para determinar las características estáticas, dinámicas, y también acústicas de la totalidad de la carrocería se recurre tradicionalmente al método de integración de *elementos finitos*.

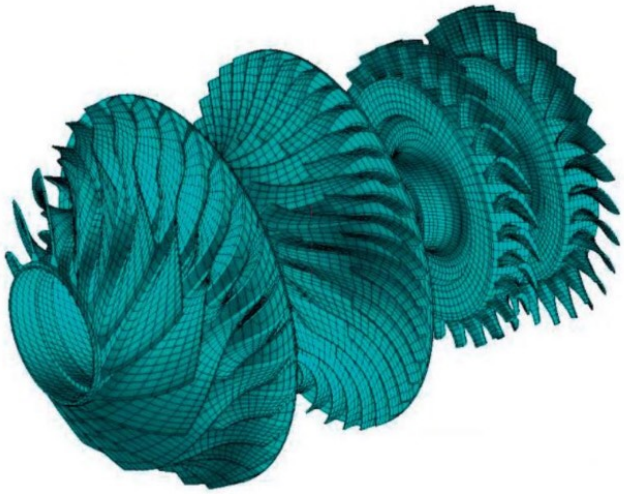


Figura 1.23. Ejemplo de pieza representada mediante un mallado de elementos finitos.

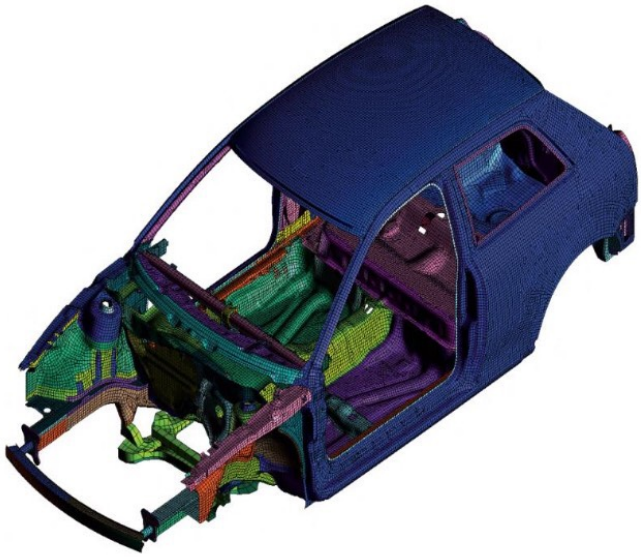


Figura 1.24. Modelo de mallado de elementos finitos aplicado en la simulación de un vehículo.

El concepto de elementos finitos se basa en la idea fundamental de descomponer cualquier cuerpo tridimensional en figuras geométricas simples, o dicho de otra forma, cualquier sistema portante complicado en elementos estructurales sencillos (vigas, cubiertas y elementos de volumen), cuyos comportamientos elásticos son conocidos y fáciles de formular matemáticamente.

Habitualmente los elementos o piezas suelen descomponerse en triángulos (que es el elemento finito más sencillo que se conoce) cuyos tres vértices presentan coordenadas espaciales y que, fruto de las tensiones aplicadas, se desplazan en el espacio, haciendo que los vértices de los triángulos adyacentes, vuelvan a desplazarse y así hasta que la tensión producida en cadena se anula. Estos bloques estructurales (elementos), después de ser evaluados con respecto a sus condiciones de carga se integran todos en la estructura total. Con ello es posible construir un modelo que represente fielmente las propiedades elásticas de la pieza real. El proceso puede resumirse en los siguientes pasos:

- En primer lugar se realiza una discretización finita de la pieza, consistente en dividirla en trozos muy pequeños a los cuales se pueden aplicar las ecuaciones clásicas de comportamiento elástico-resistente en función de la geometría, cargas y propiedades del material.
- Una vez realizado este mallado se aplican cargas exteriores en algunos de esos pequeños elementos y se estudia cómo se deforman y cómo pasan las cargas a sus inmediatos adyacentes, y estos a su vez a los siguientes y así sucesivamente. Las cargas aplicadas suelen ser: longitudinales (frena-

© Ediciones Paraninfo

- Resultar lo más atractivo posible.
- Que la transición a la fase de fabricación resulte lo más fácil posible.
- Debe garantizar una alta funcionalidad y una larga vida útil.
- El número de piezas constituyentes debe ser el mínimo posible y su desglose debe resultar sencillo.
- Tener un alto número de piezas aprovechables para otros modelos.
- Utilizar el mayor número posible de piezas reciclables (ajustándose o superando la normativa vigente en esta materia).
- Ofrecer una buena relación calidad/precio.

Desde las primeras fases de estudio, la simulación digital permite optimizar la arquitectura de la carrocería con un mejor reparto de los esfuerzos. Así, la imagen de síntesis permite la representación tridimensional de cualquier elemento o estructura, mediante una red de puntos o "mallado".

Figura 1.20. Imagen tridimensional de la carrocería.

A través de este método de trabajo el diseñador puede ensayar diferentes soluciones técnicas, simular el funcionamiento de cada pieza, introducir modificaciones, ensamblar piezas virtualmente e integrarlas en el sistema al cual van a pertenecer analizando su compatibilidad. Ofrece además la gran ventaja de que, por medio de dicho entramado, se puede visualizar el desplazamiento elástico de la materia, cuando esta es sometida a una hipótesis de carga, permitiendo predecir el comportamiento de la carrocería ante una colisión.

Una de las últimas innovaciones en el diseño de vehículos consiste en la utilización de técnicas de realidad virtual. Estos procesos de diseño ofrecen la posibilidad de concebir nuevas formas de acortar los ciclos de desarrollo de vehículos, una mejora en el control de los costes y una mayor creatividad.

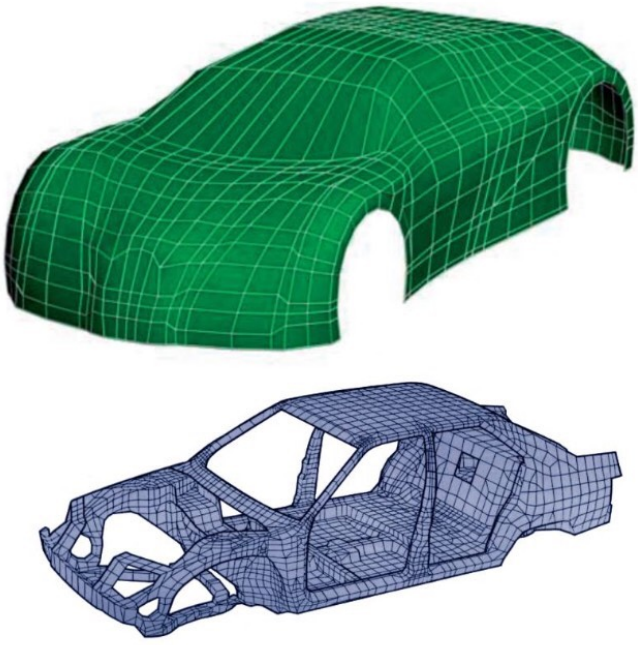


Figura 1.21. Mapa tridimensional y modelo 3D de la estructura de una carrocería.

Figura 1.22. Diseño en un entorno de realidad virtual.

© Ediciones Paraninfo

da-aceleración), verticales (propio peso del vehículo), esfuerzos de torsión (rigidez torsional, flexión lateral) y módulos propios (vibraciones-resonancia).

- De este modo se puede analizar la deformación macroscópica de la pieza, y los puntos en los que el esfuerzo es crítico, y por tanto susceptible de producir rotura.

Para realizar estos cálculos se utilizan programas de integración de elementos finitos FEM (*Finite Element Method*). Algunos de los más utilizados son NASTRAN, I-DEAS, ANSYS, COSMOS, COMSOLETC, LS-DYNA, etc. De esta manera se puede visualizar el efecto de cualquier tensión aplicada en un punto determinado, obteniendo deformaciones, oscilaciones, distribuciones de las tensiones, y trabajos de variación de forma (valores aislados o gráficos). Un proyecto de carrocería puede dividirse en más de 10 000 elementos con unas 40 000 variables. Las ventajas que ofrece la utilización del método de los elementos finitos se centran fundamentalmente en los siguientes aspectos:

- Posibilidad de determinar procesos de carga invisibles (transmisión de fuerzas, concentraciones de esfuerzos) en estructuras complicadas (como es el caso de la carrocería).
- Calcular variables como: grueso de chapa, refuerzos, materiales, etcétera.
- Posibilidad de incorporación de materiales compuestos.

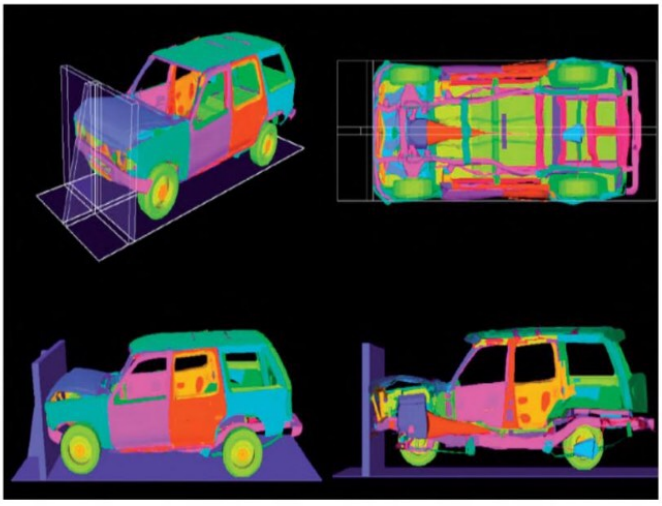


Figura 1.25. Simulación del modelo de deformación mediante elementos finitos.

Por el contrario, entre las limitaciones que presenta la utilización de este método pueden citarse:

- La exactitud depende del tipo de elemento, de su número y de su distribución en la estructura.
- Las variaciones entre el grueso de la chapa calculado y el real, una vez laminada y embutida, debido a la anisotropía* de los distintos materiales.
- Dificultad para estimar exactamente las uniones soldadas.

Para solucionar estos inconvenientes, se han desarrollado otros métodos de simulación basados en la descomposición de los cuerpos en subestructuras (WBS), que reducen el tamaño del modelo basado en elementos finitos. Estas nuevas técnicas, además de mejorar los modelos de simulación precedentes, permiten disminuir considerablemente el tiempo para realizar el cálculo de un modelo completo.

1.2.2. Cálculo de la resistencia

El estudio concreto de cálculo de estructuras consiste, a grandes rasgos, en calcular la relación entre fuerza y desplazamiento para cada elemento componente de la estructura. Una vez realizado dicho estudio, a continuación se procede al ensamblaje del conjunto de elementos, en el que, inevitablemente, se debe establecer el equilibrio de fuerzas en cada punto de unión (es evidente que ese equilibrio existe, pues en caso contrario la estructura se rompería). Como ejemplo, en cada punto de unión de una estructura de dos o más barras, por el efecto de acción y reacción, hay equilibrio entre las diferentes fuerzas de tensión y compresión de los momentos. Gracias a esta necesaria igualdad de fuerzas para mantener los equilibrios, se pueden encontrar las incógnitas o variables desconocidas.

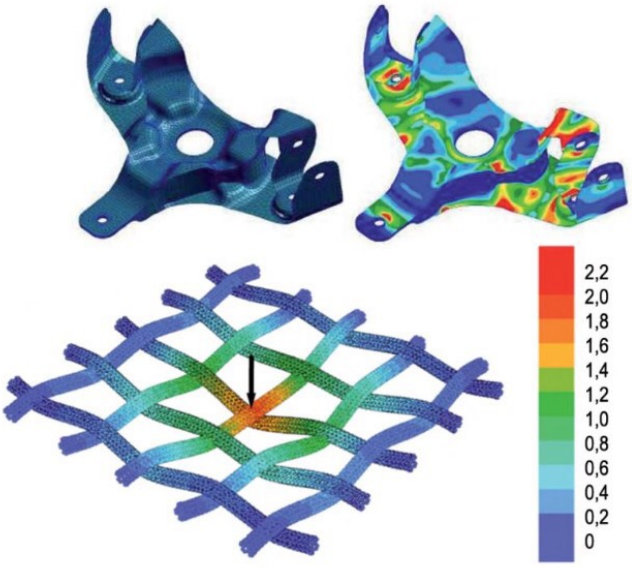


Figura 1.26. Ensayos y cálculo de la deformación por el método de elementos finitos.

* Propiedad de ciertos materiales de presentar características físicas (elasticidad, índice de refracción, etc.) diferentes para cada dirección. Los cuerpos anisótropos son casi todos los de estructura cristalina y las sustancias fibrosas.

© Ediciones Paraninfo

Además de las tensiones causadas por sistemas de sujeción y cargas suspendidas, que se calculan por el método de los elementos finitos, hay ciertas piezas del vehículo como montantes, travesaños y paragolpes, que se encuentran sometidas frecuentemente a cargas de flexión o torsión. En estos casos resulta adecuado utilizar los programas de cálculo de secciones. Para realizar estos cálculos se descomponen en elementos las secciones de paredes más finas de las piezas y se determina el grueso de chapa apropiado. Con ello, entre otros resultados se obtendrán las superficies de las secciones, los momentos de inercia y los momentos resistentes.

1.2.3. Cálculo del comportamiento ante las colisiones

Hasta hace bien poco, los estudios que realizaban los fabricantes en los ensayos de accidentes para la puesta a punto del proyecto (choques frontales, traseros, laterales o vuelcos), se encontraban dificultados en gran medida por las grandes deformaciones plásticas que se producen (debido a su fuerte carácter no lineal y dinámico). Por ello, los estudios de las partes principales de la estructura se realizaban mediante cálculos de secciones, cálculos de modelos y ensayos de estructuras parciales, cuyos resultados se comparaban con grupos constructivos de carrocerías que ya estaban comprobadas.

En cambio, hoy en día, el uso del ordenador y de sofisticados instrumentos de cálculo permiten realizar ensayos virtuales de colisiones en los que se ejecutan megaoperaciones de cálculo en nanosegundos, que por una parte permiten dar el planteamiento correcto al vehículo sin haber destruido ni siquiera un solo prototipo, y por otra hacen más evidente la interpretación de los datos experimentales a lo largo de todo el desarrollo del vehículo, facilitando las modificaciones de perfeccionamiento y puesta a punto del proyecto.

En la realización de *crash test* virtuales se utilizan los modelos matemáticos tridimensionales del vehículo, dividiendo la estructura portante de la carrocería en elementos finitos (acabados), los FEM (mencionados anteriormente), cada uno de los cuales tiene definido con anterioridad su comportamiento cuando se le aplican determinadas fuerzas, y que sirven de base para los cálculos simulados al dividir en unos 100 000 pasos el rapidísimo fenómeno de la deformación durante un choque y el movimiento de los pasajeros, para asegurar la máxima exactitud de los resultados.

Si se aplica sobre una zona del vehículo virtual una fuerza dada (equivalente a un choque), se inicia una reacción en cadena en la que cada área se deforma según los cálculos anteriores y transmite fuerza a las que están en contacto con ella. De esta forma es posible determinar cuál ha sido la deformación total del vehículo. De esta manera, las simulaciones virtuales de *crash test,* completadas con pruebas reales, permiten validar las dimensiones y el comportamiento por separado de ciertos elementos de la carrocería tales como los largueros, el travesaño delantero, las traviesas bajo el asiento, el travesaño del techo, etcétera.

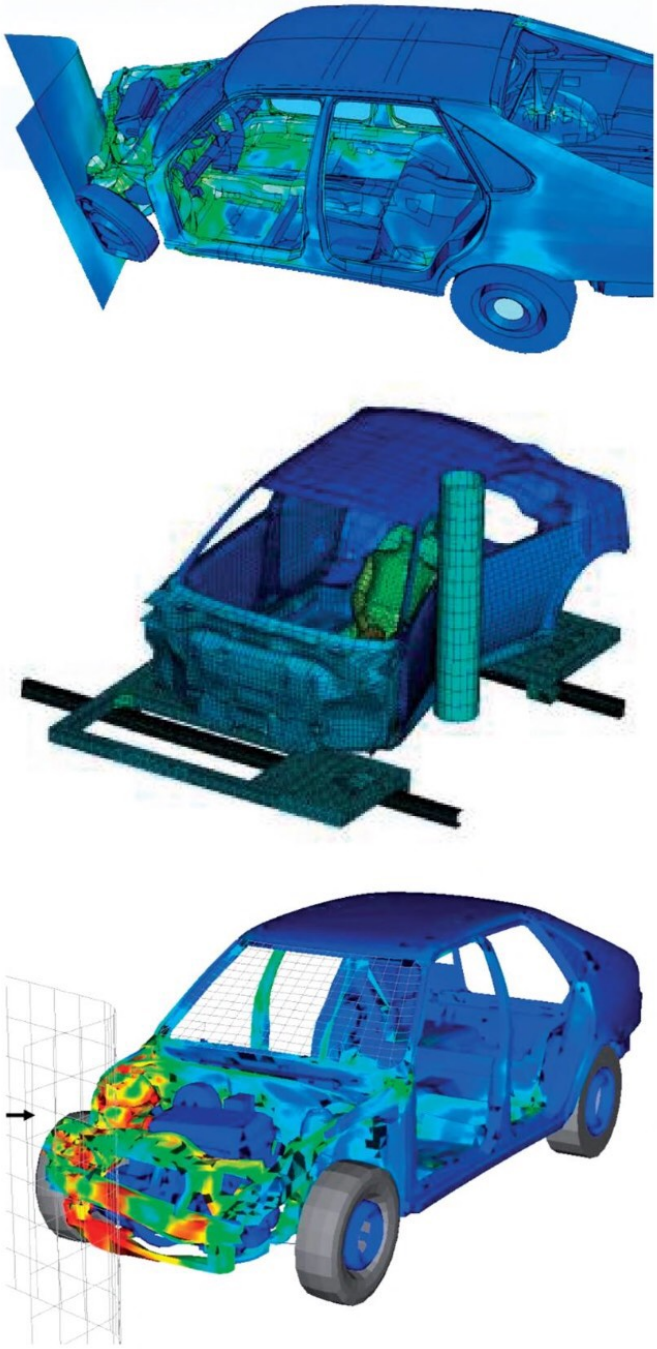


Figura 1.27. **Ensayos del comportamiento de la estructura en una deformación.**

© Ediciones Paraninfo

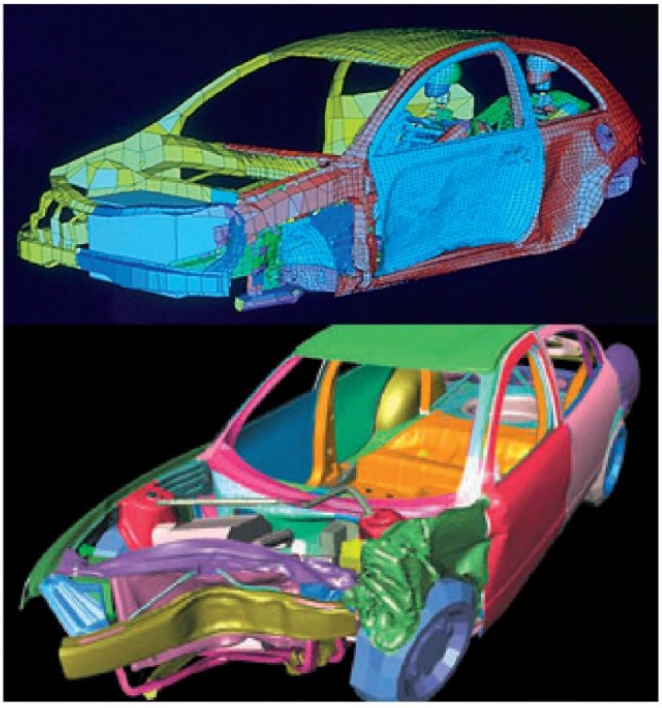


Figura 1.28. Visualización virtual de los efectos que sufre la estructura tras una deformación.

1.3 Fase de creación de maquetas

La siguiente fase consiste en "dar volumen" al dibujo. Como resultado del estudio anterior se construyen maquetas de escayola, arcilla, plastilina, o materiales sintéticos; primero a escala 1:5 y luego a tamaño natural. Las maquetas a escala reducida se utilizan normalmente para buscar las proporciones de soporte, con el fin de estudiar los detalles del tratado de volúmenes. En esta fase, el diseñador determina la agresividad de las formas curvas, afirma las líneas direccionales, determinando el volumen en todos sus aspectos. La fabricación de maquetas a escala permite analizar su comportamiento aerodinámico, así como obtener una referencia directa para seleccionar las ideas que se llevarán a la práctica.

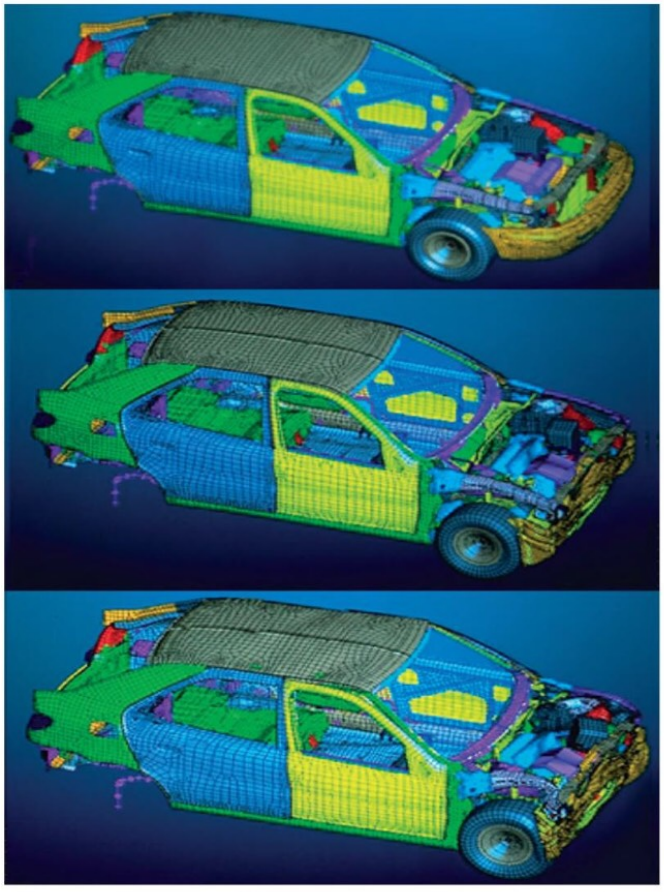


Figura 1.29. Simulación en fases de una deformación producida por un choque.

Como resultado de todo este estudio se obtiene la maqueta virtual definitiva, que define numéricamente el diseño para establecer el plan de forma del primer prototipo. Para ello, con una máquina calibradora tridimensional se anota la posición en el espacio de unos 10 000 puntos en la carrocería y se introducen todas sus secciones en la memoria. Hoy en día, cuando se acaba la fase de diseño, los datos anteriores plasmados en un plano digitalizado se transfieren en forma de órdenes de un ordenador a una fresadora automática de cinco ejes que "clona" el mo-

Figura 1.30. Creación de maquetas modeladas en arcilla.

© Ediciones Paraninfo

delo diseñado, sobre un bloque de material termoplástico (generalmente poliestireno).

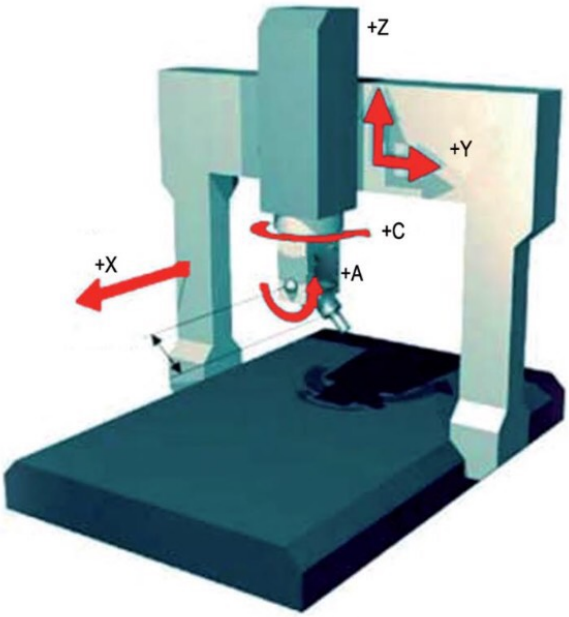


Figura 1.31. Fresadora CNC para el clonado en maquetas de los diseños.

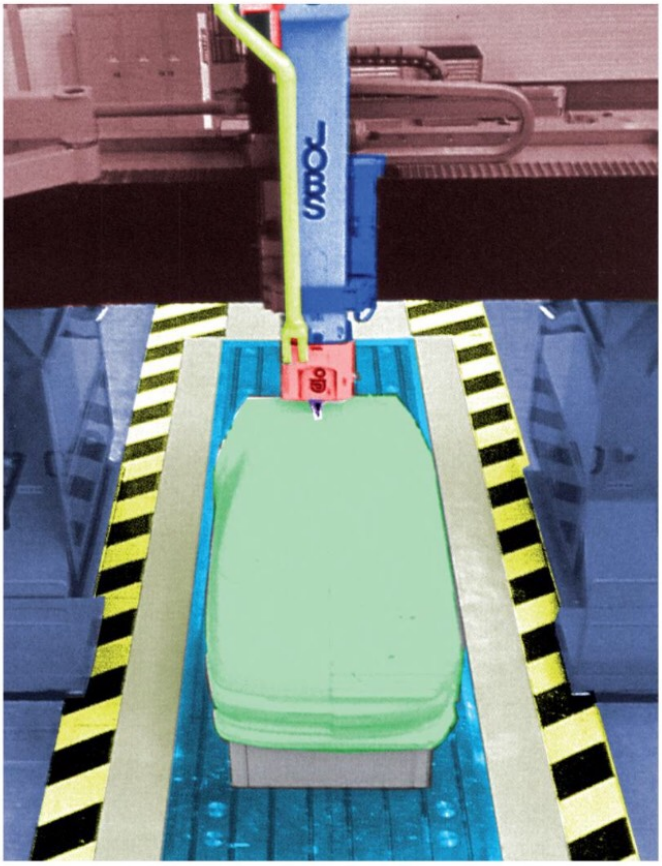


Figura 1.32. Clonado de la maqueta.

Figura 1.33. Aspecto final de la maqueta clonada.

A la forma conseguida en el bloque de poliestireno, suele "sacarse" un molde exterior de resina epoxi para construir una maqueta hueca, que se utiliza para obtener una visón conjunta y transparente del estilo exterior e interior del modelo.

Esta maqueta transparente puede acristalarse como los vehículos reales e incluso hacerla rodar sobre un chasis y una mecánica simulada.

Estas maquetas sufrirán los rigores de los primeros test de aerodinámica en el túnel de viento para confirmar los cálculos efectuados sobre el papel respecto a su penetración aerodinámica o las fuerzas que puedan desestabilizar su marcha.

Figura 1.34. Molde de la maqueta en resina epoxi.

1.4. Fase de construcción de prototipos

En esta fase se requiere la máxima precisión, ya que el transportar los datos del plano al modelo resulta imprescindible y para ello se emplea la tecnología más moderna.

© Ediciones Paraninfo

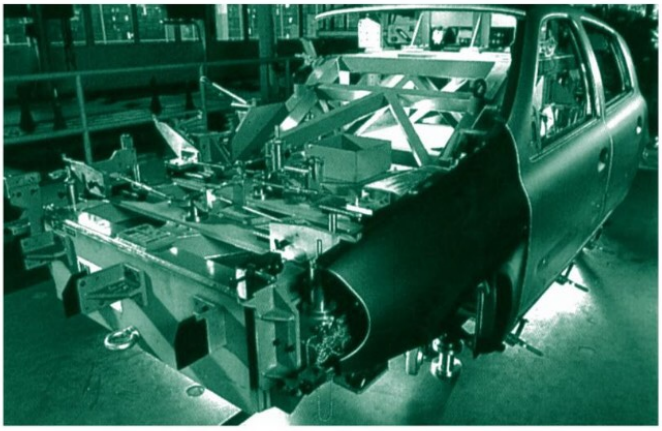


Figura 1.35. Fabricación de prototipos.

Los prototipos suelen montarse en instalaciones específicas (talleres piloto) utilizando prensas de estampación de 650 toneladas, talleres de fresado y salas para ensamblaje de carrocerías y montaje del vehículo completo. Se definen las matrices, los moldes y el utillaje necesario para la construcción. Aunque la fabricación de las distintas piezas se realiza ya por robots y maquinaria sofisticada, los primeros prototipos se montan a mano e incluso las soldaduras se realizan de modo tradicional, es decir, manualmente.

Esto sirve para ir calibrando los ajustes finos de cada una de las máquinas, a la vez que permite corregir los pequeños defectos que pudieran producirse.

En la fase de construcción de los prototipos se analizan en profundidad hasta los detalles más insignificantes, prestándose especial atención al control geométrico de la carrocería.

Como resultado de todo ello se determina el proceso de estampación más idóneo, se ultiman los útiles de las prensas (matrices), a la vez que se realizan los estudios de tolerancias, de referencias, sistemas de unión, y se regulan los equipos de ensamblaje.

Figura 1.36. Taller de prototipos.

1.5. Fase de pruebas

Una vez fabricado el prototipo, se inician una serie de pruebas para analizarlo a fondo. Por un lado se comprueban los motores sometiéndolos a ensayos acústicos y de vibraciones. Por otro, los materiales se controlan con microscopios electrónicos y equipos de metalurgia, y se comprueba la resistencia a la fatiga de algunos elementos en complejos bancos hidráulicos. El modelo también pasa por una prueba de seguridad para comprobar su rigidez estructural. En las pruebas climáticas se le somete a extremas condiciones de temperatura, que van desde los 40 grados bajo cero hasta los 180 grados. En la fase de laboratorio también se comprueba la resistencia de la carrocería frente a la corrosión introduciéndola en cámaras húmedas, cálidas y salinas, y se simulan climas polares, tropicales, etcétera.

Unas de las pruebas más significativas e importantes para los fabricantes son las que hacen referencia al medio ambiente, en las que se verifican las emisiones de gases y se analizan los materiales empleados pensando en su posterior reciclaje.

© Ediciones Paraninfo

Figura 1.37. **Pruebas de comportamiento dinámico, fatiga y de choque.**

La ergonomía del puesto de conducción, el confort y aspectos como la sonoridad que llega al habitáculo procedente del exterior o la forma y mullido de los asientos, sin olvidar la textura y color de los materiales que recubren el habitáculo, siguen el mismo proceso. También tienen lugar en este punto del desarrollo los ensayos de golpes y la seguridad tanto activa como pasiva. Otra secuencia importante en el programa de comprobaciones la constituyen los ensayos de durabilidad de determinados componentes de la carrocería (puertas, capós, cerraduras, etc.).

Durante estos ensayos se someten a las carrocerías a cargas extremas en el banco de pruebas de vibraciones (como ejemplo, 70 horas en el banco de ensayos corresponden a 200 000 kilómetros sobre firme irregular).

Estos vehículos sufren un gran número de pruebas de fatiga tanto en laboratorios (frenadas, vibraciones, derrapajes, oscilaciones de la suspensión, *crash test,* etc.) como en circuitos cerrados (con calzadas de todo tipo) para analizar su comportamiento y características más significativas, con el fin de poner a punto la geometría de los distintos componentes del mismo.

Estas pruebas se realizan por especialistas que deberán interpretar las informaciones subjetivas aún no totalmente "dominadas" con datos cuantificables: homogeneidad del vehículo, progresividad de sus reacciones, etc. De esta manera, los especialistas probadores intervienen en una fase donde el nivel de regulación y ajuste es sumamente fino.

De los prototipos se pasa al vehículo de preserie antes de iniciar la fabricación. Por último, en los programas de circulación real, los vehículos (debidamente camuflados para no desvelar sus secretos), recorren más de 20 millones de kilómetros en diferentes zonas del planeta con climas y condiciones extremas. Estos vehículos "preserie" se convierten en auténticos laboratorios rodantes, que se utilizan para confirmar las virtudes o defectos del modelo, cuyo resultado marcará la evolución definitiva que llevará a la fabricación en serie; si el resultado es favorable, el vehículo pasará a la producción, si no, se retrocederá para reestudiar aquellos puntos susceptibles de mejora.

© Ediciones Paraninfo

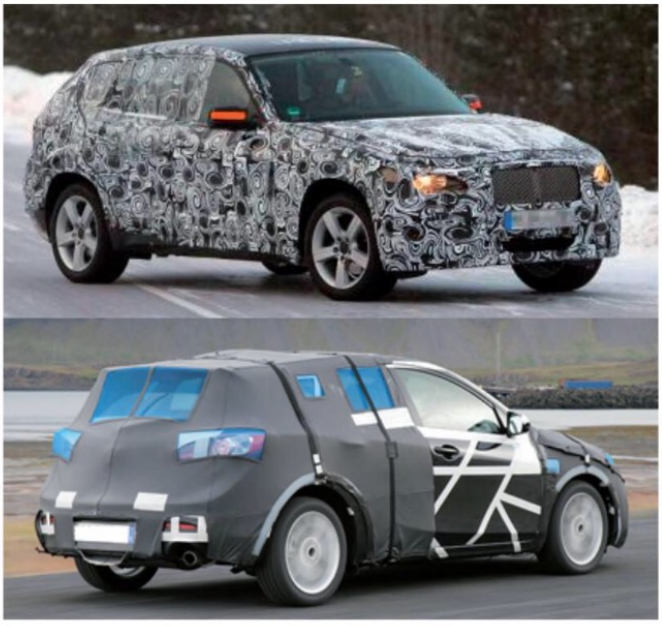


Figura 1.38. Vehículos preserie "camuflados".

1.6. Fabricación del vehículo

Una vez que el prototipo ha superado todas las fases anteriores y se confirma la viabilidad técnica y económica del proyecto, se comienza con la planificación de su fabricación. Normalmente, los nuevos vehículos se fabrican en líneas de ensamblaje de modelos predecesores, por lo que se trata de adaptar las líneas existentes, de forma que, en algunas ocasiones, tanto el modelo antiguo como el nuevo puedan fabricarse a la vez. Esta simultaneidad resulta necesaria, porque entre 6 y 12 meses antes de lanzar un nuevo modelo, este ya comienza a fabricarse en la factoría. El reto de adaptar la línea radica en que la producción del modelo existente ha de perturbarse lo menos posible para seguir con el volumen de producción previsto.

Las líneas de producción cuentan con numerosas estaciones donde los operarios, fijos en cada estación, realizan el mismo trabajo en cada vehículo que llega. En unos casos, los operarios pueden rotar de estación a estación por razones ergonómicas, y en otros, trabajan de forma permanente en una estación. El desplazamiento de los vehículos de una estación a otra se basa en el principio de una cinta transportadora.

En la actualidad, los constructores fabrican el vehículo a partir de la configuración elegida por el cliente, en lugar de crear vehículos con diferentes equipamientos, colores y variantes entre los que el cliente pueda elegir. Esto le permite adecuarse más a los gustos del mercado y reducir los gravosos *stocks* de unidades sin vender.

Figura 1.39. Línea de ensamblaje.

En las factorías se realiza el proceso de ensamblaje del vehículo con componentes que llegan de otras factorías del mismo grupo o de empresas auxiliares, mediante el método *just in time* (justo a tiempo), que consiste en que los componentes llegan a la factoría el mismo día en que van a ser ensamblados. Este sistema de organización de la producción permite aumentar la productividad y reducir el coste de la gestión y de las pérdidas en almacenes debido a *stocks* innecesarios.

Las factorías suelen tener cuatro áreas perfectamente definidas:

- Área de estampación.
- Área de soldadura.
- Área de pintura.
- Área de ensamblaje.

El proceso de fabricación de un automóvil arranca con la llegada del acero de diversos proveedores en bobinas de distinto tamaño, anchura y grosor, algunas de ellas con un peso de más de 20 Tm. La chapa de acero dispone de un re-

© Ediciones Paraninfo

cubrimiento de zinc de varios tipos: electrocincado (recubiertos por electrodeposición), "Hot Dip" (acero sumergido en zinc líquido) o galvanizado (con tratamiento térmico).

Figura 1.40. Distribución de las bobinas de acero.

1.6.1. Fase de estampación

Tomando como referencia el material servido en bobinas, el primer paso consiste en enderezar la chapa mediante una serie de rodillos para deshacer la curvatura. A continuación se procede al recorte en cizallas automáticas de las piezas de chapa (según las dimensiones de la pieza a fabricar) para ser introducidas en la cadena de estampación.

La estampación consiste en un proceso de conformado por el que se transforma una chapa plana en un cuerpo hueco adaptándola a la forma definida por una matriz, mediante la presión ejercida por una prensa. En este proceso de proceso de conformado por deformación plástica, la chapa sufre simultáneamente transformaciones por estirado y por recalcado, produciéndose variaciones en su espesor. La estampación es el proceso ideal para la fabricación de piezas con superficies complejas y altas exigencias dimensionales.

El proceso puede realizarse en frío o en caliente. Entre las ventajas y capacidades de la estampación en frío destaca la posibilidad de trabajar con materiales de alta resistencia que posibilitan soluciones de reducción de peso de la estructura del vehículo. Este hecho es especialmente relevante para piezas del chasis, en las que los requerimientos de espesor y resistencia de los materiales son mayores.

Por su parte, la estampación en caliente es un proceso innovador a través del cual se moldean los aceros ultrarresistentes en formas complejas, de una forma más eficiente que con la estampación convencional en frío (los aceros avanzados de alta y ultra alta resistencia, deben conformarse en caliente dada su dureza). El proceso implica el calentamiento del acero hasta que se vuelve maleable, seguido del conformado y rápido enfriamiento en troqueles especialmente diseñados para ello, creando durante este proceso un material transformado y endurecido. Gracias a esta capacidad de combinar eficazmente resistencia y complejidad, la estampación en caliente consigue piezas ligeras que de ser producidas con estampación en frío exigirían soldar piezas más gruesas y pesadas, lo que se traduciría en un mayor tiempo de fabricación empleando varios procesos. Actualmente, este procedimiento es una de las soluciones más avanzadas para el aligeramiento de peso de la estructura de la carrocería, garantizando un óptimo comportamiento en caso de colisión.

Durante la estampación, cada recorte de chapa se introduce, mediante robots alimentadores, en el interior de una prensa tipo *transfer* que dispone de varias matrices en línea, cada una encargada de realizar una secuencia en el conformado total de la pieza. Durante todo el proceso, el *transfer,* es el elemento encargado de desplazar las piezas de una estación (matriz) a la siguiente para realizar las sucesivas operaciones necesarias para el conformado de la pieza.

El tener que realizar el conformado de una pieza en varias fases viene dado porque algunas formas no pueden obtenerse con un solo golpe, sino que es necesario diseñar adecuadamente la forma de las matrices para permitir que el material fluya plásticamente sin alcanzar la rotura (la presión ejercida puede llegar a las 20 Tm).

De esta forma se fabrican todas las de alrededor de 350 piezas (según el vehículo), que conformarán la caja del vehículo: laterales, piso, aletas, puertas, etcétera.

Figura 1.41. Matrices y diverso utillaje de la línea de prensas.

En una línea de estampación puede haber más de 600 matrices disponibles, que en función de las necesidades de producción, se van cambiando en las prensas mediante a una grúa elevada.

Para tener una idea de las características de las prensas de gran tamaño empleadas en la factorías de automóviles, basta enumerar los siguientes datos: una prensa *transfer* puede pesar 2500 Tm, medir 50 m de largo, 12 m de alto y 10 m de ancho, y proporcionar una potencia de 5400 Tm.

Como ejemplo, el área de estampación de una factoría puede contar con:

© Ediciones Paraninfo

Figura 1.42. **Prensa de estampación con matriz.**

- Cinco líneas de prensas grandes.
- Una línea de prensas pequeñas.
- Un desapilador alimentador de doble efecto.
- Cinco robots inter-prensas de extracción y alimentación.

Figura 1.43. **Pieza estampada.**

Evidentemente, la línea de grandes prensas resulta una instalación enormemente costosa, por esta razón los fabricantes solo disponen de unas pocas unidades por factoría, por lo que para conseguir la gran variedad de piezas que conforman la carrocería, únicamente se cambian sistemáticamente las matrices de las prensas.

Figura 1.44. **Instalaciones de prensas tipo *transfer*.**

1.6.2. Fase de soldadura

A nivel constructivo, la carrocería autoportante consta de cuerpos huecos de chapa y de láminas que se unen en las instalaciones de soldadura continua o por puntos múltiples realizados por robots automatizados, ya que su introducción en las cadenas de montaje supone una rapidez y exactitud de ensamblado difícil de conseguir por otros medios. Según el vehículo, se necesitan aproximadamente 5000 puntos de soldadura a lo largo de 120 a 200 m de borde de chapa. La anchura de pestaña solapada suele estar comprendida entre 10 y 18 mm. Las piezas exteriores de la carrocería (aletas delanteras, puertas, capó del motor, y tapa del maletero) suelen ir atornilladas sobre la carrocería.

La soldadura proporciona alta resistencia mecánica y buena transmisión de esfuerzos entre las distintas piezas estructurales (fijas). Las uniones atornilladas, sin embargo, proporcionan una excelente reparabilidad de las piezas (amovibles) tras un siniestro.

En el ensamblado de la carrocería se suelen utilizar soldadura MIG y soldadura por puntos de resistencia para unir toda la gama de aceros de alta resistencia y piezas de estampación en caliente, aunque también se emplean otros métodos de unión como:

- **Soldadura láser (3D).** Este tipo de soldadura solo puede ejecutarse en fábrica y, entre otros usos, se emplea frecuentemente para unir el techo a los montantes. La soldadura láser se emplea con el fin de mejorar la resistencia estática y dinámica de las uniones, y en las zonas en las que solo se dispone de acceso desde un lado. Esta técnica aporta numerosas ventajas entre las que destacan:
  - Aumento de rigidez.
  - Permite una gran variedad de geometrías de soldadura con alta precisión en los ensamblajes.
  - Conservación de las propiedades anticorrosivas.
  - Reduce la distorsión dimensional y las variaciones en las propiedades del material, ya que la zona de soldadura afectada por el calor tiene un área muy pequeña.
  - Reducción de ruidos.
  - La soldadura láser (borde contra borde) de chapas con distintos espesores, permite optimizar las zonas que se deben reforzar.
  - Los tiempos de soldadura pueden ser hasta 40 veces más rápidos que la soldadura tradicional, aumentando la productividad.
- **Soldadura láser-híbrida.** Se trata, asimismo, de una técnica de soldadura que solo puede aplicarse en el proceso de fabricación, y que combina la excelente velocidad de ejecución de la soldadura láser y los buenos niveles de penetración que aporta la soldadura MIG. Para ello, en un mismo procedimiento se asocia la energía generada por una fuente de energía láser y por un arco voltaico
- **Soldadura MIG-Brazing.** Se trata de un procedimiento de soldadura al arco bajo gas protector en el que se

© Ediciones Paraninfo

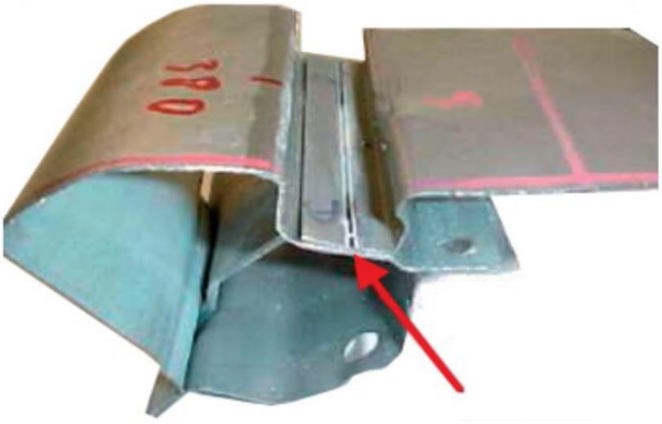


Figura 1.45. Unión mediante soldadura láser.

alcanzan unas temperaturas lo suficientemente bajas como para no eliminar la capa protectora de zinc.

- **Soldadura láser-Brazing.** Es un procedimiento de soldadura heterogénea similar al anterior. En este caso, la soldadura se produce mediante la fusión de un hilo de cobre y silicio al 3% con la ayuda de una fuente de energía láser. De esta forma, la soldadura no producirá excesivas concentraciones de calor y, por lo tanto, permite mantener el recubrimiento protector de zinc de la chapa galvanizada. Con esta técnica, se consigue un cordón continuo de mucha longitud y muy poca anchura, con una alta velocidad de ejecución y muy buena penetración.
- **Soldadura de latón.** Este método de soldadura cobra de nuevo actualidad debido principalmente a la reducción de los huecos de las chapas para aumentar la rigidez de la carrocería, lo que elimina la posibilidad de soldar mediante puntos de resistencia (al no disponer de acceso a la zona de unión). Este método consiste en una soldadura continua realizada bajo atmósfera de gas protector y cuyo material de aportación es principalmente el latón.
- **Piezas pegadas.** Uno de los objetivos fundamentales que se contemplan en el plan de diseño de una carrocería autoportante, consiste en que el acero con el que está construida cada pieza soporte niveles de carga equivalentes. De esta transmisión de esfuerzos se encargan fundamentalmente los puntos y cordones de soldadura. Sin embargo, este tipo de uniones suponen la concentración local de esfuerzos (tensiones). Este problema puede resolverse mediante las uniones pegadas estructurales, en las cuales se consigue que la transmisión de tensiones se "reparta", algo que tiene mucha influencia, por ejemplo, cuando ocurre un siniestro y es necesario involucrar en la deformación al mayor número de piezas posible. Los adhesivos estructurales utilizados más frecuentemente son de naturaleza "epoxi", generalmente bicomponentes, debido a su excelente resistencia al ataque químico, excelentes propiedades mecánicas y buenas propiedades de aplicación. Existen dos tipos de uniones pegadas: aquellas en las que se utiliza el adhesivo estructural para unir dos chapas, y aquellas en las que además se realizan puntos de soldadura. En ambos casos se aporta una mejora de la rigidez de la carrocería, ya que estas uniones tienen una especial resistencia a los esfuerzos de cizalladura y de tracción.

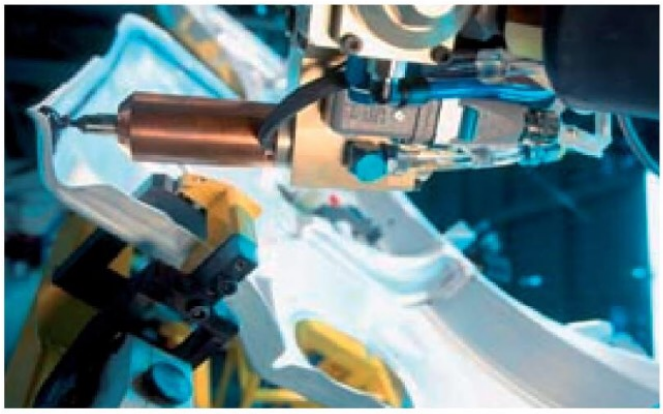


Figura 1.46. Aplicación del adhesivo.

- **Piezas remachadas.** La incorporación de nuevos materiales y la utilización de técnicas "híbridas" de fabricación de carrocerías, ha impulsado la utilizacion de los remaches como un método más de unión utilizado en el ensamblaje. Su empleo más habitual se centra en las carrocerías de aluminio en sustitución de la soldadura por puntos de resistencia, aunque su uso también se ha extendido a las carrocerías de acero. Las uniones remachadas suelen combinarse con las pegadas, complementándose perfectamente ambos sistemas.

Figura 1.47. Área automatizada de remachado.

© Ediciones Paraninfo

Las diferentes uniones que conforman la estructura de la carrocería de un vehículo actual pueden consistir en la aplicación de unos 60 metros de adhesivo, 4000 puntos de soldadura y más de 60 uniones atornilladas. Además, se aplican soldadura MAG y MIG, soldadura por rayos láser, uniones con reborde, remachadas y clinchadas.

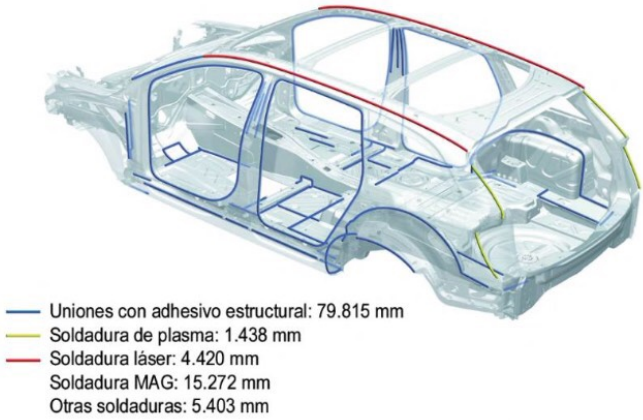


Figura 1.48. Diferentes métodos de unión utilizados en la estructura de una carrocería.

El área de soldadura de la factoría de fabricación de vehículos está distribuida en varias zonas diferenciadas:

- Área dedicada al ensamblaje de los elementos amovibles de la carrocería como: puertas, capós, portones, etcétera.

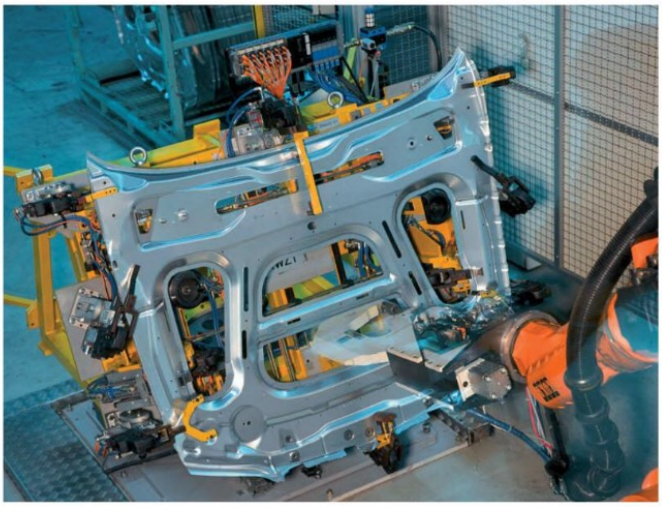


Figura 1.49. Ensamblado del capó.

- Área dedicada a la unión de elementos o subconjuntos integrantes de la carrocería como: plataforma, paneles laterales, etcétera.
- Área dedicada a la conformación y soldadura de la carrocería. En esta línea se unen los grandes subconjuntos como: plataforma, paneles laterales, techo, etcétera.
- Área de acabado donde se le añaden a la caja ya conformada, los elementos separados y se finaliza el conjunto.

Como ejemplo, el área de soldadura de una factoría puede disponer de:

- 80 robots de soldadura.
- 4 robots de control geométrico de la carrocería.
- 5 robots de manipulación.
- 11 *transfers* mecanizados.
- 15 aerovías.
- 48 autómatas.
- 2 prensas de soldadura.
- 7 minisistemas con ordenadores industriales.

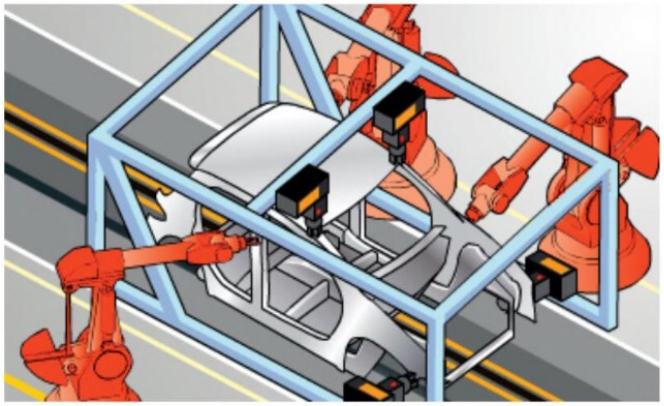


Figura 1.50. Control de la geometría de la carrocería durante la soldadura.

La fase de soldadura está completamente automatizada mediante robots programables; unos sitúan convenientemente las piezas y otros reconocen a gran velocidad el punto a soldar. Según el modelo de vehículo, pueden realizar más de 4500 puntos de soldadura.

Una vez que las distintas piezas han sido estampadas, es necesario proceder a su unión para conformar la estructura de la carrocería. En algunos casos se unen varias de ellas para componer una pieza más compleja, como es el caso de la unión por soldadura de varias chapas para formar una parte de un larguero.

En primer lugar se ensamblan la plataforma y los laterales en dos líneas diferentes. Seguidamente se une la plataforma a los laterales y a continuación se suelda el techo, un paso denominado *Framing* y que da forma a la carrocería. Por último se unen las aletas, las puertas, los capós y demás subconjuntos complementarios (cuyo ensamblaje se suele realizar en sectores anexos).

Para verificar el correcto posicionado de las diferentes piezas, durante todo este proceso, interviene un mecanismo conformador geométrico de lectura por láser, que mide hasta 90 características dimensionales de la carrocería en 30 segundos. Para verificar la correcta configuración de las piezas, aleatoriamente se comprueban una serie de piezas

© Ediciones Paraninfo

de la carrocería y se verifican las soldaduras destruyendo una carrocería por día.

Figura 1.51. Comprobación de un lateral de la caja.

Para finalizar el proceso, se somete la carrocería a un baño de componentes químicos que permiten detectar posibles problemas superficiales que se retocan en un área específica.

Una vez conformada la carrocería, se le aplican los productos anticorrosivos, cordones de estanqueidad, la imprimación y la capa de pintura y de laca que dan al vehículo su color definitivo.

A continuación, las carrocerías se clasifican por familias de colores en un área de almacenamiento por niveles, de donde saldrán hacia el ensamblaje definitivo según la planificación de fabricación.

1.6.3. Fase de ensamblaje

En el área de ensamblaje se completa la carrocería desnuda con todas las piezas necesarias. Para ello se suelen desmontar las puertas y en ocasiones también la puerta del maletero para ser ensamblados de forma paralela y así facilitar el acceso al interior del vehículo.

Al entrar la carrocería en esta área, se le añade una ficha identificativa en la que se especifican todas las piezas que

Figura 1.52. Conformado de la carrocería en la línea robotizada de soldadura.

© Ediciones Paraninfo

hay que montar. Paralelamente, cada subconjunto o módulo que ha de ser montado, también lleva la misma referencia de esta ficha (Figura 1.53).

Figura 1.53. Ficha de especificaciones de montaje.

En la fase de ensamblaje también intervienen los autómatas programables: colocación del panel de instrumentos, parabrisas, etc.

La fase de ensamblaje suele realizarse por niveles:

- **Primer nivel.** En esta fase se desmontan las puertas de la carrocería para instalar en ellas todos sus componentes, y se montan las unidades de control, cables, diferentes elementos electrónicos y de insonorización. A continuación se monta el depósito de combustible, los pedales y los conductos de gasolina y de frenos.
- **Segundo nivel.** Es en el que se monta el equipamiento del habitáculo: revestimientos, panel de instrumentos (salpicadero), parabrisas, asientos, etc.
- **Tercer nivel.** En esta fase del proceso se montan el grupo propulsor y los ejes. Una vez completado el ensamblaje de la carrocería, el motor, las puertas y el resto de los elementos exteriores e interiores, se introducen los diferentes fluidos y se pone en funcionamiento el motor por primera vez.

1.6.4. Pruebas

Antes de realizar la distribución del vehículo para su comercialización, se le somete a un exhaustivo proceso de control: ajuste de luces, funcionamiento de indicadores luminosos, sistemas de alerta, de seguridad, de confort, etc. Por último, se realizan comprobaciones del comportamiento de todos los órganos mecánicos en bancos de rodadura o en pistas exteriores.

Figura 1.54. Montaje de los conjuntos mecánicos.

1.6.5. Nuevas técnicas de fabricación

En la actualidad, las técnicas tradicionales de fabricación y ensamblaje, tienden a complementarse con unos novedosos conceptos de fabricación que reportan importantes ventajas en cuanto al peso de la carrocería se refiere, con el propósito de reducir los niveles de consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes del vehículo, sin comprometer la resistencia estructural del mismo.

Con este objetivo, se comenzaron a utilizar nuevos tipos de aceros denominados A*HSS Advanced High Strength Steels*. Bajo esta denominación se incluyen tanto los "aceros de muy alta resistencia" (DP, CP y TRIP) como los "aceros de ultra alta resistencia" (martensíticos y al Boro), con cuyo empleo se consigue un notable aligeramiento de la carrocería.

A la vez que se investigan nuevos tipos de aceros, se han desarrollado nuevas técnicas de fabricación que permiten continuar avanzando en el objetivo de la reducción de peso. Entre estas técnicas destacan la utilización de *Tailored Blanks* (estampación a medida), la hidroconformación, la tecnología híbrida y el empleo de paneles tipo sándwich.

Los *Tailored Blank*

Habitualmente, el acero que se utiliza para estampar las piezas de la carrocería, se sirve en bobinas de espesor uniforme. Por otro lado, determinadas piezas de la carrocería no se ven sometidas a los mismos esfuerzos en toda su estructura, aunque, sin embargo, se hace necesario fabricarlas del espesor necesario que permita soportar la carga máxima que pueda aplicarse sobre alguna parte de la misma.

Como resultado de ello, aparece la técnica de fabricación denominada *Tailored Blanks,* que permite conseguir componentes de una sola pieza de espesor variable, con un diseño complejo que combina aceros de varios espesores, recubrimientos y distinto grado de resistencia, lo cual redunda en unos mayores niveles de seguridad, una importante reducción de peso y número de componentes, mayor

© Ediciones Paraninfo

Figura 1.55. Esquema de algunas zonas de una factoría de automóviles. 1. Zona de prensas de estampación. 2. Zona de soldadura para la conformación de la carrocería. 3. Zona de pintura. 4. Zona de mecanizado (fabricación de elementos mecánicos). 5. Zona de montaje de componentes mecánicos. 6. Zona de ensamblaje final.

precisión y menor tiempo de fabricación, a la vez que se amplían las posibilidades de diseño.

Figura 1.56. Bobina de acero para fabricar componentes de la carrocería de un automóvil.

Esta técnica permite colocar con precisión varios aceros diferentes dentro de la estructura de una pieza, precisamente donde más se necesitan sus cualidades, eliminando cualquier masa que no contribuya a las prestaciones del conjunto. Los componentes así fabricados tienen la capacidad de optimizar la función estructural asegurando, en caso de impacto, un proceso de absorción más progresivo y efectivo sin necesidad de refuerzos adicionales y con un peso mucho más reducido en comparación con los componentes tradicionales.

Partiendo del concepto general de la técnica de fabricación mediante *Tailored Blank,* existen dos variedades principales de la misma:

- ***Tailored Welded Blanks* (TWB) o Formatos soldados.** Este concepto permite obtener componentes fabricados con varios tipos (calidades) de acero con espesor suficiente en el lugar adecuado. Este procedimiento de fabricación consiste en soldar las piezas

© Ediciones Paraninfo

con láser, obteniendo un único desarrollo a partir del cual se conforma la pieza. El componente así formado pasa luego a las planchas de estampado (en frío o en caliente), consiguiendo una pieza rígida (casi monolítica) de distintos tipos de acero, solo falta unirla al resto de la carrocería. De esta forma, al combinar chapas individuales de diferentes tipos, pueden adaptarse selectivamente la resistencia y la rigidez de los diferentes tipos de chapas a los esfuerzos locales en la ubicación respectiva de la pieza. Asimismo, también puede modificarse el comportamiento de la estructura en caso de impacto de un vehículo.

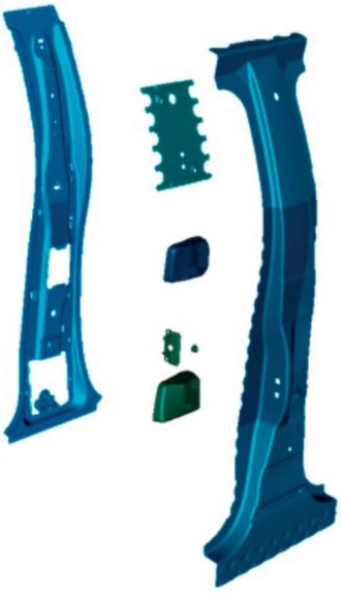


Figura 1.57. Pilar central fabricado mediante la técnica *Tailored Blank*.

Una variante de este procedimiento de fabricación consiste en estampar por separado cada una de las partes de la pieza con diferente espesor, para posteriormente unirlas por soldadura laser y obtener finalmente la pieza completa.

De esta manera, la tecnología de formatos soldados permite la obtención de componentes estampados multiespesor con aceros de alta resistencia de diferentes características mecánicas.

- ***Tailored Rolled Blanks* (TRB).** La diferencia con el método anterior radica en el proceso de laminado de la bobina de acero que se utiliza para estampar la pieza. En este caso, durante el proceso de laminación el hueco existente entre los rodillos del tren de laminación va variando obteniendo de esta forma una bobina de acero con diferentes espesores. Posteriormente, se lleva a cabo el proceso de estampación, obteniéndose como resultado una pieza con sección variable uniforme en la que, al igual que en el caso anterior, se consigue adaptar el espesor de la pieza a las solicitaciones de carga a las que está sometida.

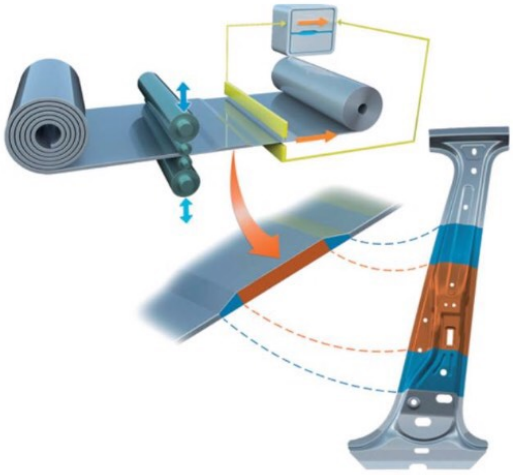


Figura 1.58. Laminado con una bobina de acero con espesor variable.

Mediante la técnica de *Tairoled Blank* se fabrican componentes de la carrocería como puertas, pilares, laterales, suelos, etc.

- **Pilares.** Como ejemplo, en el caso del pilar B (central) de una carrocería, la zona sometida a un mayor esfuerzo es la parte superior, por lo que puede fabricarse mediante la técnica *Tailored Blank,* utilizando un "acero al boro" en su parte superior y un acero con una menor resistencia en su parte inferior.
- **Puertas.** Es otro de los componentes con zonas de resistencia diferenciada en su estructura. La zona que se encuentra sometida a los mayores esfuerzos se sitúa en el punto de anclaje de las bisagras, por lo tanto es esta la zona de la pieza que se fabrica con un acero de mayor resistencia y mayor espesor que el resto de la puerta. En el caso de los portones, también se trata de un componente habitualmente fabricado mediante *Tairoled Blank,* ya que se hace necesario reforzar tanto la zona de las bisagras como de los puntos de anclaje de los cilindros hidráulicos ya que es donde se producen los mayores esfuerzos, disminuyéndose el espesor en el resto del armazón.

Figura 1.59. Estructura de puerta fabricada mediante *Tailored Blank*.

© Ediciones Paraninfo

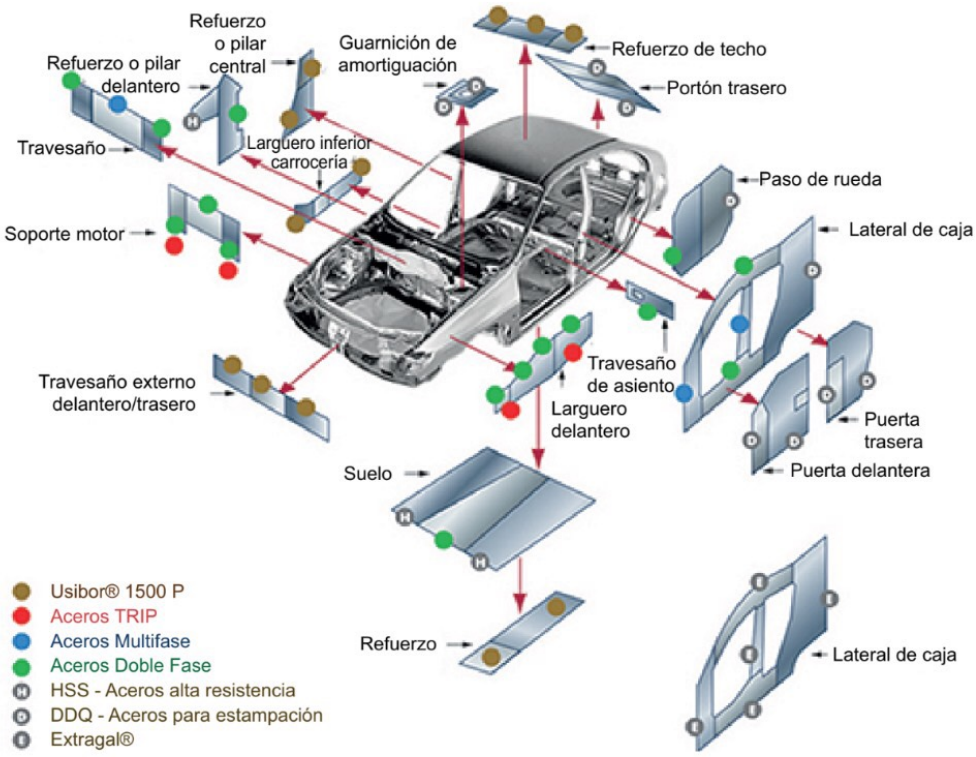


Figura 1.60. **Aplicaciones más frecuentes y calidades de acero existentes sobre la base de las últimas técnicas de fabricación (*Tairoled Blanks*).**

Traviesa de paragolpes. En este caso el objetivo es reducir el daño de las piezas que se sitúan tras ella, en caso de impacto. Por ello, se aumenta la rigidez en su parte central aumentando el espesor respecto a los extremos de la pieza.

Como ejemplo, en caso de una colisión frontal, la fabricación de un larguero delantero mediante *Tailored Blank,* utilizando el material más fino/más blando en la zona de la parte frontal del vehículo, elimina una gran parte de la energía liberada, en el punto inicial de deformación. También puede asegurarse la protección del habitáculo mediante la fabricación como *Tailored Blank* (en forma más gruesa/resistente) de las áreas de la estructura más próximas a los ocupantes.

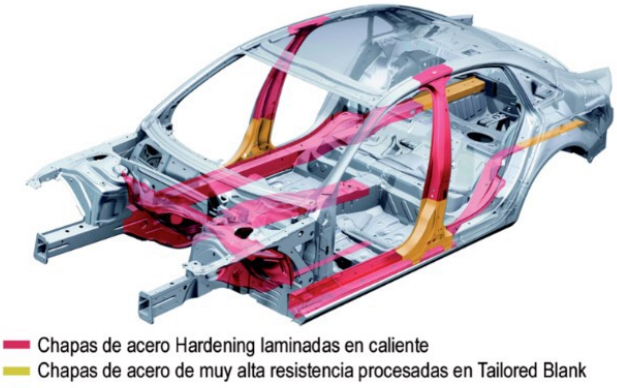


Figura 1.61. **Ejemplo de carrocería fabricada con diferentes técnicas de procesamiento de la chapa de acero.**

La hidroconformación

Es un proceso de conformación plástica en frío, que emplea un fluido hidráulico como medio para transmitir la energía. Con esta técnica se fabrican formas complejas en paneles y componentes tubulares de zonas en las que la carrocería forma una sección cerrada (como los largueros, montantes, traviesas, etc.). El proceso de hidroconformado se basa en la expansión de un tubo recto de chapa de acero en una matriz cerrada (molde) con la forma que se desea para el tubo. A continuación se introduce agua a alta presión por el interior del tubo para que lo presione contra las paredes de la matriz, consiguiéndose así la forma deseada en el tubo.

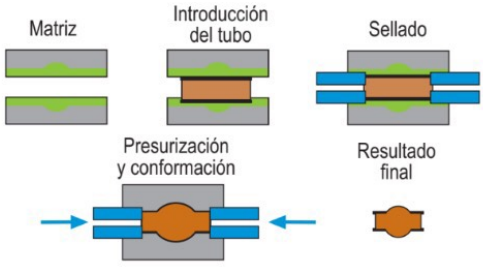


Figura 1.62. **Proceso de hidroconformado.**

Las técnicas de hidroconformación representan una alternativa a los métodos de conformación mecánica con-

© Ediciones Paraninfo

vencionales, por razones de flexibilidad (simplificación de utillajes) y mejora de las condiciones de proceso (esencialmente reducción de fuerzas de fricción), que permiten mayores deformaciones, mejor precisión y mejoras en las tensiones residuales, y finalmente posibilitan la obtención por deformación de piezas muy difíciles de producir hasta hoy por los procedimientos convencionales (particularmente en la fabricación de piezas a partir de elementos tubulares y en componentes donde resulta crítica la relación peso-resistencia).

El hidroconformado proporciona una gran estabilidad de dimensiones y un alto límite elástico de la pieza al realizarse en frío el proceso de trabajo. Así mismo, esta técnica permite conseguir piezas simples, que de otra forma se obtendrían combinando en un subconjunto una serie de piezas estampadas y soldadas por resistencia.

Figura 1.63. Ejemplo de pieza hidroconformada con su matriz.

Como resumen, la hidroconformación aporta las siguientes ventajas:

- Permite conseguir un espesor uniforme en la pieza.
- Se alcanza una mayor calidad superficial al evitar el contacto de metal con metal.
- Mejora la corrosión (elimina las soldaduras).
- Consigue una apreciable reducción de peso.

Tomando como referencia una pieza, como el larguero de techo, la hidroconformación consigue reducir el peso de dos formas distintas:

- Aprovechando al máximo el tamaño de la sección de la pieza al eliminar la necesidad de disponer de pestañas de soldadura.
- El larguero hidroconformado de techo distribuye las cargas de una forma mucho más eficiente en función de las prestaciones estructurales y la conducción de la energía en caso de choque. Con este tipo de larguero se eliminan las necesidades de material en otras zonas de la carrocería para conseguir el mismo efecto.

Como ejemplo, una de las evoluciones que cada vez más fabricantes están adoptando, es el uso de *crash box* (piezas de colisión) hidroconformadas, ubicadas entre la traviesa y los largueros, principalmente en la parte delantera. Estas piezas realizan su función de absorción de energía con una alta eficacia, gracias a su mayor longitud y a las zonas de deformación programada que presentan.

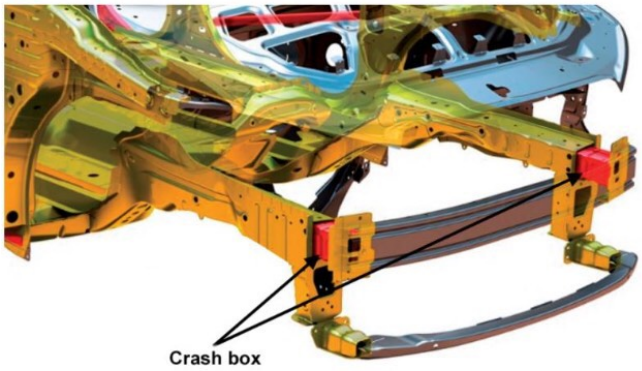


Figura 1.64. Crash box. En caso de choque, esta pieza hidroconformada puede absorber una gran parte de la energía del impacto sin deformar los largueros.

Perfilado

El diseño de piezas complejas de carrocería con aceros ultra resistentes, hace que su fabricación mediante procesos tradicionales de estampación resulte cada vez más complicada y costosa, a la vez que resulta difícil controlar el efecto muelle (*spring-back*) de estos nuevos aceros (la pieza pierde las tolerancias con las que fue estampada).

Figura 1.65. Pieza procesada mediante perfilado.

Como respuesta a este problema se ha desarrollado un proceso de fabricación de piezas mediante perfilado. En

© Ediciones Paraninfo

síntesis, es un procedimiento de conformado en frío, en que se somete a una bobina de chapa (de anchura adecuada) a una operación de doblado, pasándola consecutivamente por una serie de rodillos, que realizan un proceso de deformación continua. Cada grupo de rodillos lleva a cabo una parte secuencial del doblado, hasta que se obtiene el perfil de sección transversal deseado. Este procedimiento es idóneo para producir piezas de perfil constante. Sin embargo, el hecho de que los rodillos de conformación sean fijos, hace que las piezas deben ser normalmente rectas, lo que limita de manera importante su utilización de forma masiva en la fase de fabricación.

Como resumen, entre las ventajas que aporta el perfilado se encuentran las siguientes:

- Se aprovecha mejor el material (hecho especialmente relevante cuando se trata de aceros de alto coste (aceros al boro, Trip, IF, etc.). Se estima que en el proceso de perfilado puede llegarse a aprovechar un porcentaje superior al 85 % del material que entra a la instalación, mientras que en los procesos de estampación, el porcentaje se sitúa alrededor del 70 % (por efecto de los recortes en las piezas y las chatarras que se generan).
- Los tiempos de preparación y adaptación a nuevos modelos son mucho menores, ya que se trata de fabricar (o ajustar) juegos sencillos de rodillos, en vez de complicados útiles.
- Se pueden realizar cortes y orificios en posiciones de difícil acceso que sería más difícil de hacer con troqueles. La ventaja del perfilado reside en que, en muchos casos, los orificios pueden realizarse antes de perfilar el material.
- El material de partida son bobinas, mientras que en las prensas es más habitual partir de formatos que han necesitado previamente operaciones de corte y aplanado (se reduce el coste de la operación de proceso).

La Tecnología híbrida

Consiste en fabricar un componente combinando dos materiales de distinta naturaleza, aprovechando las características que cada uno aporta. Los materiales que normalmente se suelen combinar son un metal (normalmente chapa de acero o aluminio) y un plástico (normalmente un termoplástico). El acero aporta resistencia y ductilidad, y el plástico, rigidez y posibilidad de conformación. La fabricación suele realizarse mediante un proceso de moldeo por inyección. Sobre el molde se coloca el armazón metálico ya terminado; a continuación se inyecta el plástico, que fluye a través de las formas de la pieza y de los taladros que se han practicado al efecto, dando lugar a una íntima unión mecánica entre ambos materiales.

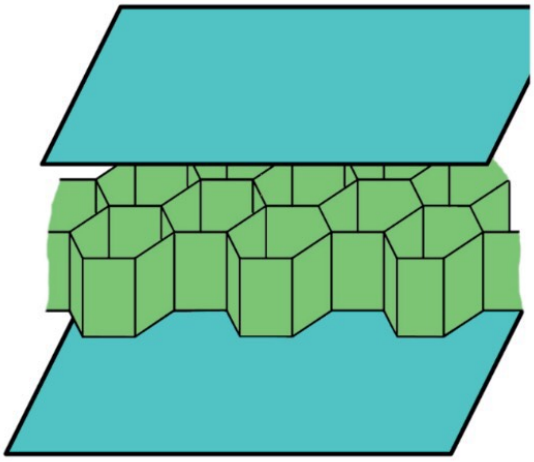


Figura 1.66. Estructura de un panel tipo sándwich con núcleo de nido de abeja.

Una variedad de esta tecnología lo representan los paneles tipo sándwich. En estos casos el componente consiste en un núcleo termoplástico (generalmente polipropileno) en un sándwich de dos recubrimientos de aluminio o de acero de bajo espesor. Con ello se consigue una notable reducción de peso (puede ser hasta un 50 % más ligero que una sección comparable de acero homogéneo) sin comprometer las prestaciones. Con los paneles tipo sándwich de aluminio se fabrican piezas como los techos rígidos de los modelos convertibles. Los fabricados con acero se utilizan en piezas como la chapa del salpicadero.

Aparte de estos tipos de estructuras que contienen acero y aluminio, existen otras como NOMEX y LWRT fabricadas con materiales compuestos.

- El LWRT (*Low Weight Reinforced Thermoplastics*), es un material compuesto sintético (termoplástico ligero reforzado) que es un 30 % más liviano que los plásticos usados tradicionales. Se suele utilizar en piezas exteriores de la carrocería para mejorar las propiedades acústicas y la protección contra agua e impactos ocasionados por piedras pequeñas. El proceso de fabricación consiste en utilizar un procedimiento especial para recubrir con una lámina termoplástica ambos lados de una capa central de termoplástico reforzado con fibra de vidrio. De esta manera se obtiene una pieza plana que constituye un producto intermedio dentro del proceso de fabricación. Esta pieza tipo sandwich se somete a continuación a temperaturas elevadas y, aplicando presión, se le da su forma geométrica definitiva. En los cantos y en los puntos que posteriormente se atornillarán a la carrocería, se prensa el material para compactarlo. En las demás zonas se mantiene la estructura tipo sandwich, lo que aumenta la rigidez y resistencia a la flexión de la pieza.

© Ediciones Paraninfo

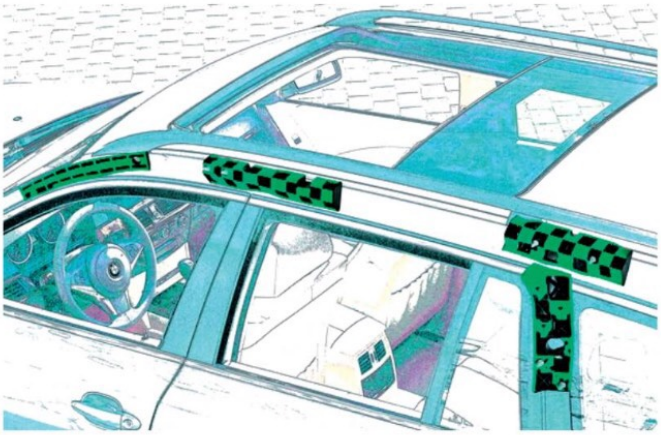


Figura 1.67. Componentes de la carrocería fabricados en estructura sándwich con material LWRT.

- El NOMEX está formado por una capa intermedia en forma de nido de abeja y unas capas exteriores de fibra de carbono y kevlar.

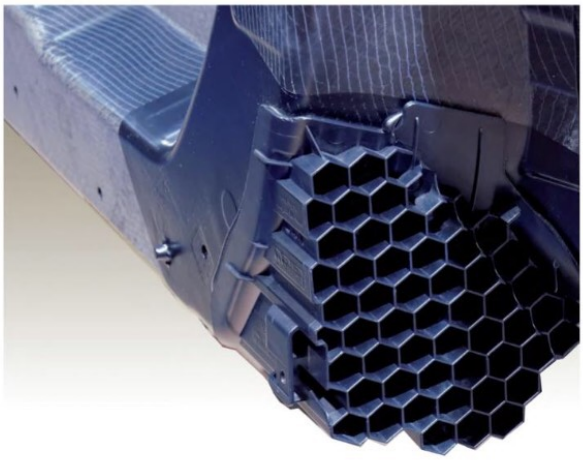


Figura 1.68. Componente cuya estructura está fabricada con material compuesto Nomex (geometría en forma de nido de abeja).

Otras tendencias constructivas

Los fabricantes de vehículos están en continua búsqueda de soluciones que permitan optimizar los diseños y reducir el peso del vehículo. Como ejemplo, el *BMW GINA Light Visionary Model,* es un proyecto con una carrocería exenta de ranuras y con un aspecto flexible, cuya base está formada por un nuevo material compuesto por licra muy resistente que se monta sobre una estructura metálica deformable. Mediante una serie de impulsos electro-hidráulicos, varios motores empujan el tejido que envuelve el bastidor del vehículo, de forma que el motor y los accesos a los depósitos quedan descubiertos a través de la carrocería. Los faros, como si fueran dos ojos de verdad, cuentan igualmente con pestañas que solo se abren cuando están en uso.

La protección estructural en caso de impacto la realiza el propio chasis, que está compuesto por cables reforzados con barras de fibra de carbono.

Figura 1.69. Aspecto exterior del *BMW GINA Light Visionary Model,* cuya carrocería tiene como base un material textil de licra resistente.

1.6.6. Impacto medioambiental de los procesos de fabricación

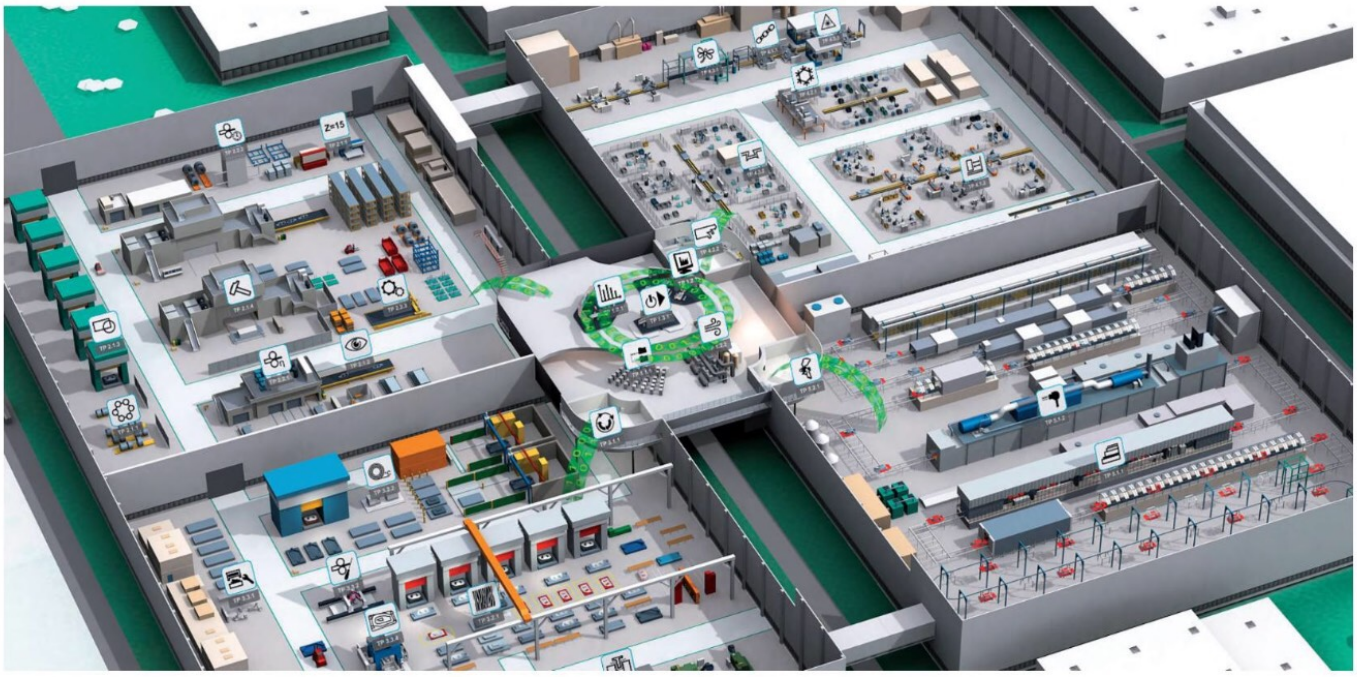
En la actual dinámica de explotación de los recursos naturales y nivel de consumo de energía, la industria del automóvil, como muchas otras, produce un elevado impacto medioambiental por la gran cantidad de materias primas que necesita en el proceso de fabricación, y en la gran cantidad de energía que se necesita en cada fase de dicho proceso, lo que se traduce en una considerable emisión de sustancias nocivas y contaminación del agua, principalmente en las operaciones de protección/recubrimiento de superficies, pintura, y procesos de soldadura. Asimismo, se genera una apreciable cantidad de residuos sólidos, como los lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales, desechos de componentes metálicos, residuos de aceite, residuos propios de la planta de montaje, etcétera.

© Ediciones Paraninfo

A parte del impacto medioambiental que produce este tipo de emisiones, se encuentra el elevado coste económico que suponen las plantas de montaje poco eficientes. Por todo ello, los fabricantes de vehículos se vuelcan en la búsqueda de mejoras en los procesos de fabricación que se traduzcan en conseguir un mayor grado de eficiencia energética, una menor generación de residuos y emisión de sustancias contaminantes, así como diseños de vehículos que permitan un elevado porcentaje de recuperación al final de su vida útil.

Entre las medidas encaminadas a conseguir este último objetivo durante la fase de producción, se encuentran las de reducir las mezclas de materiales de diferentes naturaleza y el empleo de técnicas de unión que permitan un sencillo proceso de reciclado posterior. En cuanto al uso de materias primas se refiere, la optimización debe pasar por el uso de materiales cuya extracción represente un menor consumo energético o un menor impacto medioambiental, y que sean reciclables en un alto grado.

Una de las iniciativas más importantes en esta materia, es la denominada como "Alianza para la innovación" (*Green Carbody Technologies*), más conocida como *Innocat,* formada por un consorcio de 60 empresas y diferentes centros de investigación en Alemania, con el objetivo de ahorrar hasta un 50 % de la energía que se consume en la fabricación de un automóvil, mediante el diseño de una planta de producción basada en criterios medioambientales. La colaboración de todos agentes implicados en esta alianza se materializa en 5 proyectos y 30 subproyectos o líneas de actuación.



Planificación
- Traslado organizado de los resultados con el fin de crear un modelo energético
- Análisis de datos para la mejora del consumo de energía
- Manufactura Digital para el diseño y optimización de los recursos utilizados
- Planificar el uso eficiente del aire comprimido
- Sistema de control de energía

Prensas
- Materiales (mejora de propiedades)
- Mejora de los procesos (eliminación de errores)
- Combinación (integración) de procesos
- Procesos de conformación (mejora)
- Z=15 Fabricación de piezas con volúmenes unitarios pequeños
- Máquinas de conformación (eficiencia energética)
- Suministro de energía (ahorro)
- Eficiencia energética de la automatización de máquinas de conformación

Estampación
- Ciclo de vida de las herramientas de conformación
- Optimización estructural de las herramientas de conformación
- Aplicación de procesos de estampación en caliente
- Control automatizado del mecanizado de troqueles y moldes
- Control de la geometría de las herramientas del mecanizado
- Control de la geometría de las herramientas de embutición profunda
- Mejora de la tecnología de las máquinas-herramientas.

Carrocería
- Eficiencia energética de los sistemas de unión
- Regulación automática de los sistemas de ajuste de la carrocería
- Eficiencia de los sistemas de climatización/ventilación ambiental
- Optimización de los procesos de producción para ahorro energético
- Robots de soldadura con estructura optimizada (biónica)
- Tecnologías de unión en frío para aceros de alta resistencia
- Equipos de soldadura láser de potencia y tiempos de ciclo reducidos

Pintura
- Reducir la energía y el uso de materiales de pintura en aerosol
- Control eficiente del proceso de secado
- Aplicación eficiente de las capas de pintura

Figura 1.70. Fábrica de referencia del proyecto *Innocat.*

© Ediciones Paraninfo

CUESTIONES

1.1. ¿Qué son los denominados *concept car*? ¿Cuál es su utilidad?

1.2. Indica qué factores suelen tenerse en cuenta para el cálculo de las dimensiones exteriores de un vehículo.

1.3. ¿Cuáles son los factores generales que suelen primar cuando se aborda el proyecto de un nuevo modelo de automóvil?

1.4. ¿En qué consiste el método de diseño basado en los "elementos finitos"?

1.5. Observa las siguientes figuras e indica si estos dos tipos de maquetas se emplean en el mismo proyecto de diseño de un vehículo. Explica las diferencias más significativas entre ambas fases de diseño.

1.6. ¿En qué consiste el procedimiento de aprovisionamiento de los fabricantes de vehículos, denominado *Just in time*?

1.7. Indica las cuatro grandes áreas que, en términos generales, suelen tener las factorías de automóviles.

1.8. ¿Qué son las denominadas prensas tipo *transfer*?

1.9. Explica por qué el conformado de las piezas en las prensas se realiza en diferentes fases.

1.10. Indica cuáles son los principales métodos de unión de las diferentes piezas que constituyen la estructura de una carrocería.

1.11. ¿Qué efectos tienen las soldaduras tipo *brazing* sobre los revestimientos protectores de las piezas?

1.12. Señala la respuesta correcta. Según el vehículo, se necesitan aproximadamente:

- 500 puntos de soldadura a lo largo de 1 a 2 m de borde de chapa.
- 50 000 puntos de soldadura a lo largo de 20 a 40 m de borde de chapa.
- 5000 puntos de soldadura a lo largo de 120 a 200 m de borde de chapa.
- 15 000 puntos de soldadura a lo largo de 1000 a 1200 m de borde de chapa.

1.13. Indica en qué consiste la fase de fabricación de la carrocería denominada como *framing*.

1.14. ¿En qué consiste el procedimiento de fabricación de piezas de la carrocería denominado *Tailored Blank*?

1.15. Indica cuál es la principal diferencia entre los siguientes métodos de fabricación de piezas: *Tailored Welded Blanks* (TWB) y *Tailored Rolled Blanks* (TRB).

1.16. Enumera la principales ventajas que aporta el método de fabricación de piezas de la carrocería mediante hidroconformación.

1.17. ¿Qué son los elementos denominados como *crash box*?

1.18. ¿En qué consiste la tecnología híbrida en la fabricación de piezas de la carrocería? ¿Qué materiales se suelen combinar? ¿Qué ventajas aporta cada uno?

1.19. Identifica el material con el que está fabricada la estructura de esta pieza.

1.20. Señala la respuesta correcta. El LWRT (*Low Weight Reinforced Thermoplastics*), es un material:

- Compuesto sintético (termoplástico ligero reforzado).
- Compuesto híbrido (termoestable ligero reforzado).
- Compuesto sintético (plástico y metal ligero reforzado).
- Compuesto híbrido (acero y plástico ligero reforzado).

© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

Concepción, diseño y fabricación de una carrocería

ACTIVIDADES PROPUESTAS

1.1. Compara, utilizando un muestreo lo más extenso posible, los vehículos de tu centro educativo, analizando factores como:

- Línea estética.
- Dimensiones (solo en vehículos del mismo tipo).
- Enrasamiento de los accesorios exteriores de la carrocería.
- Inclinación de los cristales.
- Entradas frontales de aire.
- Altura libre al suelo.

1.2. ¿Has encontrado rasgos similares en ellos?

1.3. ¿Hay alguna tendencia general en cualquiera de los aspectos antes mencionados?

1.4. ¿Los vehículos de un mismo constructor guardan algún tipo de similitud estética?

1.5. En función de los datos obtenidos, ¿cuál es la tendencia más generalizada en la evolución de los diseños de los vehículos utilitarios y del segmento medio?

1.6. En una carrocería lo más desnuda posible, observa los diferentes métodos de ensamblaje de los componentes de la estructura de la carrocería.

1.7. Explica qué son las *Joint Venture* e indica al menos un proyecto de este tipo.

1.8. Mediante el acceso a internet, localiza diferentes proyectos de *concept car,* valorando las innovaciones que aporta cada caso, en cuanto a diseño se refiere. Según tu criterio, determina las posibilidades de viabilidad que presenta cada modelo.

1.9. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre procesos de fabricación de carrocerías. Determina las diferencias más significativas entre dichos procesos.

1.10. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre procesos de hidroconformación. Determina las diferencias más significativas entre los procesos localizados.

© Ediciones Paraninfo

Características constructivas de la carrocería

Unidad 2

CONTENIDOS

2.1 Tipos de carrocerías según su construcción
2.2 Carrocería: Características
2.3 Aerodinámica
2.4 Pruebas de choque (*crash test*)
Cuestiones
Actividades propuestas

OBJETIVOS

- Conocer las características más significativas de los diferentes tipos de carrocerías.
- Identificar los componentes de la carrocería autoportante, con su denominación habitual.
- Identificar en líneas generales las prestaciones aerodinámicas de un vehículo cualquiera.
- Determinar la influencia en el comportamiento dinámico del vehículo de determinados aditamentos aerodinámicos que se le suelen añadir al vehículo.
- Conocer la diversidad y magnitud de las diferentes pruebas de choque (*crash test*) a las que se someten a los vehículos para determinar sus características a nivel de resistencia.

2.1. Tipos de carrocerías según su construcción

La carrocería de un automóvil se puede considerar como el elemento o conjunto de elementos que representan el perfil de la estructura exterior de un automóvil, que en mayor o menor medida, tiende hacia líneas de marcada belleza estética, y un perfecto acabado. Entre sus características destacan su rigidez y su capacidad para absorber esfuerzos, golpes y vibraciones.

Por su parte, los diferentes conjuntos mecánicos se sustentan en un robusto armazón denominado bastidor. La interacción de ambos elementos, carrocería y bastidor, determina tres concepciones constructivas distintas, que presentan notables diferencias en cuanto a resistencia y peso del conjunto. Estos sistemas de construcción son:

- Carrocería y chasis separados.
- Carrocería con plataforma-chasis.
- Carrocería autoportante.

2.1.1. Carrocería y chasis separados

Este sistema es el más antiguo de los utilizados en el automóvil y en la actualidad solo se aplica en la construcción de vehículos industriales (camiones, autocares, etc.), en vehículos "todoterreno" y en automóviles con carrocería de fibra. La configuración básica está constituida por la unión de dos estructuras distintas:

- El bastidor.
- La carrocería.

Figura 2.1. Conjunto de carrocería y chasis separados.

El bastidor es una estructura constituida por un armazón de vigas o largueros de acero a lo largo del vehículo, unidas mediante travesaños soldados, atornillados o remachados, dispuestos transversal o diagonalmente. El elemento así formado posee una elevada resistencia y rigidez, constituyendo la base o bastidor sobre el que se montan los órganos mecánicos y la carrocería; por lo que, recibe y absorbe todos los esfuerzos de flexión y torsión derivados del normal funcionamiento del motor y la marcha del vehículo.

Figura 2.2. Bastidor.

Habitualmente, cuando el bastidor ha recibido todos los órganos mecánicos, forma un conjunto denominado chasis.

Generalmente, la carrocería constituye la envoltura externa del vehículo y no tiene una gran contribución a nivel de resistencia. Para su montaje, se atornilla al bastidor a través de unas juntas de caucho, quedando perfectamente fijada.

El sistema de carrocería y chasis separados presenta una gran versatilidad, permitiendo conseguir:

- Gran robustez y resistencia para transportar cargas elevadas.
- Elevada rigidez para poder soportar grandes esfuerzos estáticos y dinámicos.

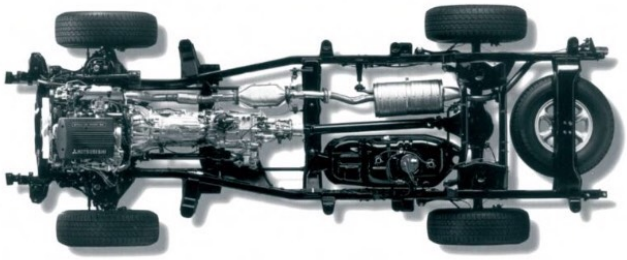


Figura 2.3. Chasis.

En el automóvil, este sistema no está muy extendido, debido a, entre otras razones:

- Aumento considerable del peso del vehículo.
- Menor control sobre las zonas de deformación.

© Ediciones Paraninfo

- Centro de gravedad más alto, que hace disminuir la estabilidad y aumenta el coeficiente aerodinámico (C_x).
- Mayor coste de fabricación.

Tipos de bastidor

Los bastidores suelen diseñarse con diferentes formas y geometría, en función de diversas solicitaciones como: resistencia, distribución especial de carga, flexiones y torsiones elevadas y frecuentes, etc.

Algunos de los más usuales son:

- *En escalera (en H)*. Consiste en dos largueros laterales de chapa laminada o embutida y soldada, con perfil cajeado o en "U", paralelos o no, unidos mediante una serie de travesaños. En su día fue uno de los más utilizados, centrándose su uso en la actualidad en camiones y algunos furgones ligeros, debido a su gran solidez.

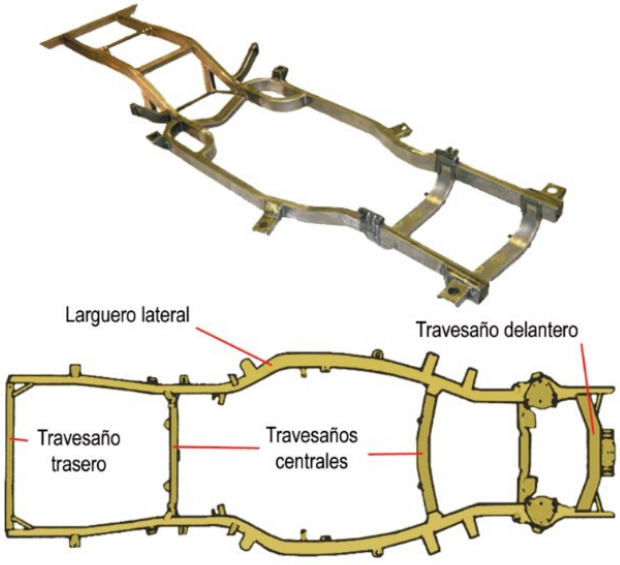


Figura 2.4. Bastidor en escalera o H.

- *De columna (en X)*. Este bastidor se estrecha por el centro, proporcionando al vehículo una estructura rígida, diseñada para contrarrestar los puntos de torsión elevada. El travesaño delantero es muy robusto para servir de fijación a los anclajes de las suspensiones delanteras. Una variedad del mismo es el bastidor de tubo central, que cuenta con una viga gruesa longitudinal en la sección central, con perfil cuadrado o redondo, y que tiene en sus extremos sendos entramados para alojar a los elementos mecánicos del vehículo (grupo motopropulsor, suspensiones, dirección, etc.). Su empleo se centra en vehículos de competición.

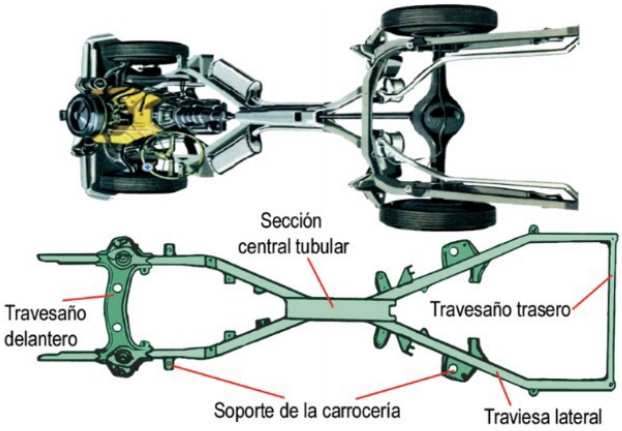


Figura 2.5. Bastidor de columna o en X.

- *Perimétrico*. En este tipo de bastidor, los largueros soportan la carrocería en la parte más ancha, ofreciendo mayor protección en caso de impacto lateral. Presentan una configuración escalonada detrás y delante, de las ruedas delanteras y traseras, respectivamente, para formar una estructura de caja de torsión, que en caso de impacto frontal, absorbe gran parte de la energía generada. Los travesaños traseros están diseñados convenientemente para absorber la energía de un impacto trasero. En caso de impacto lateral, como el larguero longitudinal (lateral) se encuentra muy cerca del cerramiento del piso, se evitan en parte los aplastamientos.

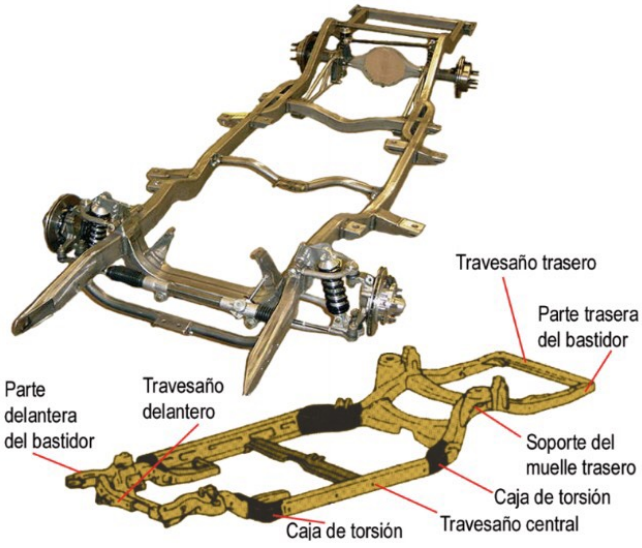


Figura 2.6. Bastidor perimétrico.

- *Tubular*. Este tipo de bastidor evoluciona el concepto de pesados chasis hacia estructuras esbeltas tipo "celosía" sobre las que atornillar las chapas exteriores de la carrocería. El entramado de tubos da lugar a una

© Ediciones Paraninfo

estructura muy rígida y liviana, permitiendo aligerar otras piezas al liberarlas de responsabilidad estructural. Este tipo de diseño se emplea sobre todo en vehículos de competición, en los que la carrocería exterior tiene una misión meramente estética y aerodinámica, y donde es necesario disponer de una gran accesibilidad mecánica. Su empleo en vehículos de serie se ve condicionado, entre otras razones, por su elevado coste de fabricación.

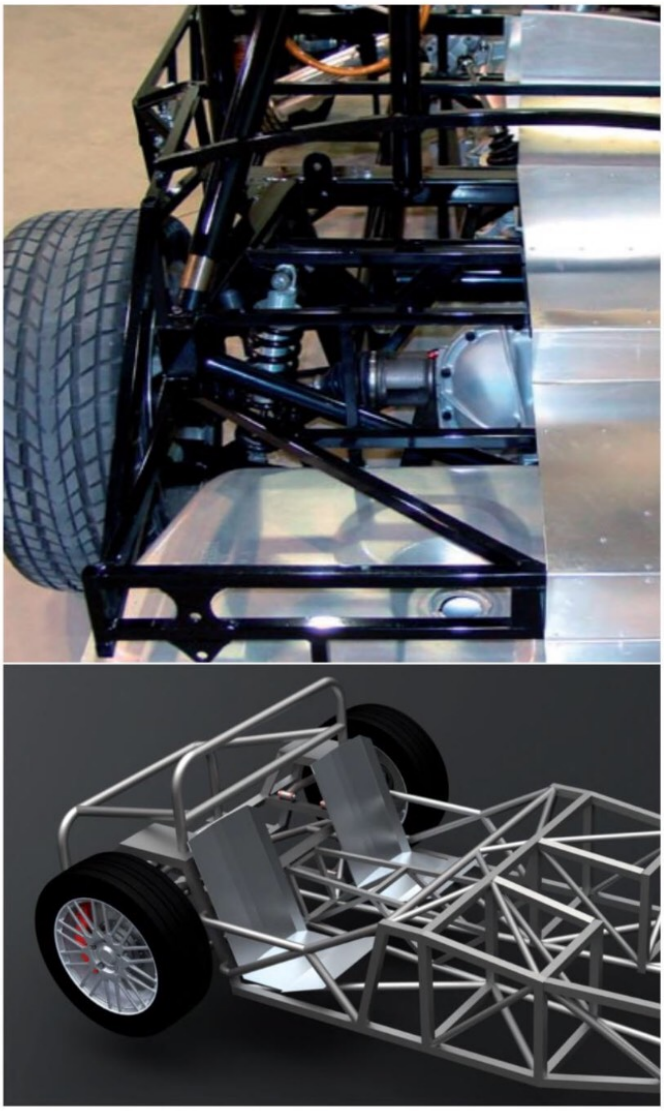


Figura 2.7. Diseño y detalle de un bastidor tubular.

2.1.2. Carrocería con plataforma-chasis

Esta configuración puede compararse con la de chasis con carrocería separada. La plataforma portante está constituida por un chasis aligerado formado por la unión, mediante soldadura por puntos, de varias chapas, que forman una base fuerte y sirve a la vez de soporte de las partes mecánicas y posteriormente de la carrocería.

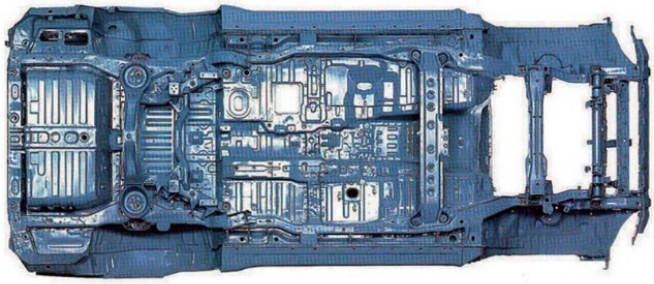


Figura 2.8. Plataforma portante formada por la soldadura de chapas.

Esta última puede unirse a la plataforma siguiendo dos técnicas diferentes:

- Atornillada a la plataforma. Debido a la rigidez que suministra la plataforma, la carrocería puede llevar numerosos elementos desmontables, como las aletas delanteras y traseras, los pases de rueda, la faldilla de la calandra, etcétera.

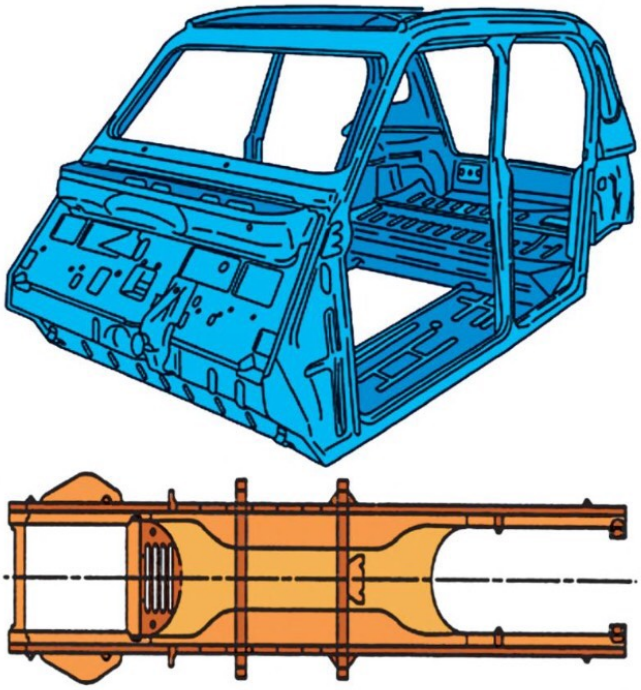


Figura 2.9. Vehículo con carrocería atornillada a la plataforma.

- Mediante soldadura por puntos o remaches. Puesto que la rigidez está garantizada por la plataforma, la estructura puede ser más ligera. Los elementos desmontables son, en este caso, las aletas delanteras.

© Ediciones Paraninfo

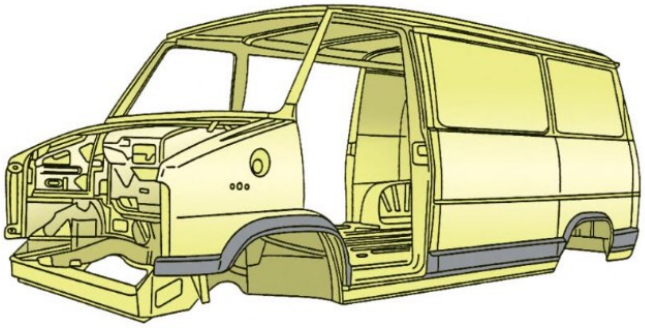


Figura 2.10. Vehículo con carrocería soldada a la plataforma.

Esta técnica de fabricación permite disponer de una amplia gama de carrocerías diferentes, para montar sobre la misma plataforma base. En general, se utiliza para automóviles que habitualmente han de soportar cargas y esfuerzos elevados, tal como es el caso de las furgonetas, furgones y una gran parte de los automóviles todoterreno.

2.1.3. Carrocería autoportante

Esta configuración es la más utilizada por los fabricantes de automóviles. En su diseño, se parte del concepto de hacer una estructura metálica envolvente constituida por la unión de elementos de chapa de diferentes formas y espesores, es decir, hacer una caja resistente que a su vez se soporte a sí misma y a los elementos mecánicos que se fijen sobre ella (autoportante).

Figura 2.11. Carrocería autoportante.

Esta estructura ha de proporcionar al vehículo:

- La resistencia adecuada a las solicitaciones dinámicas de flexión y torsión habituales durante su uso.
- La resistencia adecuada a las cargas estáticas (peso del propio vehículo, de los pasajeros y de la carga).
- La base de anclaje idónea para soportar, directamente o con interposición de elementos elásticos, los diferentes órganos mecánicos y eléctricos.
- La forma externa característica.

El suelo de este tipo de carrocerías está formado por chapa de alta resistencia que junto a los numerosos cajeados y a los travesaños longitudinales y transversales, darán al mismo una elevada rigidez y resistencia. A su vez, el suelo se une con el resto de la carrocería, techo, montantes laterales, etc., formando un conjunto en forma de caja que es lo suficientemente rígido y a la vez capaz de absorber los esfuerzos mecánicos a los que va a ser sometido el vehículo.

Las chapas empleadas para su construcción son cortadas y estampadas en varios pasos hasta que adquieren la forma y espesor definitivos en cada punto, cumpliendo los requerimientos de diseño que garantizan una resistencia y rigidez óptimos con un peso mínimo.

No todas las piezas de la carrocería tienen el mismo espesor, dependiendo de si se trata de piezas estructurales (largueros, traviesas, pilares, etc.) o elementos sin responsabilidad estructural (puertas, aletas, capós, etc.). En el primer caso los espesores varían entre 1,2 y 2,5 mm, y de 0,7 a 0,8 mm en el segundo caso.

Figura 2.12. Vista superior e inferior de la estructura de una carrocería autoportante.

Las ventajas de este tipo de carrocerías son:

- Dotan al vehículo de una gran ligereza, estabilidad y rigidez.

© Ediciones Paraninfo

- Facilitan la fabricación en serie, lo que repercute en una mayor perfección en su fabricación.
- Tienen el centro de gravedad más bajo, por lo que mejoran la estabilidad de marcha del vehículo.
- Son más económicas debido al alto grado de automatización que permite su fabricación.

Clasificación de las carrocerías autoportantes

Básicamente existen dos tipos de carrocerías autoportantes:

▶ Carrocería autoportante con elementos desmontables

El diseño de este tipo de carrocerías permite que aquellas piezas que, por lo general, suelen sufrir golpes con más frecuencia, como las puertas, tapa del maletero, capó, aletas delanteras, etc., sean fácilmente desmontables. Este tipo de piezas no debe ser muy elevado, ni hallarse en zonas críticas, desde el punto de vista de las propiedades mecánicas, ya que de lo contrario la estructura perdería rigidez.

Figura 2.13. Vehículo con carrocería autoportante con elementos desmontables.

Este tipo de carrocerías suelen disponer de estructuras complementarias denominadas "*subchasis*" para sustentar las fijaciones del motor y elementos de los sistemas de suspensión y dirección. El empleo de estas subestructuras aporta rigidez, reduce las vibraciones y ofrece más posibilidades para diseñar los puntos de sujeción de estos elementos. Asimismo, en caso de impactos frontales o traseros, que ocasionen la deformación del subchasis, bastará con sustituir el subchasis y volver a posicionar geométricamente los puntos de anclaje en la estructura de la carrocería. Los subchasis suelen sujetarse a la carrocería por medio de tornillos, interponiendo unos elementos elásticos denominados *silentblocks**.

* Se denomina *silentblock* a un componente antivibratorio fabricado con materiales flexibles o elastómeros, cuya misión es absorber los choques y vibraciones que se producen entre los componentes mecánicos y la estructura sobre la que se apoyan. Como consecuencia de su capacidad antivibratoria, también elimina los ruidos (tal y como indica su nombre).

Figura 2.14. Subchasis delantero que sustenta elementos de conjuntos de suspensión, tracción y dirección.

▶ Carrocería autoportante unida por soldadura (monocasco)

Es una variedad de carrocería autoportante, en la que el número de las piezas desmontables está reducido al máximo: puertas, capó y tapa del maletero, para conseguir una configuración lo más compacta posible. El suelo de la caja, al estar fuertemente unido al resto del monocasco, hace que este participe en todos los esfuerzos, proporcionando la resistencia necesaria a todos los elementos que forman el conjunto.

El armazón de este tipo de estructura autoportante sustenta los conjuntos de suspensión, dirección, los acoplamientos del motor, y el sistema de transmisión.

Aunque este tipo de estructura de carrocería ofrece un buen nivel de protección, en caso de colisiones frontales o traseras de significativa importancia, se suele modificar la disposición geométrica de todos los puntos de apoyo y fijación de los elementos que forman parte de los conjuntos anteriores, siendo muy costoso y laborioso volver a posicionar correctamente dichos puntos. Esta dificultad también se pone de manifiesto a la hora de reparar componentes de la carrocería, ya que no suelen desmontarse de manera fácil y rápida.

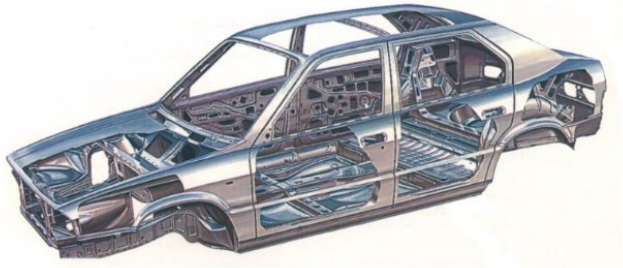


Figura 2.15. Vehículo de carrocería monocasco (con elementos soldados).

Constitución de una carrocería autoportante

Como se ha referido anteriormente, una carrocería autoportante está constituida por muchas piezas de chapa unidas

© Ediciones Paraninfo

entre sí para transmitir los esfuerzos y proporcionar rigidez y resistencia a todo el conjunto. Estas piezas pueden agruparse de diferente forma en función del criterio que se utilice para su clasificación; entre los más habituales, podemos citar:

▶ Según la función que desempeñan

- Elementos estructurales. Son aquellos que conforman la estructura resistente a las solicitaciones de flexión y torsión, y forman, también, la base de los anclajes para los órganos mecánicos.

Figura 2.16. Elementos estructurales de la carrocería.

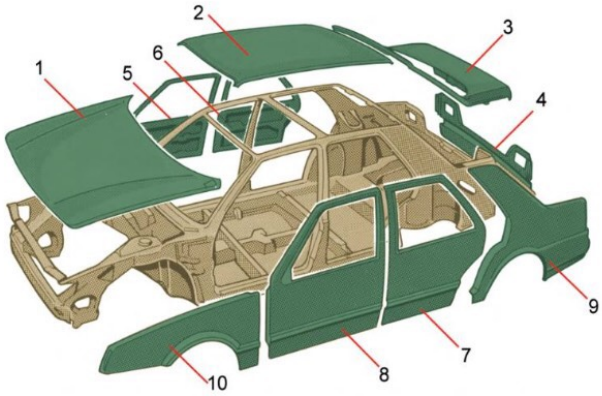
- Elementos de revestimiento. Son los que confieren al vehículo su forma característica, determinando la línea estética del mismo.

Figura 2.17. Elementos de revestimiento de la carrocería.

▶ Según la posición que ocupan

- Elementos externos. Son elementos, generalmente de revestimiento, de marcado carácter estético, pues no en vano, conforman la parte exterior de la carrocería. Determinan en gran medida el coeficiente aerodinámico del vehículo. Además de los paneles exteriores de la carrocería, existen otros componentes que forman parte de diversos conjuntos del automóvil y que pueden considerarse como elementos exteriores: lunas, paragolpes, pilotos, ópticas, antinieblas, alerones, rejillas, espejos, etcétera.

- Elementos internos. Habitualmente son elementos estructurales. Sus formas y diseño responden a funciones exclusivas de resistencia.



1. Capó de motor.
2. Techo.
3. Portón trasero.
4. Panel posterior.
5. Puerta derecha delantera.
6. Puerta trasera derecha.
7. Puerta trasera izquierda.
8. Puerta delantera izquierda.
9. Aleta trasera izquierda.
10. Aleta delantera izquierda.

Figura 2.18. Elementos externos de la carrocería.

Figura 2.19. Elementos internos de la carrocería.

▶ Según la forma de fijación de los elementos externos a la carrocería

- Elementos fijos. Son aquellos que, generalmente, se unen mediante procesos de soldadura o con pegamentos estructurales. Forman, básicamente, la parte estructural de la carrocería y conforman la parte del habitáculo y la zona de anclaje de los órganos mecánicos en el vano motor.

Figura 2.20. Elementos fijos de la carrocería.

© Ediciones Paraninfo

- Elementos amovibles. Se denominan así por ir unidos mediante tornillos y tuercas (puertas, aletas, portones, capós, etc.). La tendencia constructiva se encamina a convertir en elementos móviles un número mayor de piezas con frecuentes intervenciones y desmontajes.

Figura 2.21. Elementos amovibles de la carrocería.

2.1.4. Estructura y denominación de las piezas de la carrocería

Por lo que respecta a la estructura de la carrocería, a nivel general, la carrocería está formada por dos conjuntos importantes:

- Subestructura (basamento).
- Superestructura (habitáculo).

Tal y como se describe en el libro de esta colección *Elementos amovibles y fijos no estructurales*, el número de piezas que pueden ir ensambladas puede ser muy elevado, pudiéndose establecer cuatro conjuntos diferenciados:

- Paneles exteriores.
- Armazón delantero.
- Armazón central y trasero.
- Armazón del piso

Cuando se ha de llevar a cabo cualquier intervención sobre la carrocería, resulta imprescindible conocer la denominación correcta de las piezas que están involucradas en el proceso; bien para realizar pedidos de sustitución, o bien para facilitar la comprensión y el seguimiento de los manuales técnicos de reparación. Este conocimiento se ve dificultado por varias causas:

- Todos los vehículos no tienen el mismo número de piezas.
- Las mismas piezas adoptan diferentes denominaciones en función del constructor.
- Una misma pieza puede ser un elemento simple o formar parte de un conjunto según el caso.

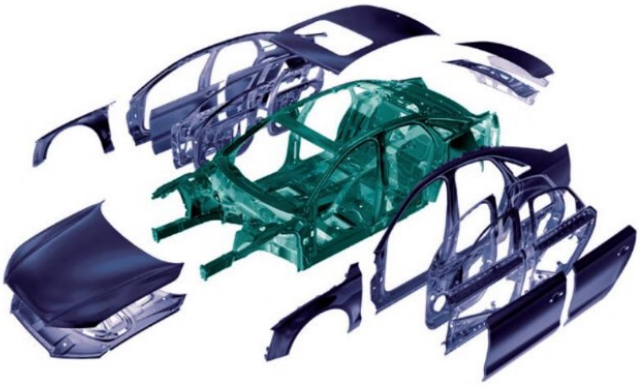
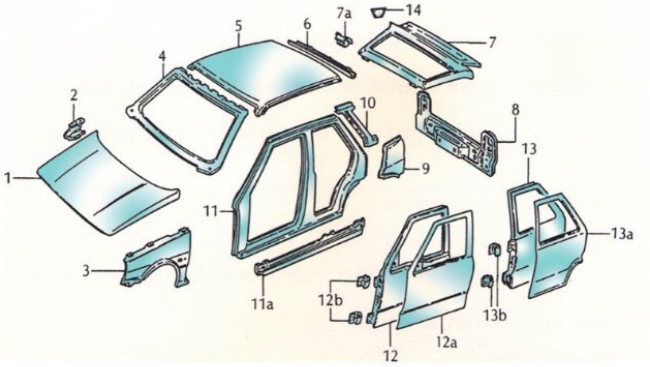


Figura 2.22. Conjuntos de una carrocería autoportante.

Se trata, en definitiva, de utilizar la terminología técnica de uso más extendido; a este fin, en la Figura 2.23 aparecen los nombres más habituales de estos componentes.

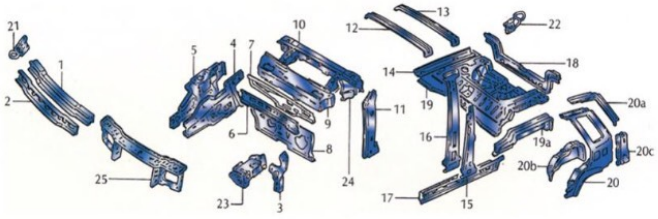


Elementos exteriores de la carrocería

1. Capó delantero.
2. Bisagra del capó.
3. Aleta delantera.
4. Marco de luna.
5. Techo.
6. Refuerzo posterior del techo.
7. Portón trasero.

7a. Bisagra del portón trasero.
8. Faldón.
9. Aleta trasera.
10. Marco de luna de custodia.
11. Lateral completo.
11a. Estribo.
12. Puerta delantera.

12a. Panel de puerta delantera.
12b. Bisagras de puerta delantera.
13. Puerta trasera.
13a. Panel de puerta trasera.
13b. Bisagras de puerta trasera.
14. Tapa del depósito de combustible.



Elementos interiores de la carrocería

1. Traviesa inferior delantera.
2. Cierre de traviesa inferior delantera.
3. Soporte de sujeción del paragolpes.
4. Larguero delantero.
5. Cierre del larguero delantero.
6. Traviesa del salpicadero.
7. Refuerzo del salpicadero.
8. Panel frontal del salpicadero.
9. Salpicadero superior.
10. Traviesa de sujeción del cuadro de mandos.

11. Refuerzo del montante delantero.
12. Traviesa anterior del techo.
13. Traviesa central del techo.
14. Refuerzo lateral del techo.
15. Refuerzo del montante central.
16. Cierre del montante central.
17. Cierre del estribo.
18. Refuerzo del faldón.
19. Piso maletero con largueros traseros.
19a Larguero trasero.

20. Cierre de aleta trasera.
20a Refuerzo de custodia.
20b Pase de rueda trasero.
20c Refuerzo posterior de cierre de aleta.
21. Soporte delantero de remolque.
22. Soporte trasero de remolque.
23. Soporte de batería.
24. Refuerzo del salpicadero.
25. Frente delantero.

Figura 2.23. Despiece de una carrocería con su denominación habitual.

© Ediciones Paraninfo

2.2. Carrocería: Características

A lo largo del tiempo, la carrocería ha experimentado una profunda evolución. Como se ha referido en la unidad anterior, las exigencias iniciales en cuanto a rigidez se refiere, condicionaron un tipo de construcción integrada basada en un elemento portante formado por un bastidor de doble viga unida con travesaños, al que posteriormente se acoplaba la carrocería propiamente dicha. En la actualidad predomina la estructura denominada "autoportante", en la que el chasis y carrocería están integrados en un solo elemento.

Figura 2.24. Estructura de una carrocería autoportante.

Las carrocerías se diseñan tomando como base una estructura resistente suficientemente capaz de evitar las deformaciones producto de los siguientes esfuerzos estructurales:

Figura 2.25. Esfuerzos de deformación que sufre una carrocería.

- De tracción provocados por la marcha del vehículo, sobre todo en las aceleraciones y frenadas.
- De flexión provocados por el peso total soportado (pasajeros, carga, órganos mecánicos), en particular el que se aplica directamente sobre los ejes delantero y trasero.
- De torsión provocados por el desplazamiento vertical de los ejes cuando el firme es irregular.
- De cizalladura provocados, sobre todo, por impactos frontales y traseros sobre las ruedas.

2.2.1. El concepto de energía cinética

Todos los objetos en movimiento adquieren una energía denominada cinética, como consecuencia directa de su masa y velocidad, según la siguiente expresión:

$$EC = 1/2\ m\ v^2$$

EC = Energía cinética
m = Masa
v = Velocidad

De ello pueden realizarse algunas consideraciones:

- Un vehículo que se desplace a la misma velocidad que otro, pero que tenga el doble de peso, tendrá el doble de energía cinética.
- Un vehículo igual a otro, pero que se desplace al doble de velocidad, tendrá una energía cinética cuatro veces mayor.

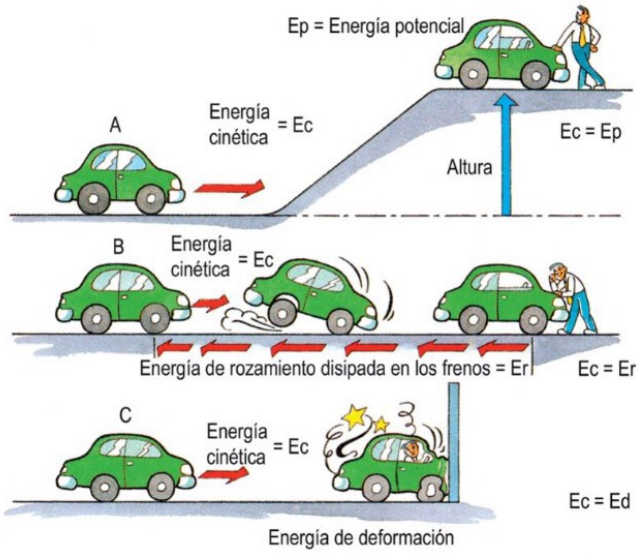


Figura 2.26. Transformación de la energía cinética en un vehículo: A. Si la pérdida de velocidad se produce por subir una pendiente, la transformación se realiza en forma de energía potencial que el vehículo almacena. B. Si se produce por la acción de los frenos, la transformación se realiza en forma de energía calorífica que se disipa al medio ambiente. C. En el caso de choque, la energía cinética se transforma en energía de deformación de la carrocería.

© Ediciones Paraninfo

Partiendo del principio físico que dice: *la energía ni se crea ni se destruye, sino que solo se transforma*, cuando el vehículo disminuye su velocidad o se detiene, esta energía cinética se transforma en otro tipo de energía, dependiendo del caso.

De ello se deduce que si la estructura del vehículo fuese altamente indeformable, en caso de impacto, el choque sería mucho más violento ocurriendo un efecto parecido al de las bolas de billar, los vehículos saldrían despedidos con direcciones y velocidades distintas, y lo que es más importante, los ocupantes sufrirían bruscas aceleraciones y deceleraciones que les ocasionarían importantes lesiones internas y externas. Por tanto, es necesario dotar a las carrocerías de zonas de deformación programada, para que se comporte como un muelle, es decir: a mayor capacidad de deformación, más capacidad de absorción de energía. Todo ello manteniendo una estructura unitaria de seguridad para los ocupantes, como es el habitáculo de pasajeros.

Figura 2.27. En el caso de choque, la energía cinética se transforma en energía de deformación de la carrocería.

2.2.2. Concepto estructural de la carrocería

Los vehículos actuales están diseñados para que se deformen lo máximo posible, conectando todos los elementos de la estructura para que transmitan el movimiento de unos a otros. En cuanto a concepción estructural se refiere, la carrocería es la encargada de soportar las fuerzas derivadas de la colisión y de evitar que la deceleración alcance a los ocupantes, al mismo tiempo que absorbe la energía. Para este fin, dispone de tres zonas claramente diferenciadas (en lo relativo a su comportamiento ante una colisión):

- **Módulo delantero o frontal.** Su misión es proteger a la zona central, transformando la energía que se genera en la colisión en energía de deformación y evitando de este modo su transmisión al interior del vehículo. La deformación en estas zonas se realiza de forma programada y progresiva, canalizando los daños.
- **Módulo central.** Forma el habitáculo de pasajeros. Esta es la zona más rígida e indeformable (en mayor o menor grado) de la carrocería para proteger a los pasajeros.
- **Módulo trasero o posterior.** Desempeña la misma función en caso de alcance o colisión trasera, que el módulo delantero.

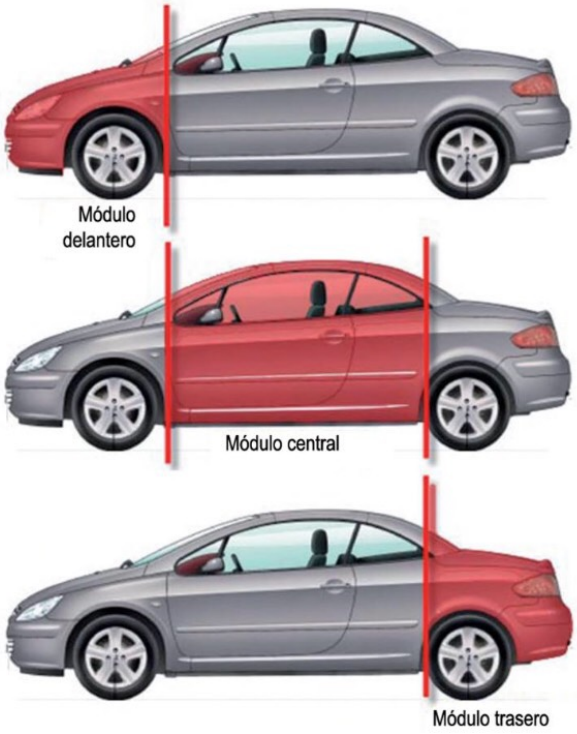


Figura 2.28. Zonas o módulos de la carrocería.

2.2.3. Solicitaciones constructivas

Aunque cada uno de los tres módulos descritos cumple una función estructural diferenciada, su comportamiento debe analizarse como un solo conjunto a la hora de conseguir un óptimo diseño basado en los estudios y cálculos de las diferentes piezas de la carrocería (formas, secciones, tipo de material, proceso de fabricación, facilidad de reparación o sustitución, etc.), culminado todo ello con los ensayos prácticos de choque.

Como resumen, de todo lo anteriormente expuesto se deduce que en la configuración de una carrocería autoportante deben tenerse en cuenta una serie de solicitaciones y criterios, además de los puramente estéticos, como: rigidez, vibraciones, durabilidad, facilidad de reparación, aerodinámica y comportamiento en caso de choque.

© Ediciones Paraninfo

Rigidez

Una estructura demasiado blanda es peligrosa para los ocupantes, porque supone que el habitáculo de los pasajeros no se mantendrá intacto y sus ocupantes resultarán heridos; por el contrario, otra excesivamente rígida también lo es, porque si bien el habitáculo conserva su forma, los ocupantes se ven sometidos en caso de colisión a fuerzas inerciales muy elevadas (de hecho, la energía del impacto será transmitida directamente a los pasajeros en un período muy corto de tiempo, pues el coche apenas habrá empleado tiempo en deformarse). Es decir, el pasajero habrá soportado una deceleración muy grande, su cuerpo no se habrá detenido progresivamente, sino que habrá chocado contra el interior del coche, o contra su propio cinturón, casi con su velocidad inicial, con lo que se habrán soportado unas fuerzas extremas.

Figura 2.29. Estructura rígida de carrocería reforzada de una sola pieza.

Para dar una idea de ello, en el caso de un impacto a 50 km/h contra un muro rígido, la aceleración que sufren los ocupantes en un vehículo de estructura rígida será cinco veces superior al que recibirían en un vehículo con estructura deformable, con lo que el cuerpo tendría que soportar en el primer caso 40 veces su peso. En algunos casos existe todavía la idea que "los vehículos más antiguos tenían la chapa más dura que la actual" y por tanto se comportaban mejor en caso de choque. Resulta obvio por lo anteriormente expuesto que esta es una idea equivocada, ya que toda energía que no absorba la carrocería mediante su deformación programada, se transmitirá hacia los ocupantes. En el caso de choque frontal entre dos vehículos de diferente tamaño (con un plan similar de deformación), cuanto mayor sea la diferencia de peso más afectado resultará el vehículo más ligero. Además, los vehículos de mayor tamaño suelen tener más espacio delantero y trasero para deformarse, garantizando mejor la integridad del habitáculo.

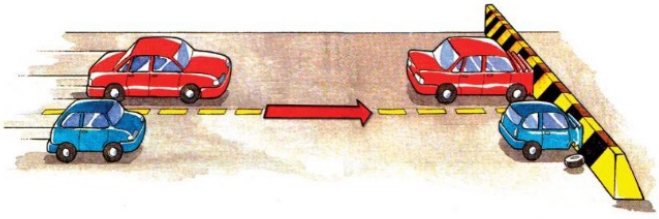


Figura 2.30. Comparativa de comportamiento en caso de choque.

A nivel estructural, el chasis no debe retorcerse ni flexionarse sino en un grado mínimo, por el efecto de las fuerzas que actúan sobre el vehículo. Solo de este modo se pueden evitar repercusiones negativas sobre el comportamiento (geometría de la suspensión y dirección). Asimismo, deben minimizarse las deformaciones elásticas que sufren las puertas y el capó y la tapa del maletero, a fin de garantizar un ajuste exacto (hermeticidad) durante la marcha. Unos elevados valores de rigidez torsional y de flexión se traducen en ventajas como:

- Menos vibraciones.
- Menos ruidos.
- Mantener la posición y tolerancias de ensamblaje en las puertas y capós.
- Más facilidad de conducción.
- Más resistencia a las roturas que se producen cuando se utiliza el vehículo por firmes irregulares.
- Mayor sensación de solidez del vehículo.

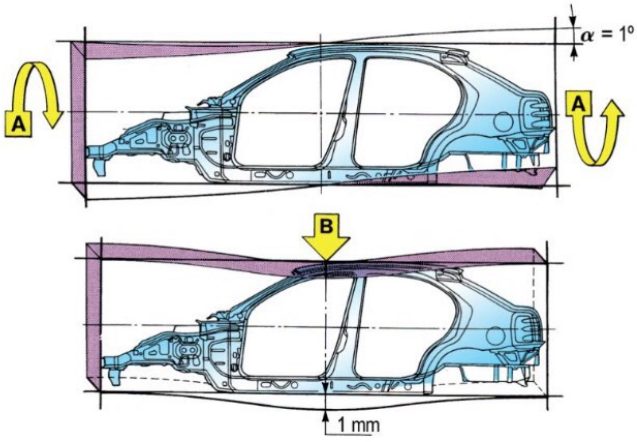


Figura 2.31. Esfuerzos de torsión y flexión que sufre una carrocería.

Vibraciones

Las vibraciones de la carrocería, así como las producidas por algunos componentes como la suspensión o el grupo motopropulsor, pueden disminuir el grado de confort, sobre todo si se produce resonancia. Para eliminar o disminuir estos efectos se recurre a diferentes soluciones:

- Los componentes susceptibles de vibración de la carrocería deben tener una estructura y geometría adecuada mediante acanaladuras, variaciones del espesor de pared y de las secciones transversales.
- Empleando materiales insonorizantes como planchas adhesivas o espumas de PU en cuerpos huecos.
- Utilizando tacos de goma y *silentbloks* para filtrar las vibraciones procedentes del tren de rodaje y el grupo motopropulsor.

© Ediciones Paraninfo

Durabilidad

Para conseguir una estructura que mantenga inalterables sus características constructivas durante el mayor tiempo posible, se utilizan diferentes técnicas:

- Una construcción sólida y estable, que preste especial atención a los puntos de apoyo del tren de rodaje, la dirección y el conjunto de tracción, ya que son las zonas más expuestas al riesgo de provocar grietas en el bastidor o fallos en los puntos de soldadura debido a los esfuerzos de flexión y torsión principalmente.
- Utilización de materiales que no envejecen fácilmente.
- Una adecuada protección anticorrosiva.

Figura 2.32. Estructura sólida en los apoyos de suspensión, conjunto de tracción y dirección.

Facilidad de reparación

Los elementos exteriores de la carrocería más expuestos a sufrir pequeños daños deben poderse reparar o sustituir fácilmente, sin ocasionar ninguna merma en la rigidez del conjunto. Para ello es importante que dichos componentes dispongan de una buena accesibilidad interior y a la zona o a los elementos de unión (tornillos, soldadura, remaches, etc.).

Figura 2.33. Las carrocerías deben permitir un desmontaje no muy complejo de los elementos exteriores, para facilitar las reparaciones.

Aerodinámica

Este es un factor fundamental que condiciona en gran medida el proyecto de un vehículo. La correcta circulación del aire resulta decisiva a la hora de:

- Obtener una adecuada economía de consumo.
- Conseguir un buen comportamiento dinámico limitando el empuje ascensional a altas velocidades.
- Conseguir una adecuada evacuación del agua que salpica para evitar que ensucie las ventanillas, retrovisores, faros, etcétera.

Comportamiento en caso de choque

En caso de colisión, la estructura debe deformarse de un modo predefinido, transformando la máxima energía de choque (cinética) posible en trabajo de deformación.

En cualquier caso, la célula de pasajeros debe permanecer, a ser posible, intacta. La deformación programada retiene progresivamente el impacto y evita la transmisión de fuerzas a los ocupantes. Para ello, los largueros (delanteros o traseros) se deforman, se "arrugan" de forma programada en caso de colisión.

Figura 2.34. Ensayos virtuales de deformación programada.

Para que su deformación sea lo más adecuada, algunos fabricantes incorporan una serie de taladros o muescas que "dirigen" de forma estudiada esa deformación. Además, las carrocerías se construyen para evitar la intrusión de elementos mecánicos en el habitáculo de seguridad de los pasajeros. Para ello, una serie de piezas como los pilares forman, junto con el techo, una "jaula" protectora.

Asimismo, incorporan el denominado panel de fuego (separa el motor del habitáculo) y el panel trasero (tras los asientos posteriores). Las protecciones laterales evitan que la estructura del coche (muy cercana al pasajero) produzca daños en una colisión lateral. Para conseguir un adecuado nivel de protección lateral, se incorporan tres tipos de refuerzos: los travesaños del piso del habitáculo, los pilares y las puertas reforzadas mediante barras longitudinales o cruzadas en forma de aspa.

© Ediciones Paraninfo

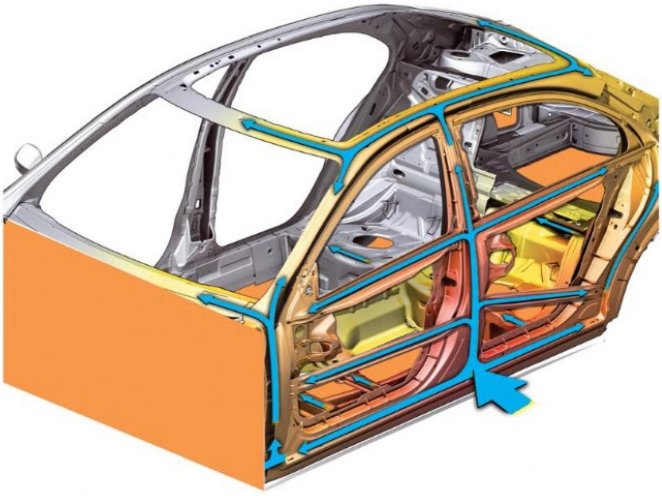


Figura 2.35. Distribución de la energía en un choque lateral, para mantener íntegro el habitáculo de ocupantes.

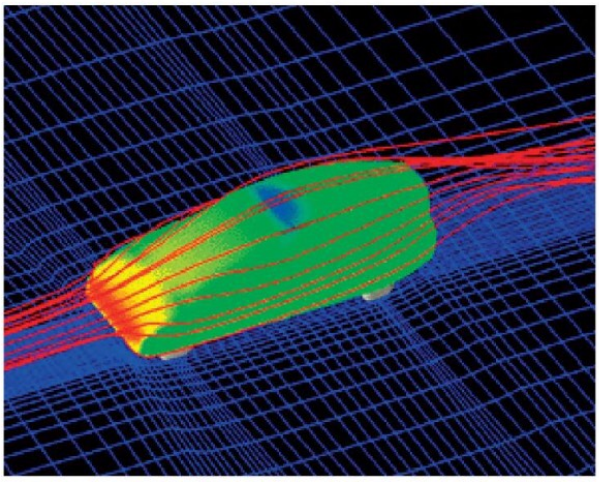


Figura 2.36. Estudio en 3D del proyecto aerodinámico de un nuevo modelo.

Tanto los aspectos aerodinámicos como las pruebas de choque (*crash test*) tienen una importancia decisiva en la definición de las características constructivas de una carrocería, ya que influyen de forma importante en la definición del diseño de la misma y en la puesta a punto de los requerimientos estructurales.

2.3. Aerodinámica

La aerodinámica es la parte de la ciencia (mecánica de fluidos) que se ocupa del movimiento del aire y otros fluidos gaseosos, o dicho de otra manera, de las acciones ejercidas por el aire sobre cuerpos sólidos inmersos en él. Cualquier cuerpo que se mueve ha de hacerlo de alguna forma en contra de la resistencia del aire. En cada instante, su movimiento ha de desplazar el aire de su posición, y este, a su vez, se desplaza preferentemente hacia el espacio que ha quedado libre. Este estudio se apoya en teorías físico-matemáticas cada vez más perfeccionadas y se controla a través de potentes y sofisticados programas informáticos y por medio de pruebas realizadas en instalaciones experimentales (túneles de viento).

Además de condicionar las prestaciones y el consumo, el aire causa otros problemas como:

- Puede desestabilizar al vehículo en caso de viento cruzado.
- Es una fuente de ruido (interior y exterior).
- Condiciona la habitabilidad.
- Limita la eficacia de los limpiaparabrisas.
- Provoca el ensuciamiento de la carrocería.

Por todo ello, el trabajo de los diseñadores se centra en conseguir el menor valor de resistencia aerodinámica evitando los posibles efectos negativos que pudiera provocar.

Formas básicas y su valor Cx		
Dirección de la corriente de aire		Cx
Paracaidas		1,35
Placa plana y cuadrada		1,17
Cubo		1,0
Cono (90°)		0,51
Semiesfera		0,41
Cono (60°)		0,34
Esfera		0,1
Perfil de ala de avión		0,05-0,1
Automóviles modernos		0,29-0,33

Figura 2.37. Formas aerodinámicas.

Para conseguir la forma aerodinámica óptima, lo ideal sería que asemejase a una gota de agua, ya que esta en su caída se moldea con el aire para obtener la menor resistencia posible. Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, esta forma altamente aerodinámica tendría una escasa habitabilidad interior (requisito imprescindible hoy en día), por lo que en la

© Ediciones Paraninfo

búsqueda del diseño ideal se conjuga la forma y la habitabilidad. Por otra parte, no solo es importante la forma sino también las proporciones del vehículo; por ello la relación entre anchura y longitud debe estar en torno a 1/3 para conseguir una resistencia mínima. En definitiva, se pretende conseguir una forma estilizada que limite las turbulencias que se forman en la parte posterior (si es suave y alargada, el aire forma menos turbulencias); de hecho, la parte trasera es mucho más importante que la delantera en cuanto a aerodinámica se refiere.

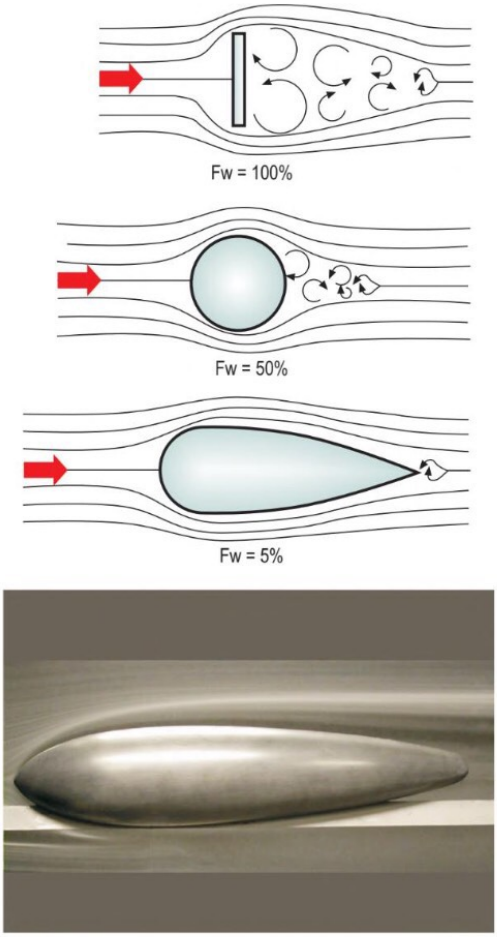


Figura 2.38. Comparación de la resistencia al avance de tres formas aerodinámicas diferenciadas.

Los primeros especialistas en aerodinámica que se dedicaron al automóvil provenían del sector aeronáutico, de ahí que la mayoría de sus diseños estuviesen inspirados en modelos de aviación. Uno de los primeros ejemplos lo constituye el modelo *Rumpler* en el que se puede apreciar la forma de *gota suspendida* característica del ala de un avión. En cualquier caso, en estos primeros inicios se daba mucha más importancia a las potentes motorizaciones que a las "curiosas" creaciones aerodinámicas que aún debían superar el escepticismo que generaban las supuestas mejoras de rendimiento. En este lento proceso las tendencias y las modas del momento fueron influyendo cada vez más sobre los argumentos puramente técnicos, hasta que la necesidad de ahorrar en el consumo, producto de la crisis del petróleo de los años setenta, impulsó de forma definitiva al estudio aerodinámico como uno de los condicionantes básicos a la hora del proyecto de un nuevo modelo. Hoy en día, la aerodinámica también puede condicionar las prestaciones del vehículo y la seguridad de la marcha; además también hay que tener en cuenta el confort, pues los ruidos ocasionados por el viento pueden resultar molestos para los pasajeros.

Figura 2.39. Comparación entre el antiguo modelo "Rumpler" con forma aerodinámica en forma de gota suspendida, y un modelo actual.

2.3.1. Flujos de aire

En el contacto entre el vehículo y el aire pueden apreciarse dos flujos de aire diferentes:

- **Flujo interior.** Agrupa al aire de ventilación del habitáculo y el utilizado en la admisión y refrigeración del motor. Supone aproximadamente el 20 % del total de la resistencia aerodinámica, y condiciona tanto el confort climático de los pasajeros como el rendimiento térmico del motor. Desde la perspectiva de la ventilación, la aerodinámica interior de una carrocería debe ser capaz de:

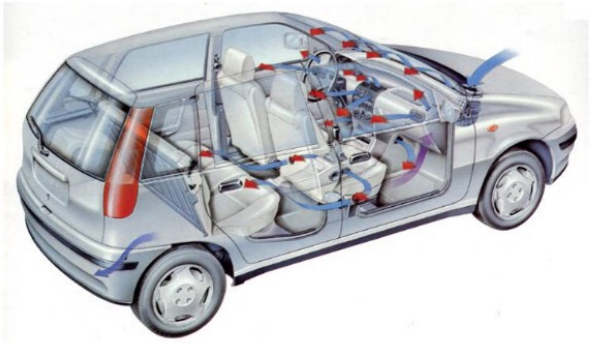


Figura 2.40. Flujo interior de aire. Ventilación aire frío/caliente del habitáculo.

© Ediciones Paraninfo

- Mantener la temperatura interior constante, con independencia de la temperatura exterior y de la velocidad del vehículo.
- Renovar el aire de forma que el ambiente no se empobrezca (sin producir corrientes importantes de aire).
- No variar la humedad interior.
- Permitir varios niveles de temperatura para compensar la temperatura exterior y la radiación solar.

▶ **Flujo exterior.** Comprende tanto el aire que circula sobre la carrocería como el que discurre entre la misma y el suelo; suponiendo el principal factor de resistencia aerodinámica.

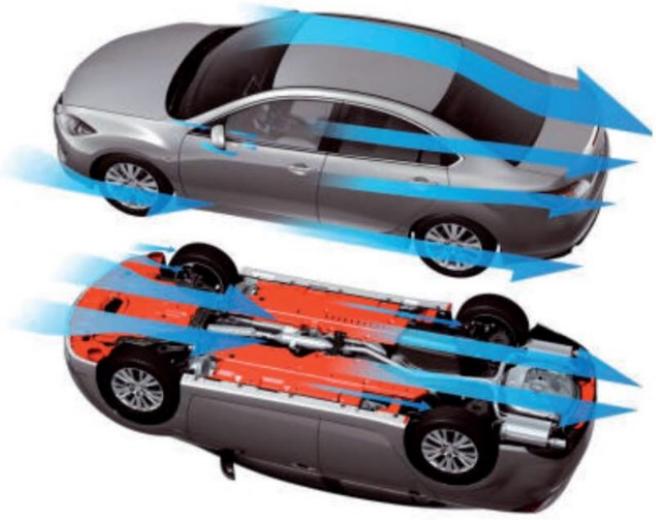


Figura 2.41. Flujo exterior de aire.

El flujo aerodinámico también afecta al confort de los pasajeros a través de la sonoridad. Las fuentes de ruido aerodinámico suelen coincidir con las que forman turbulencias, por lo que en principio, un buen coeficiente aerodinámico hace que el vehículo sea silencioso. No obstante, el confort acústico no se basa solo en el nivel de ruido, sino en la amplitud y frecuencia del mismo. De hecho, uno de los objetivos de la aerodinámica interior es conseguir que el margen de frecuencias del ruido aerodinámico sea estrecho y uniforme para que no haya una frecuencia que sobresalga mucho de las demás.

Los factores que más decisivamente influyen en la resistencia aerodinámica total al avance del vehículo son: el tamaño y la forma de la carrocería, la velocidad relativa del vehículo respecto al aire, y la densidad del aire.

Otro factor importante lo constituye el tipo de superficie de la carrocería, que determina el rozamiento con la capa de aire que está en contacto con ella. En este sentido, el aire puede fluir de dos formas:

- Uniformemente. Cada partícula de aire se desplaza, con respecto a la carrocería, en la misma dirección y velocidad que las que le rodean. Este desplazamiento tan fluido se conoce como flujo laminar. Cuanto mayor sea el flujo laminar, menor será la resistencia aerodinámica.
- Con turbulencias. Después de la capa laminar el flujo de aire se transforma en turbulento, debido a que hay partículas de aire que pierden velocidad con respecto a las demás, e incluso cambian de dirección.

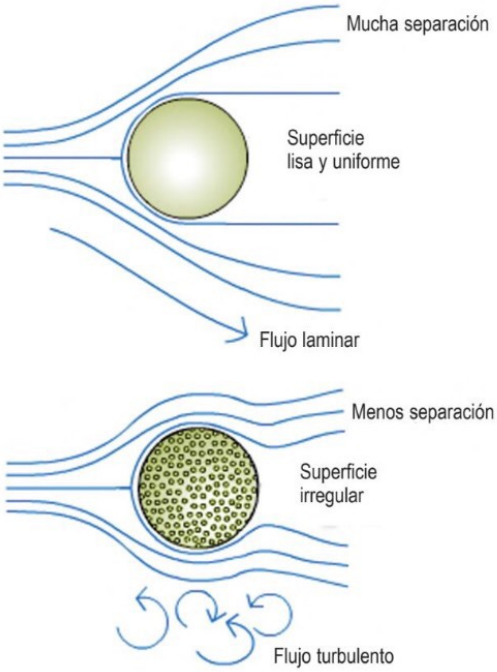


Figura 2.42. Diferencia entre los flujos de aire laminar y turbulento.

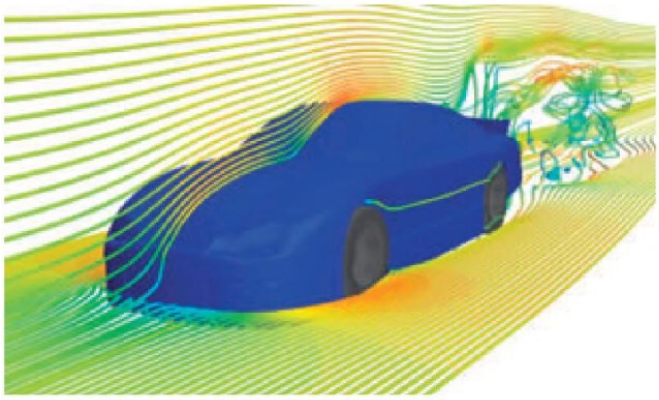


Figura 2.43. Flujos de aire laminar y turbulento.

2.3.2. Coeficientes aerodinámicos

El comportamiento dinámico de una carrocería se ve influenciado principalmente por la resistencia y fuerzas aero-

© Ediciones Paraninfo

dinámicas que se originan en el desplazamiento del vehículo. Para estudiar el comportamiento del mismo, se han definido una serie de parámetros como los coeficientes aerodinámicos, que analizan las cualidades y comportamiento de cada vehículo utilizando unos valores de referencia predeterminados. Estos coeficientes son:

- **C_x.** Un cuerpo que se desplaza ha de invertir una cierta cantidad de potencia en atravesar la masa de aire que lo rodea.

El dato de la potencia invertida estará en relación directa con el volumen del cuerpo, de tal manera que cuanto más aerodinámica sea su forma mejor será su capacidad de penetración aerodinámica y, por tanto, menor será la potencia invertida en vencer la resistencia del aire en su desplazamiento.

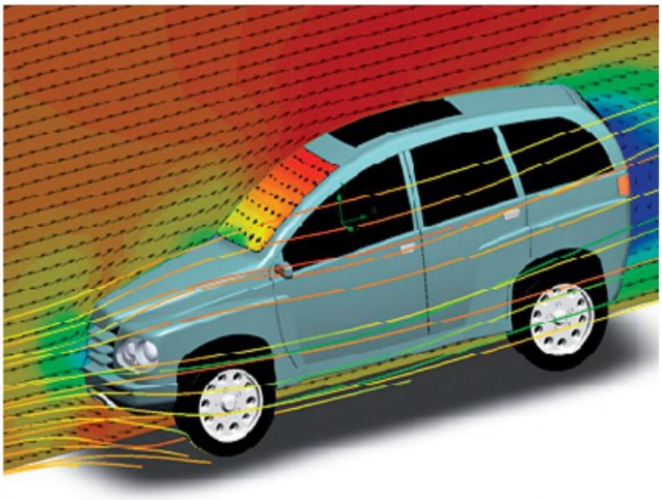


Figura 2.44. Visualización de la resistencia que opone la masa de aire al avance del vehículo.

En este contexto aparece la sigla técnica C_x (coeficiente de penetración aerodinámica), que da idea de la mayor o menor resistencia que ofrece al avance una forma determinada, cuanto menor es la cifra tanto mayor es la capacidad de penetración aerodinámica de la forma. Aunque el concepto de resistencia al aire es una más dentro del conjunto de resistencias que se oponen al avance del vehículo (resistencia a la rodadura, resistencia de las pendientes de la marcha, resistencia en la aceleración, etc.), tiene una importancia fundamental por cuanto la presión dinámica que se origina en el frontal del vehículo durante la marcha, crece mucho más rápido que la velocidad, de tal manera que en la fórmula de la potencia la velocidad aparece elevada al cubo (como ejemplo, un vehículo que duplica su velocidad necesita una potencia multiplicada por ocho para vencer la resistencia al aire, o si pasa de 40 km/h a 160 km/h necesitará emplear una potencia 64 veces mayor.

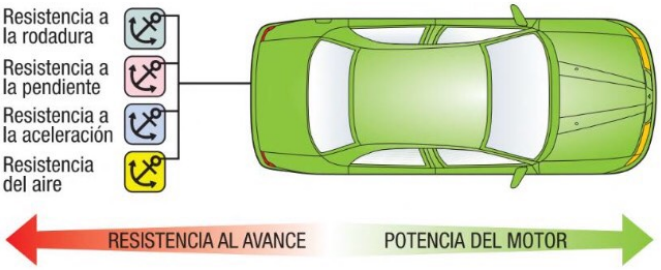


Figura 2.45. Conjunto de resistencias que se oponen al avance del vehículo.

Por ello, la aerodinámica como tal tiene un papel cada vez más importante en los departamentos de diseño y construcción de los fabricantes.

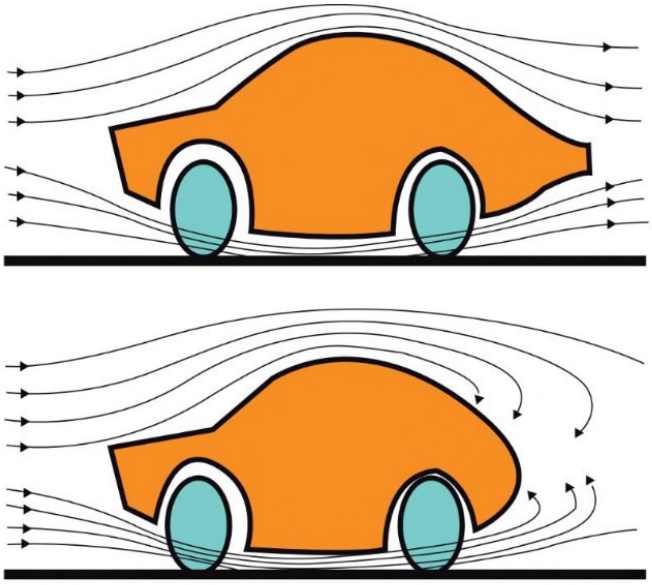


Figura 2.46. Incidencia de la forma de la carrocería en el flujo de aire.

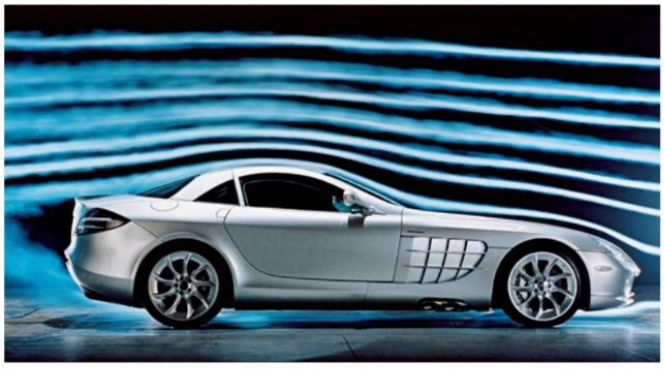


Figura 2.47. Forma aerodinámica con flujo de aire homogéneo y poco rozamiento.

En la obtención de un buen valor Cx intervienen diversos factores, no solo la forma más o menos afilada del fron-

© Ediciones Paraninfo

tal, de hecho muchos de ellos no se perciben a simple vista: forma de los bajos, características de la circulación del aire entre suelo y carrocería, turbulencias posteriores, etc. En general, para obtener un buen coeficiente de penetración aerodinámica es muy importante que el flujo de aire que roza el contorno del vehículo sea homogéneo y con poco grado de rozamiento. Para ello, en parte se intentan optimizar las formas ya existentes incidiendo en los detalles, teniendo en cuenta que en los puntos en los que por una forma poco idónea o por un excesivo rozamiento en la superficie, se crean diferencias de presión demasiado elevadas que pueden ocasionar que el flujo de aire se interrumpa y se creen turbulencias que "tiran" de la carrocería y aumentan consecuentemente la resistencia al desplazamiento. El ruido producido por el vehículo al circular, las prestaciones y el consumo de combustible, dependen directamente de la resistencia aerodinámica. Actualmente cuentan como buenos valores los que se encuentran en torno a 0,30. Estos resultados se obtienen gracias al trabajo realizado en los túneles de viento, donde se estudia la aerodinámica con vehículos realizados a escala más reducida o con prototipos preserie de tamaño real.

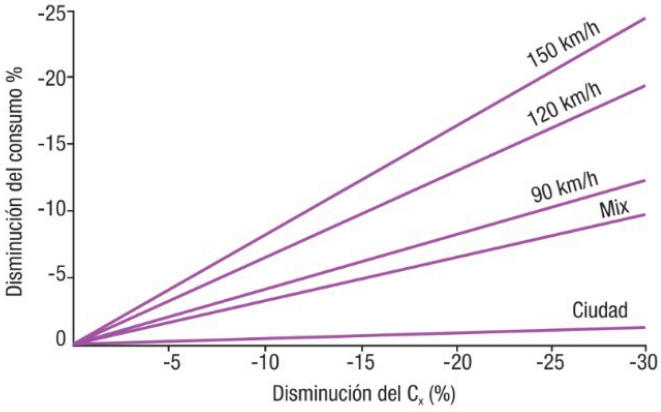


Figura 2.48. **Relación entre el consumo de combustible y el coeficiente Cx.**

▶ **C_xS.** Para expresar la resistencia aerodinámica total de un vehículo no es suficiente conocer el C_x, ya que este solo hace referencia a la forma del cuerpo sin considerar el tamaño. Como ejemplo, si dos vehículos tiene el mismo C_x, ofrecerá más resistencia al aire el que más grande sea (normalmente presentará un área frontal de mayor superficie). O dicho de otra forma, si dos vehículos tienen la misma superficie frontal, opondrá menor resistencia al aire el que disponga de un C_x más pequeño. Por todo ello, la potencia que ha de emplear el vehículo para superar la resistencia del aire además de depender del coeficiente de penetración aerodinámica (C_x), está directamente relacionada con la superficie frontal del vehículo (S) medida en m^2, de tal manera que solo mediante el producto de $C_x \times S$ podemos tener una referencia clara de la resistencia al aire que ofrece un vehículo; de hecho el factor C_x puede definirse como una magnitud adimensional que determina la calidad de la forma de una carrocería. La superficie frontal (S) puede definirse como la superficie de proyección de la sombra del contorno que se origina cuando el vehículo es iluminado en sentido longitudinal por una luz paralela; para determinar esta superficie suelen utilizarse métodos ópticos basados en la aplicación del láser.

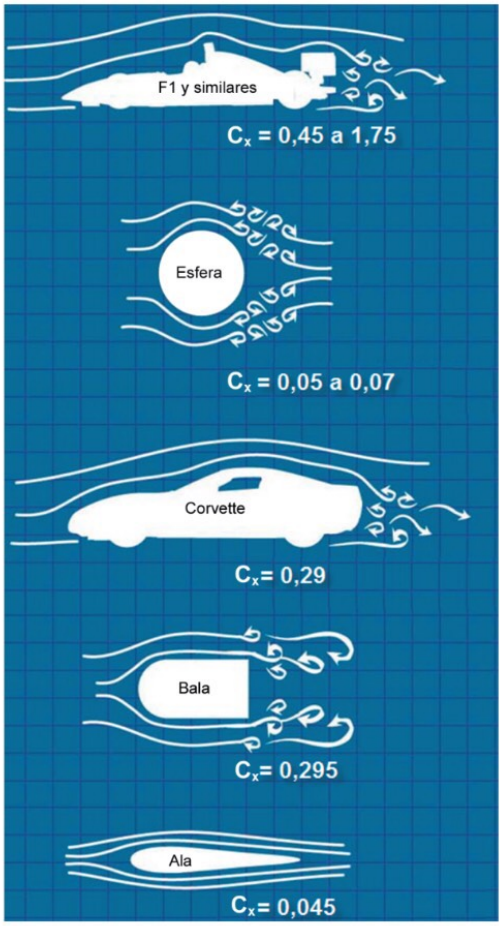


Figura 2.49. **Comparativa de coeficientes aerodinámicos según la forma.**

Existen también otros factores que inciden en el cómputo total del valor de la resistencia al aire, como son la velocidad del vehículo (la resistencia aumenta de forma aproximadamente proporcional al cuadrado de su velocidad con respecto al aire) y la densidad del aire (el aire "denso" frena más que el aire "poco denso"). La relación con el resto de los parámetros anteriormente mencionados queda establecida por la siguiente fórmula:

$$W = C_x \times S \times (\rho/2 \times V^2)$$

Siendo:
- **W**: Potencia que ha de emplear el vehículo para superar la resistncia del aire.
- **C_x**: Coeficiente de penetración aerodinámica.
- **S** : Superficie frontal en m^2.
- ρ : Densidad del aire.
- **V** : Velocidad del vehículo.

© Ediciones Paraninfo

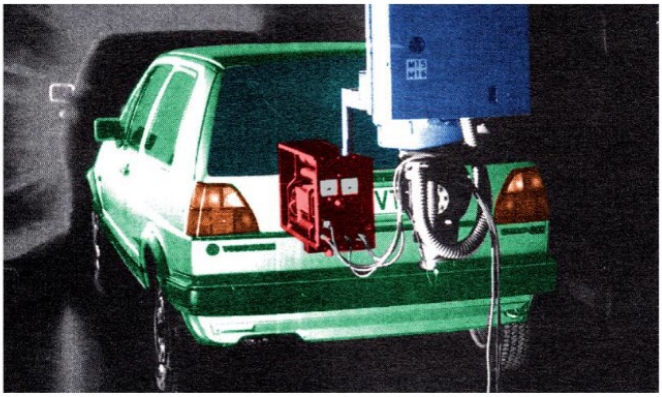


Figura 2.50. Coeficiente C_xA.

En la práctica el producto resultante del cuadrado de la velocidad y la mitad de la densidad del aire, determina la presión dinámica y suele considerarse como constante a la hora de comparar la resistencia al aire de distintos vehículos.

▶ **C_y.** Con esta denominación se hace referencia al coeficiente de deriva que mide el efecto del aire aplicado de forma lateral al vehículo, afectando de esta forma a su estabilidad.

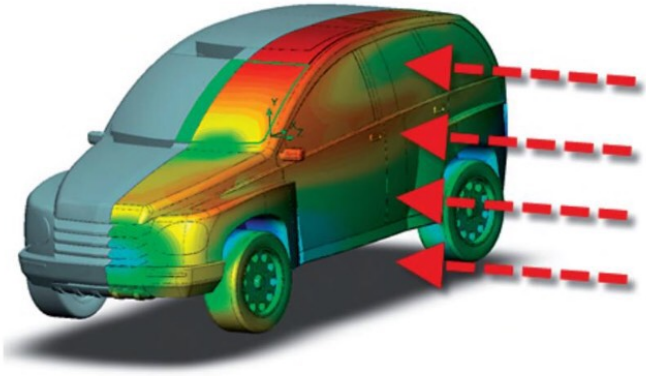


Figura 2.51. Coeficiente C_y.

Las ráfagas de aire que inciden lateralmente sobre la carrocería pueden comprometer la conducción y la estabilidad, pudiendo incidir de forma decisiva en la trayectoria del vehículo, haciéndola variar de forma repentina al producir una cierta deriva en los neumáticos.

El viento lateral influye en el comportamiento del vehículo de forma diferente en función de muchas variables como: la forma y superficie de la carrocería, el peso total, la distribución de masas, la adherencia de las ruedas, la distancia entre ejes y entre ruedas (batalla y vía), centro de presión, etc. Aunque en algunos casos, hace unos años los vehículos más aerodinámicos (en función de su coeficiente de penetración) se consideraban como muy sensibles a los efectos del viento lateral, en la actualidad se logra integrar de forma altamente satisfactoria ambos condicionantes, sobre todo atendiendo a la forma de los radios más relevantes como los cantos de la parte frontal, los pilares o montantes delantero y trasero, etc.

En las fuerzas laterales y el par de balanceo también influyen los ángulos y las relaciones de magnitud de los flancos de un vehículo.

▶ **C_z.** Este valor hace referencia a las fuerzas aerodinámicas que inciden verticalmente sobre la carrocería. Es el denominado coeficiente de sustentación, que mide el apoyo de las cuatro ruedas con el suelo y su posible "aligeración" por efecto del viento o por traslado de masas suspendidas.

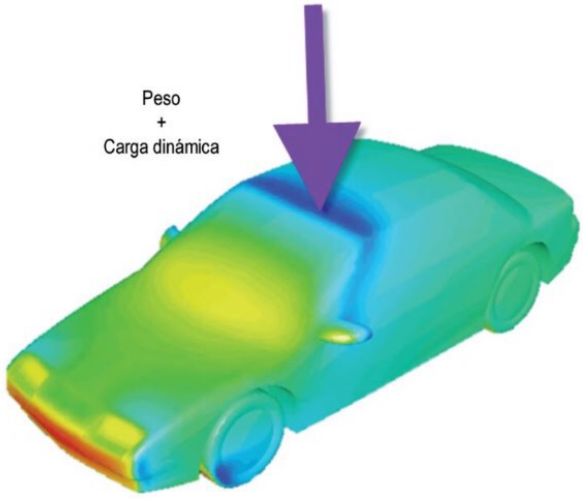


Figura 2.52. Coeficiente C_z.

Si la fuerza actúa hacia arriba, se habla de empuje ascensional y en sentido contrario se trata de asentamiento.

Ambas fuerzas influyen de forma decisiva en una conducción estable. Cuando un cuerpo asimétrico es desplazado por el aire de forma que el flujo por la parte superior ha de recorrer más camino que el de la parte inferior, se crea una depresión en la cara superior que es precisamente el empuje ascensional descrito.

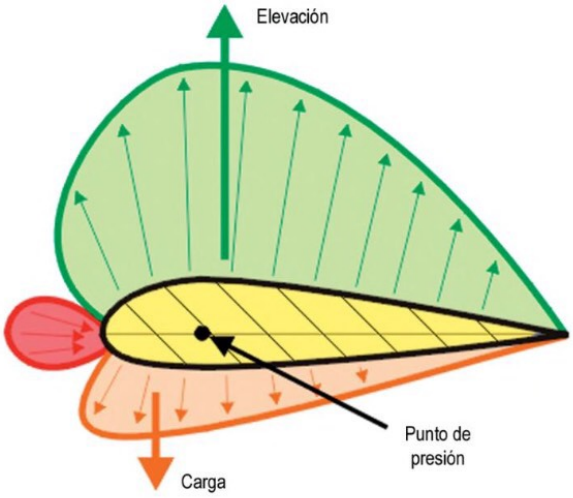


Figura 2.53 Fuerzas de sustentación que inciden sobre un cuerpo con forma de ala.

© Ediciones Paraninfo

Como dato, en alta velocidad las fuerzas ascensionales pueden "aligerar" el vehículo, lo que repercutirá negativamente sobre la estabilidad lateral del eje de la dirección.

En la práctica todos los vehículos se encuentran sometidos a un empuje ascensional de magnitud variable que actúa en contra del peso. Por ello, los vehículos que circulan a alta velocidad deben contar con soluciones apropiadas para conseguir un mayor asentamiento que confiera una estabilidad apropiada.

En cualquier caso, en la busca de la forma y línea aerodinámica apropiada a un modelo determinado, se tiene muy en cuenta la distancia al suelo de la carrocería, ya que influye en el comportamiento del vehículo por efecto de la presión dinámica o capa límite en los bajos de la carrocería.

En la magnitud de este valor ascensional también influyen factores como la forma de la parte delantera, forma y configuración de los bajos, grado de carga del maletero, etc.

Como ejemplo, los coches de Fórmula 1 presentan una estructura muy pegada al suelo con el fin de que el aire se desplace a gran velocidad por el pequeño espacio entre la carrocería y el suelo, lo que reduce la presión debajo del vehículo y lo aprieta firmemente hacia abajo mejorando notablemente el agarre; este efecto ("efecto suelo") se completa en este tipo de vehículos incorporando un plano aerodinámico trasero (alerón) con forma de ala invertida, que aumenta la fuerza de agarre contra el suelo.

Figura 2.54. Simulación del comportamiento aerodinámico de un vehículo de F1.

Para determinar el C_z más adecuado, hay que tener en cuenta que obtener un fuerte apoyo aerodinámico implica empeorar el C_x, ya que la fuerza que empuja al vehículo contra el suelo es producto del propio avance del mismo. Utilizando el ejemplo de un Fórmula 1, sus alerones son capaces de ejercer una fuerza contra el suelo superior a 1000 kg, sin embargo aumentan considerablemente la resistencia al avance provocando una deceleración muy importante (en estos casos lo que se pierde en recta se gana en curvas, por lo que la geometría de estos elementos tiene que regularse para cada circuito específicamente).

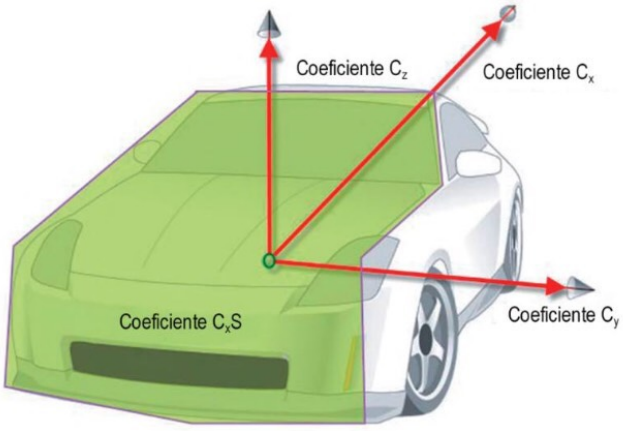


Figura 2.55. Coeficientes aerodinámicos.

2.3.3. Condiciones de diseño

La búsqueda de la línea aerodinámica que conjugue de forma óptima los conceptos anteriormente descritos, se ve favorecida por la aparición de nuevos materiales en la construcción de la carrocería con los que se consiguen unos conjuntos cada vez más armoniosos (paragolpes, lunas, grupos ópticos, etc.), aunque por el contrario, el diseñador tiene que contar con una serie de condicionantes como: las necesidades en materia de resistencia estructural, la necesidad de disponer de flujos de aire (para la climatización del habitáculo, para la refrigeración: del motor, frenos, escape, etc.), el grado de habitabilidad interior, la utilización de neumáticos cada vez más anchos, los costes de producción, la estética, etcétera.

Figura 2.56. Turbulencias que generan los componentes exteriores del vehículo.

La superficie ideal de la carrocería será aquella que sea capaz de conservar un flujo laminar de aire en toda su superficie, evitando la aparición de turbulencias. Para ello, en la fase de diseño se intenta que los elementos que puedan provocar alteraciones en el flujo de aire, se encuentren enrasados con la carrocería.

© Ediciones Paraninfo

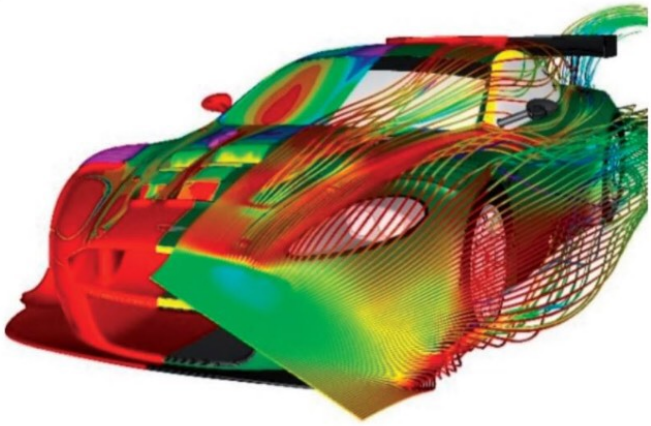
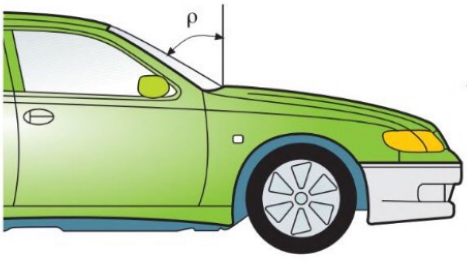


Figura 2.57. Simulación del comportamiento de la parte delantera de un vehículo en el reparto de la corriente de aire.

Las primeras condiciones para conseguir un buen valor de C_x ya se fijan a la hora de dar forma a la parte delantera, porque es allí donde se decide el reparto de la corriente del aire en lo que se denomina el punto dinámico. Si se consigue un punto dinámico muy bajo pasará mucho aire por el techo y esto tiene un efecto favorable sobre la resistencia al avance. Si dando una forma determinada a la parte delantera se consigue que no pase mucho aire por los flancos del vehículo se mejora la estabilidad lateral del viento. En general y en cuanto al estudio aerodinámico se refiere, los elementos o zonas del vehículo a los que se dedica una mayor atención en la fase de diseño son:

- Parte delantera. En esta zona es muy importante evitar las formas angulosas para que la corriente de aire pueda rozar el coche sin provocar turbulencias. Los cambios de presión y las turbulencias que se generan como consecuencia de una interrupción del flujo influyen notablemente en la resistencia del aire.
- La inclinación del parabrisas. En este sentido, un ángulo de inclinación elevado, a riesgo de provocar un cierto efecto de invernadero, consigue una notable mejora en el C_x.



ρ	C_x	Δ C_x %
65°	0,340	-1,4
55°	0,343	-0,8
50°	0,346	-
40°	0,347	+1,1
30°	0,349	+1,2
0°	0,370	+7,0

Figura 2.58. Influencia del ángulo de inclinación ρ del parabrisas en el valor del coeficiente C_x (empeoramiento +, mejora –).

- La inclinación de la luneta trasera. Este factor es aún más importante que el anterior, ya que si se interrumpe el flujo en el borde trasero superior de un modelo berlina no solo se conseguirá un mayor ensuciamiento de la luneta, sino también peores valores de resistencia del aire y de empuje ascensional.
- Parte trasera. La existencia en esta zona de un marcado borde de interrupción de la corriente de aire consigue un efecto positivo sobre las propiedades aerodinámicas del vehículo. Por una parte se suaviza así el cambio de presión a lo largo de la luneta trasera y por otra parte se obtienen, con una interrupción definida y marcada, mejores coeficientes de penetración y de asentamiento.

Figura 2.59. Comportamiento de la parte trasera de la carrocería.

- La inclinación y los radios de paso de los montantes delantero y trasero. La forma y disposición de estos elementos tienen un claro efecto sobre la resistencia al aire y sobre la sensibilidad al viento lateral. Como ejemplo, con una acusada forma redondeada del montante delantero se puede ganar sin más una centésima de C_x. En cualquier caso, estas medidas no deben ser descompensadas por unos pasos poco claros hacia las lunetas laterales o inadecuados canales vierteaguas.
- Línea genérica de la carrocería. Las carrocerías más innovadoras, en cuanto a aerodinámica se refiere, se caracterizan por una forma básica redondeada lateralmente, que dispone de entrantes en la parte delantera y trasera. Con ello se intenta conseguir el difícil objetivo de optimizar la línea aerodinámica, sin penalizar el aprovechamiento del espacio interior.

© Ediciones Paraninfo

Figura 2.60. Línea aerodinámica en la que predominan las líneas redondeadas de entrada.

- Otros elementos como los limpiaparabrisas o los espejos retrovisores exteriores deben diseñarse e integrarse en el conjunto de la carrocería para obstaculizar lo menos posible el flujo de aire.

Figura 2.61. Limpiaparabrisas integrados en la carrocería.

2.3.4. Aerodinámica activa

El centro de presión aerodinámica de un vehículo es el punto de aplicación donde se manifiesta toda la fuerza que ejerce el viento sobre la carrocería del vehículo en función del avance del mismo y la dirección y velocidad del aire. Una de las variables más importantes es la relación entre centro de presión y centro de gravedad. Lo ideal sería que ambos coincidiesen, pero dado lo raro de este hecho, se intenta que el centro de presión se encuentre detrás del centro de gravedad para que la influencia del viento sobre las ruedas delanteras sea menor.

Teniendo en cuenta que el centro de presión cambia de sitio según el ángulo de incidencia del aire y cuando el vehículo altera sus condiciones dinámicas, sobre todo en frenadas y curvas a cierta velocidad, algunos vehículos incorporan elementos como alerones y *spoilers* de geometría variable en función de la velocidad, lo que genera modificaciones importantes en el comportamiento aerodinámico del vehículo (generalmente retrasando el centro de presión en frenadas y curvas), que proporcionan más estabilidad.

Figura 2.62. *Spoiler* con regulación automática de despliegue.

2.3.5. Aditamentos aerodinámicos

Una carrocería moderna debe ofrecer escasa resistencia al aire, sin provocar fuerzas ascensionales sobre los ejes que repercuten principalmente en la estabilidad en marcha rectilínea y en la sensibilidad frente al viento de costado. Para conseguir estos objetivos se recurre, entre otras soluciones, a la utilización de aditamentos aerodinámicos. Son elementos exteriores de la carrocería que además de mejorar la estética del vehículo (dando un cierto carácter deportivo), consiguen ciertas mejoras en sus prestaciones: mejor adherencia, mayor ventilación de los frenos, etc. Habitualmente, su efecto no se percibe claramente a menos que se circule a velocidad elevada.

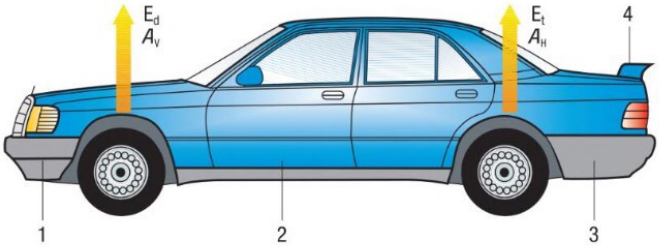


Figura 2.63. Aditamentos aerodinámicos que reducen la resistencia del aire y la fuerza de empuje ascensional.

Los experimentos realizados en túneles de viento demuestran que por medio de unos faldones o deflectores adicionales colocados delante y detrás del vehículo, combinados con unos revestimientos en los laterales inferiores (taloneras), en las aletas (cantoneras) y con unos alerones (deflectores o *spoilers*) traseros, se puede reducir la resistencia del aire y el empuje ascensional en los ejes delantero y trasero a altas velocidades; lo que favorece enormemente la conducción.

© Ediciones Paraninfo

A la vez, unos bajos lisos que no tiendan a formar turbulencias han demostrado también su eficacia desde el punto de vista aerodinámico.

La tabla siguiente contiene varios valores que expresan la influencia ejercida por determinados componentes sobre el coeficiente aerodinámico (C_x).

Influencia de:	ΔC_x (%)
Descenso del nivel 30 mm	-5 aprox.
Tapacubos lisos	-1.....-3
Neumáticos anchos	+2.....+4
Ventanillas al ras	-1 aprox.
Hermetización de ranuras	-2.....-5
Revestimiento de bajos	-1.....-7
Faros abatibles	+3.....+10
Retrovisores exteriores	+2.....+5
Flujo del aire a través del radiador y vano motor	+4.....+14
Refrigeración de los frenos	+2.....+5
Ventilación del habitáculo	+1 aprox.
Ventanillas abiertas	+5 aprox.
Techo corredizo abierto	+2 aprox.
Transporte de una tabla de surf en la baca	+40 aprox.

A continuación se describen las características más importantes de estos aditamentos aerodinámicos:

Figura 2.64. Aditamentos aerodinámicos.

▶ **Deflectores.** En función de su ubicación se distinguen las siguientes variedades:

- Deflectores traseros. Suelen situarse sobre el borde del maletero, del techo, o la parte superior de la luna trasera para canalizar el aire para conseguir reducir el C_x. Su efecto consiste en mejorar la adherencia, impidiendo que el flujo de aire circule con libertad sobre la carrocería, creando un fenómeno de sustentación positiva que levante la parte trasera del vehículo.

Figura 2.65 Deflectores traseros y de ventana.

- Deflectores de bajos. Se encuentran situados junto a las ruedas delanteras y traseras. Se encargan de reducir las turbulencias de aire (ruidos aerodinámicos) producidas por las ruedas. En ciertas ocasiones su efecto se complementa con unos deflectores montados sobre la parte inferior del parachoques. Estas cubiertas aerodinámicas reducen también las turbulencias de aire que se originan en los bajos del vehículo, a la vez que limitan la entrada de aire debajo del vehículo. Como se ha referido anterior-

© Ediciones Paraninfo

mente, con ello se consiguen dos objetivos: por un lado mejorar un poco el coeficiente de penetración (a costa de aumentar la superficie frontal), y por otro, reducir la presión inferior de la carrocería para incrementar el apoyo aerodinámico a gran velocidad.

- Deflectores laterales (taloneras) y cantoneras. Su misión es la de canalizar convenientemente las corrientes de aire para evitar que incidan directamente sobre las ruedas traseras, reduciendo las turbulencias y consecuentemente la resistencia del vehículo al paso de aire. Trabajan en conjunción con el faldón delantero, sellando los bajos del vehículo para mantener con mayor eficacia el área de baja presión resultante.

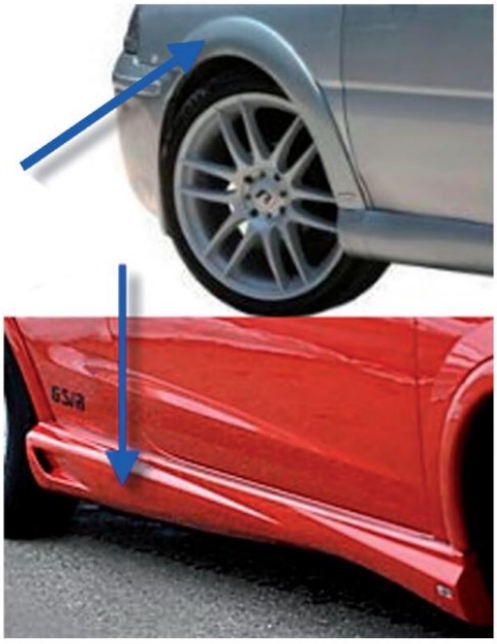


Figura 2.66. Cantonera y deflector lateral (talonera).

- Deflector delantero. Su misión consiste en reducir la cantidad de aire que circula por debajo del vehículo. Con ello se consigue mejorar ligeramente la aerodinámica del vehículo, y sobre todo, crear una zona de baja presión bajo él mismo, que incrementa la adherencia. El efecto de los faldones es más acusado cuanto más cerca del suelo se encuentren, aunque esta solución no resulta práctica en vehículos de serie. Suelen disponer de entradas de aire convenientemente diseñadas para ventilar los frenos.

▶ **Alerones traseros.** A diferencia de los deflectores, los alerones se sitúan a un plano superior que el de la carrocería, dejando espacio libre entre ambos elementos. Su función también es la de encauzar la salida del aire, de tal forma que la corriente de aire no origine turbulencias que puedan frenar el avance del vehículo. Su diseño es similar al de las alas de los aviones, pero situadas de forma invertida. Así generan una zona de baja presión que empuja al eje trasero hacia abajo aumentando su adherencia.

Figura 2.67. Alerón trasero.

Asimismo, los sistemas de suspensión activa más innovadores permiten una regulación automática de nivel de la carrocería que rebaja la altura de la misma en función de la velocidad. De esta manera disminuyen la resistencia aerodinámica a la penetración y las fuerzas ascensionales, al reducirse la circulación de aire por debajo del vehículo. De este modo mejora el comportamiento autodireccional a altas velocidades.

Como resumen, entre las soluciones aerodinámicas que suelen incorporar los vehículos se encuentran:

- Forma aerodinámica de la carrocería (muy frecuentemente en forma de "cuña", más alta por detrás).
- Posición inclinada de la rejilla del radiador, lo que unido al diseño del paragolpes delantero (que suele incluir el faldón) garantiza un flujo sin desprendimientos del aire por encima y en torno a la carrocería.
- Incorporar deflectores de bajos en la parte delantera de los pases de rueda para reducir las fuerzas ascensionales, la presión dinámica que se forma delante de los neumáticos y la temperatura de los frenos.
- Perfil del vehículo que garantice un buen deslizamiento del aire, conservando al mismo tiempo una buena visibilidad y funcionalidad.
- Incorporar elementos como pantallas sobre las columnas delanteras para evitar el ensuciamiento de las ventanillas laterales, desviando el agua de lluvia hacia el techo.

En cualquier caso, las medidas de perfeccionamiento aerodinámico no deben ir en detrimento de otros factores de idoneidad de condiciones de marcha como:

© Ediciones Paraninfo

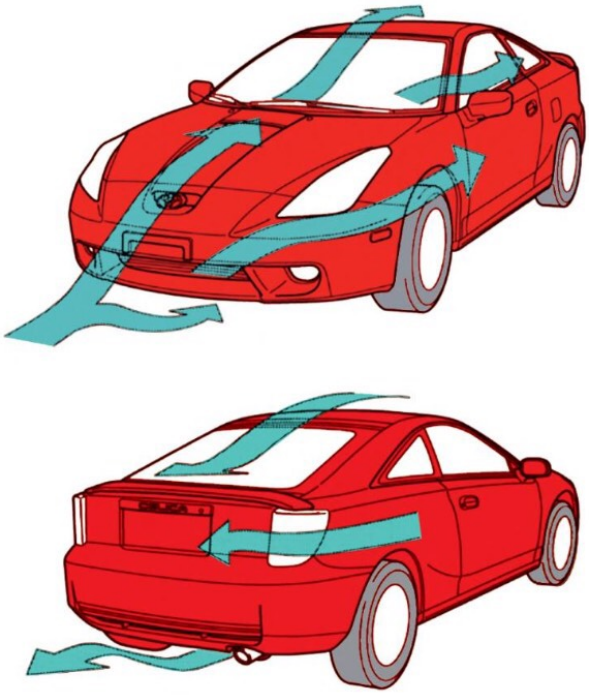


Figura 2.68. Canalización de los flujos de aire.

- Garantizar una adecuada distancia al suelo.
- Evitar que se ensucien las ventanillas laterales y luneta trasera. Para ello se somete a la carrocería, entre otras pruebas, al test de evacuación del agua de lluvia.

Figura 2.69. Test de evacuación del agua de lluvia.

- Asegurar un dimensionado suficiente de la rejilla del radiador para disponer de un flujo adecuado de aire (para refrigeración y climatización principalmente).
- Disponer de flujos de aire para ventilar componentes como los frenos.
- Incorporar retrovisores exteriores de tamaño funcional.

2.3.6. Túneles de viento

Como se ha mencionado anteriormente, para conseguir un adecuado diseño aerodinámico es necesario, además de los estudios y cálculos preliminares, realizar una prueba práctica de experimentación basada en un prototipo o modelo a escala del vehículo proyectado.

Estos ensayos se realizan en los denominados túneles de viento, que son instalaciones específicas donde se pueden simular las diferentes condiciones de marcha del vehículo y comprobar la reacción de la carrocería mediante diferentes sensores como los dinamómetros situados debajo de cada rueda.

Hasta hoy, aún no existe un procedimiento normalizado para obtener el valor del C_x ya que existen pequeñas diferencias en los resultados de las mediciones que se realizan en las instalaciones de prueba. La causa radica en que no existen túneles de viento normalizados con condiciones de flujo, recorridos e instalaciones de medición idénticos entre sí.

En un principio, se diferencian dos tipos de instalaciones básicas: los túneles de viento de circuito abierto y los de circuito cerrado.

Sistemas de circuito abierto

Estos sistemas se basan en el túnel Eiffel, cuyo principio básico consiste en un tubo abierto que succiona el aire y lo vuelve a emitir al exterior por el otro extremo.

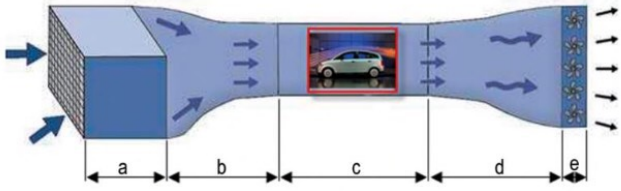


Figura 2.70. Túnel aerodinámico de circuito abierto. a) Colector, b) Cámara de tranquilización, c) Zona de control, d) Difusor, e) Ventilador/es.

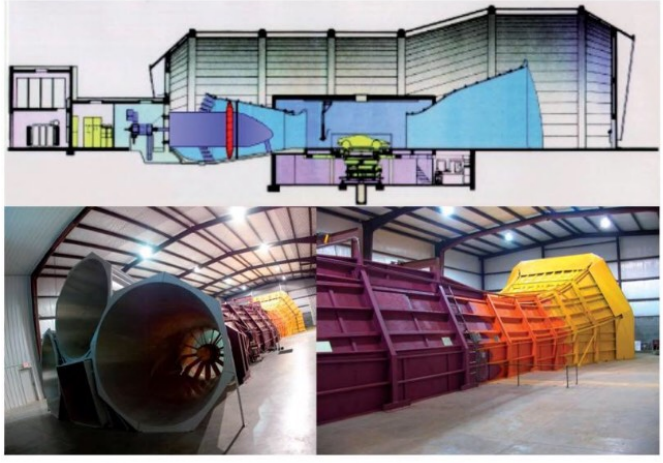


Figura 2.71. Túnel aerodinámico de circuito abierto.

© Ediciones Paraninfo

Sistemas de circuito cerrado

En estos casos, la masa de aire una vez puesta en funcionamiento, ya solo ha de ser mantenida en circulación, por lo que se necesita menos energía que en los sistemas anteriores.

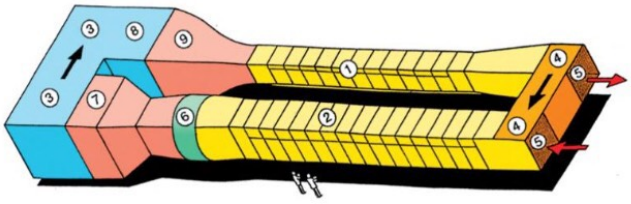


Figura 2.72. Túnel aerodinámico de circuito cerrado: 1) Zona de pruebas a alta velocidad y de control climático. 2) Zona de ensayos a baja velocidad. 3-4) Zona de entramados enrejillados. 5) Entrada y salida de aire para poder convertir la instalación en circuito abierto. 6) Ventilador. 7) Zona de enfriamiento. 8) Zona de gestión de la turbulencia. 9) Difusor.

Figura 2.73. Aspecto interior de un túnel aerodinámico de circuito cerrado.

El túnel de viento de la Figura 2.74 está compuesto por una estructura cerrada con dos cámaras de ensayo de grandes dimensiones: una para velocidades elevadas y corrientes de aire estrechas y otra para velocidades más pequeñas y ensayos climáticos.

Al ponerse en marcha los ventiladores, las palas cogen el aire de la parte posterior y lo lanzan a la parte anterior, lo que le imprime una energía al mismo. El aire llega de nuevo a la pala del ventilador y este aumenta su velocidad; así se hace girar esa masa de aire hasta conseguir la velocidad que se desea, teniendo en cuenta que al ser el aire muy compresible, a medida que se adquiere velocidad hay que ir aumentando la masa de aire. Cuando esta masa de aire sale del ventilador, lo hace en forma de flujo turbulento, por eso se colocan unas planchas enrejilladas y así convertir ese flujo turbulento en flujo laminar más estable. Asimismo, para disminuir los efectos que el calentamiento ocasiona sobre la masa de aire, hay que provocar el enfriamiento del mismo en una zona específica a tal finalidad.

La zona de pruebas de alta velocidad debe tener menos sección que el resto del túnel, para que la velocidad del flujo de aire sea más elevada cerca del vehículo (compensándose las pérdidas por fricción en las paredes y codos del túnel). Como una reducción brusca genera turbulencias, en la entrada de la cámara de pruebas se coloca un cono difusor que reduce de manera gradual la sección. De manera similar, en el otro extremo de la cámara de pruebas hay otro difusor, encargado de aumentar el caudal y disminuir la velocidad del aire.

Indistintamente al sistema de túnel empleado, la arquitectura del túnel ha de conseguir que se cree una corriente de aire lo más laminar posible (libre de turbulencias). Solo en estas condiciones se pueden delimitar las turbulencias creadas por el objeto a analizar. Perfiles de cambio de dirección en las esquinas del canal, paneles para enfocar la dirección del aire y estrechamientos en forma de embudos, ayudan a conseguir un efecto de tobera, de manera que finalmente al vehículo llegue una corriente de aire dirigida correctamente.

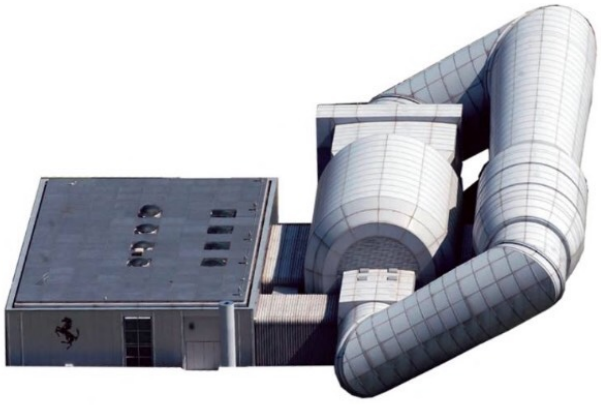


Figura 2.74. Aspecto exterior de un túnel aerodinámico de circuito cerrado.

El túnel cerrado, además de un menor gasto energético, dispone de una mayor longitud útil, en cambio presenta una elevada sensibilidad al efecto de obturación. Este efecto se debe al hecho de que cuando una masa de aire en movimiento choca contra un obstáculo (vehículo) ha de poder desviarse; pero como discurre alrededor del obstáculo en un túnel cerrado, el aire se comprime entre las paredes y el coche. Como consecuencia de ello, la presión aumenta y la corriente se acelera a lo largo de todo el objeto a medir, lo que ocasiona pequeños errores de medición, ya que la velocidad es un factor determinante en el cálculo de la resistencia dinámica (fórmula de la resistencia del aire).

Sin embargo, en el túnel abierto las paredes laterales se desplazan (retroceden) a lo largo del objeto a medir; por ello cuanto mayor es el objeto a medir, más grandes deben ser las secciones del túnel.

Características de los túneles de viento

El túnel de viento está formado por un enorme ventilador, un sistema de admisión de aire y un conducto que canaliza el aire hacia la cámara de pruebas, que debe ser transparente para permitir la observación y la filmación. El aire, antes de alcanzar la cámara de pruebas, es "ordenado" por unos entramados de aluminio y se modifica su

© Ediciones Paraninfo

temperatura hasta alcanzar los 22 °C, una temperatura óptima para las pruebas.

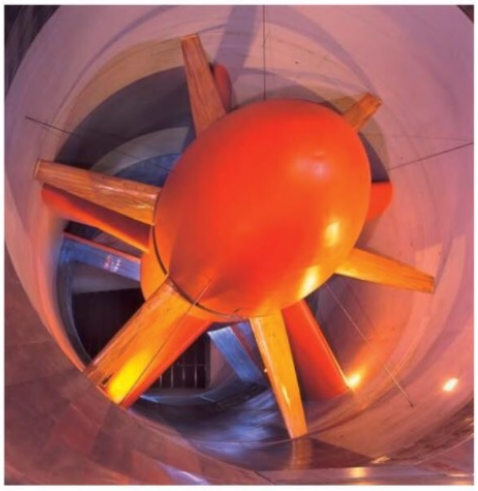


Figura 2.75. Ventilador (turbina).

En la cámara de pruebas los ingenieros monitorizan directamente el modelo que se está analizando y pueden controlar los flujos de aire que llegan desde la turbina. Los túneles de viento están equipados con los más modernos equipos de registro y tecnologías no intrusivas para la medida de la velocidad, como la anemometría láser Doppler, la velocimetría de imágenes de partículas y la termografía por infrarrojos.

Figura 2.76. Sala de control de la cámara de pruebas.

Para la determinación de coeficientes aerodinámicos se hace necesario conocer las fuerzas y momentos que se producen en el vehículo según sus tres ejes. Para ello, en la zona de alta velocidad existe una báscula dinanométrica de precisión con un plato giratorio dotada de siete sensores intercambiables que permite evaluar las fuerzas aerodinámicas de hasta 24 000 newtons.

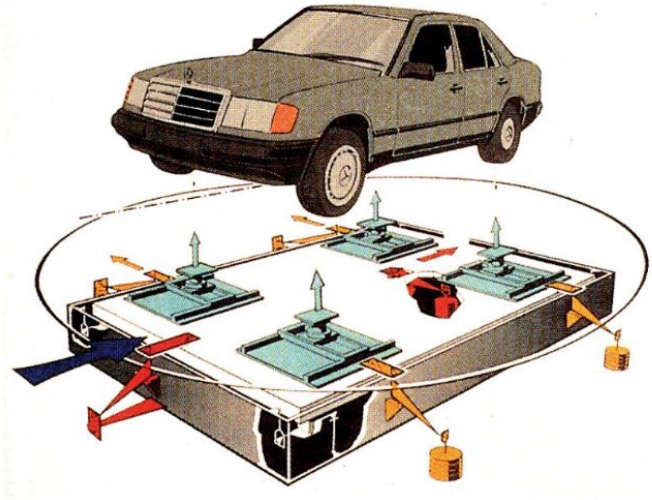


Figura 2.77. Báscula dinamométrica.

Asimismo, en los túneles actuales resulta imprescindible que la unidad de prueba genere una simulación de superficie de apoyo más auténtica que lo que era anteriormente posible en los túneles de viento. Esto representa un importante avance, debido a que antes solo se podían probar los vehículos con las ruedas detenidas, un factor que comprometía la precisión de los resultados finales.

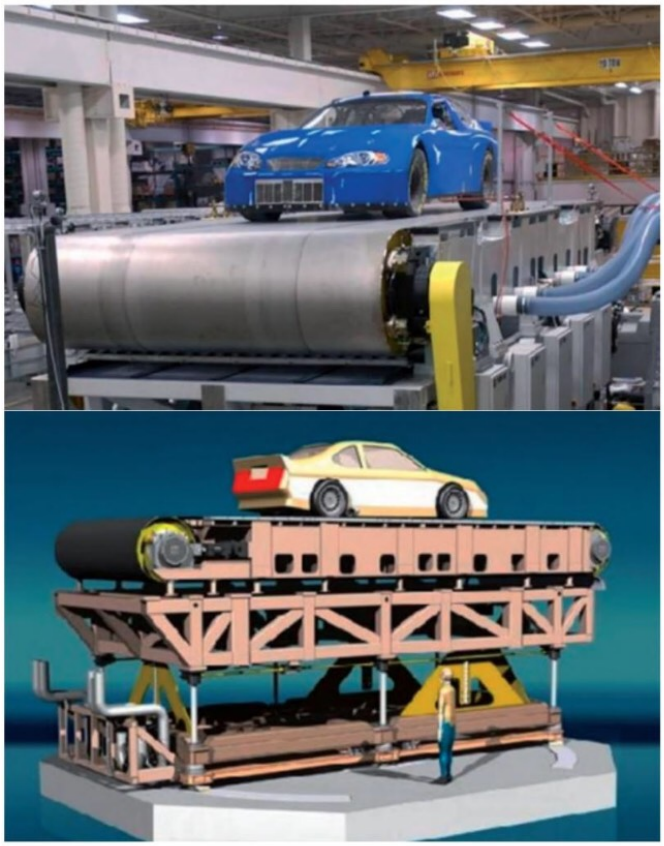


Figura 2.78. Unidad de apoyo dinámico.

© Ediciones Paraninfo

Para tener una representación visible del flujo de aire que impacta contra el coche se "colorea" parte de ese aire, lo que acaba conformando un pequeño flujo visible de viento. Aunque parezca humo, la sustancia que colorea el aire es propilenglicol (sustancia sintética). En otros casos se emplea espuma y luz ultravioleta.

Figura 2.79. Visualización del flujo de aire.

Una vez acabados los ensayos, mediante programas de diseño CAD se optimizan los resultados hasta conseguir la forma más aerodinámica posible en función de las solicitaciones requeridas (Figura 2.80).

Tipos de túneles de viento

En función de la naturaleza de las pruebas a realizar, pueden distinguirse tres tipos de instalaciones de ensayo:

Túnel de viento aeroacústico

El túnel de viento aeroacústico tiene como propósito principal investigar el flujo del aire alrededor del vehículo, al igual que las fuentes de ruido. Sin embargo, la unidad de prueba también involucra tareas normalmente asociadas con un túnel de viento convencional, tales como la mejora del coeficiente aerodinámico y el análisis de la carga aerodinámica positiva o negativa.

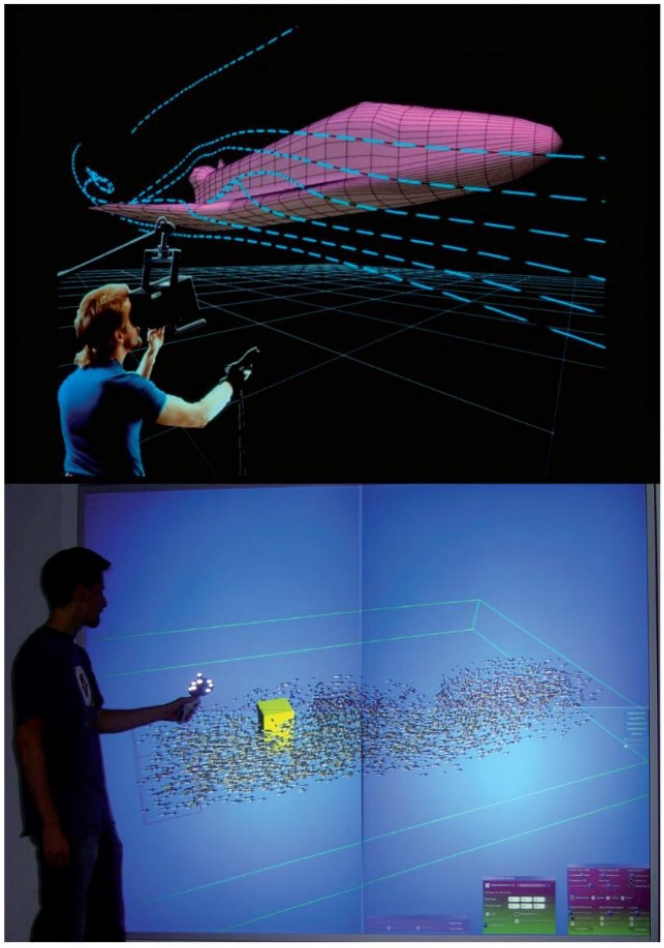


Figura 2.80. Ensayos aerodinámicos mediante simuladores CAD y técnicas de realidad virtual.

La unidad de prueba aeroacústica puede generar vientos de 300 km/h. La mayor dificultad consiste en mantener el nivel de ruido operacional a niveles extremadamente reducidos a pesar del gran potencial de rendimiento, a fin de determinar en forma fehaciente el ruido causado por el vehículo probado.

Túnel de viento térmico

En este tipo de túnel se realizan pruebas a los vehículos bajo condiciones extremas, con temperaturas que pueden alcanzar los 55 ºC y con velocidades del aire de hasta 275 km/h. Su diseño y características permite investigar el flujo de aire a través del motor del vehículo y su efecto sobre el sistema de refrigeración, lo que da lugar a dos sistemas diferentes: el primero, de gestión térmica, diseñado para la investigación de los equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado, es decir, para los componentes destinados a la comodidad del pasajero; el segundo, el de gestión de motor, está dedicado a los parámetros que pueden afectar al rendimiento del motor y sus sistemas de control.

© Ediciones Paraninfo

Túnel de viento climático

Permiten reproducir condiciones climáticas como el viento, calor y hielo (pudiendo combinarlas), para estudiar de una forma más exhaustiva el comportamiento del vehículo en condiciones extremas (frío glacial de hasta –25 °C, calor abrasador de 55 °C o vientos de hasta 300 km/h). También pueden efectuarse pruebas bajo lluvia o nieve, y simular cargas solares montando en el techo lámparas con una luminosidad de 1200 w/m^2 que reproducen el calor que emiten las superficies de la carretera en un ambiente de hasta 55 °C (simulación de la acumulación de calor que se experimenta durante un atasco).

Figura 2.81. Ensayos en un túnel de viento climático.

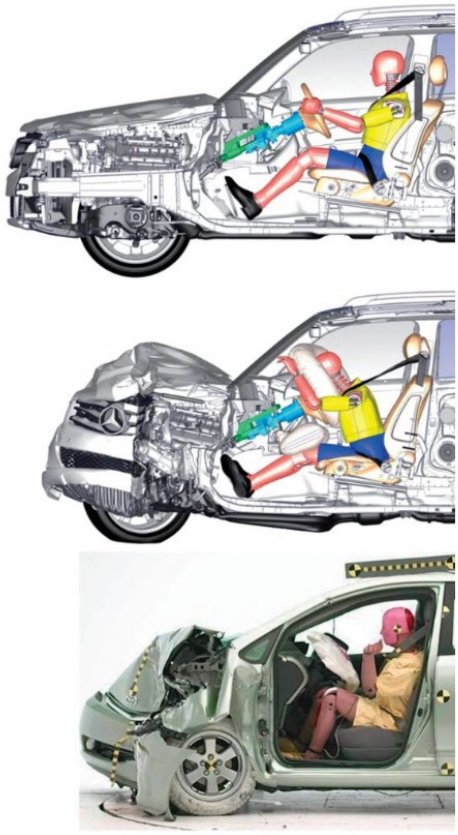


Figura 2.82. *Crash tests.*

2.4. Pruebas de choque (*crash test*)

La industria del automóvil cuenta con los servicios de especialistas de gran prestigio para efectuar completos análisis de accidentes. Médicos y expertos de tráfico estudian diferentes casos con sus lesiones típicas y sus daños materiales. Las estadísticas sobre gravedad y tipos de accidentes permiten determinar los riesgos.

Para estudiar el comportamiento del vehículo en caso de colisión, con objeto de tratar de mejorar la seguridad reduciendo las consecuencias de los accidentes, uno de los aspectos que tienen en cuenta los fabricantes de vehículos y que más ha contribuido a conseguir una mayor protección a los ocupantes, es la realización de pruebas de choque, más conocidas como *crash tests* (simulaciones de accidentes realizadas en laboratorios). Con ellos se consiguen determinar los fenómenos técnicos y físicos implicados en una colisión y el comportamiento de la carrocería en caso de impacto, mediante la medición de los esfuerzos soportados por los *dummies* (maniquíes antropomórficos) y de las mediciones dimensionales del habitáculo de pasajeros.

Desde hace algunos años, la simulación mediante ordenador se ha convertido en un medio esencial para el perfeccionamiento de la seguridad en los automóviles.

Para ello se utilizan herramientas CAD de choques virtuales que predicen el resultado de las comprobaciones físicas antes de la prueba final del vehículo sin necesidad de costosos prototipos de fabricación.

Figura 2.83. Comparación entre la simulación virtual y la prueba física real.

© Ediciones Paraninfo

Aunque la simulación mediante ordenador no puede sustituir a los experimentos prácticos, las condiciones básicas para estos experimentos han evolucionado considerablemente, ya que ahora se puede trabajar con soluciones constructivas optimizadas.

Los ensayos de *crash test* evalúan la eficacia global de los sistemas de seguridad pasiva del vehículo, lo que ha incidido de forma directa en la gran evolución que han experimentado los mismos. Del resultado de estas pruebas también se extraen conclusiones muy valiosas (sobre todo para las compañías aseguradoras) acerca del grado de reparabilidad de la carrocería en función de la magnitud y orientación del impacto.

Las pruebas de choque pueden ser parciales (sobre ciertos elementos del bastidor de forma independiente) o de prototipos enteros.

En ellas se ha comprobado cómo una estructura rígida sería altamente perjudicial para el cuerpo humano en caso de colisión, al provocar una deceleración demasiado elevada. Por el contrario, una carrocería fácilmente deformable aprisionaría a los ocupantes dentro del vehículo.

Con el análisis de datos obtenidos en el desarrollo de estas pruebas, se trata de conseguir una estructura que, en caso de choque, sea lo suficientemente flexible como para absorber la mayor parte de la energía generada en el impacto evitando así una deceleración excesiva y que al mismo tiempo sea lo suficientemente rígida para mantener íntegro el habitáculo. Todo ello con el fin de garantizar en la medida de lo posible la máxima protección no solo a los ocupantes del propio vehículo, sino también procurar que los ocupantes de otros vehículos, o los peatones implicados en el choque sufran las mínimas consecuencias.

Además de los fabricantes de vehículos, existen otras entidades y asociaciones que también realizan tests de choques, aunque suelen utilizar valores de referencia distintos (generalmente más elevados). Entre ellas se encuentran: IIHS (*Insurance Institute for Highway Safety*), NHTSA (*National Highway Traffic Safety Administration*), Euro NCAP (*European New Cars Assessment Program*), que nació como una iniciativa del Ministerio Británico de Transportes, a la que se unieron después sus homólogos suecos y holandeses, así como *International Testing* (organización común a varias asociaciones de consumidores europeas). En esta iniciativa participan también la Comisión Europea y FIA/AIT (que agrupa a varios clubs automovilísticos europeos. Los tests llevados a cabo en la Euro NCAP han sido desarrollados para chequear el más amplio abanico de situaciones de riesgo en el automóvil, y no se tienen en cuenta las motorizaciones ni los niveles de equipamiento (de confort) propiamente dicho y los resultados son públicos y accesibles.

En los tests de la Euro NCAP se siguen varios criterios de funcionamiento. El primero de ellos se refiere a una colisión frontal a 64 km/h sobre un obstáculo de un metro de ancho y 540 mm de alto con un decalado (offset) del 40 % a lo ancho del coche. El impacto lateral se realiza con una barrera móvil contra la puerta del conductor y contra la del pasajero. Esta barrera tiene un ariete de un metro de ancho y 510 mm de alto, se desplaza a 64 km/h y golpea sobre un punto "R" situado en el percentil 95* de una figura masculina de talla media (más o menos a unos 10 centímetros sobre la cadera de un varón adulto sentado).

Figura 2.84. Prueba de choque que se realiza para determinar el proceso de reparación más idóneo en vehículos que presentando la misma afectación fueron reparados utilizando procedimientos diferentes.

Como complemento a estas pruebas se realizan otras para comprobar la protección a peatones en atropellos, la prueba de choque trasero para evaluar principalmente los daños a los pasajeros en el cuello y la espalda y las pruebas para verificar el funcionamiento de diversos elementos de seguridad activa, tales como el control de estabilidad y el limitador de velocidad.

* Término que representa cada uno de los 99 valores que resultan de dividir una distribución en 100 partes de igual frecuencia. Como ejemplo, cuando se valora la ergonomía y la habitabilidad de un vehículo (haciendo referencia a la población y tomando como dato la estatura media), si se garantiza una postura correcta desde el 2,5 al 95 percentil, quiere decir que se dejan fuera los individuos por debajo de 148 cm (que representan el 2,49 % de la población, y los que están por encima de 191 cm (que representan el 4,99 %).

© Ediciones Paraninfo

2.4.1. Tipos de pruebas de choque

Las pruebas de choque de un vehículo son parte fundamental del proceso de diseño y de la posterior homologación del mismo; ya que todos los vehículos fabricados deben ajustarse a una serie de estándares fijados por la ley, so pena de no obtener la homologación necesaria para poder comercializarse. Para disponer de un marco lo más completo posible, hay que tener en cuenta la enorme variedad de accidentes reales, que dependen de las distintas velocidades a las que se pueden producir los choques, de los diferentes tipos de obstáculos encontrados (fijos, móviles, y más o menos deformables), y de las características físicas de los ocupantes del vehículo. Con tal complejidad, el nivel de seguridad pasiva de un automóvil solo puede establecerse gracias a la repetición de una larga serie de pruebas (más de 100 ensayos). Los fabricantes suelen realizar más de 40 tipos distintos de choques para cualificar cada uno de sus modelos. Cada una de estas pruebas no se realiza una sola vez, sino que se repite en las distintas fases de desarrollo del coche, desde los prototipos hasta los modelos de serie. Asimismo, después de entrar en producción se efectúan habitualmente muestreos de todos los vehículos para comprobar que se ajustan a las especificaciones de diseño. Como idea de lo representativas (en la casuística) que resultan este tipo de pruebas, baste como dato que un choque a 50 km/h contra un obstáculo fijo no deformable corresponde aproximadamente a la colisión de dos coches (idénticos y del mismo peso) ambos lanzados uno contra el otro a 50 km/h. La energía desarrollada prácticamente equivale a la que se obtiene del choque a 100 km/h de un coche contra otro coche parado.

El diseño de las diferentes pruebas de choque se realiza en base al estudio de las estadísticas de los tipos de choques más habituales. De su análisis se desprende que más de dos tercios de los accidentes producidos afectan a la parte delantera del vehículo frontalmente o de modo oblicuo (en cuyo caso repercutirán respectivamente en toda la anchura del mismo o solo en una parte). Todos estos choques suceden entre vehículos de distintos tamaños y a velocidades diferentes.

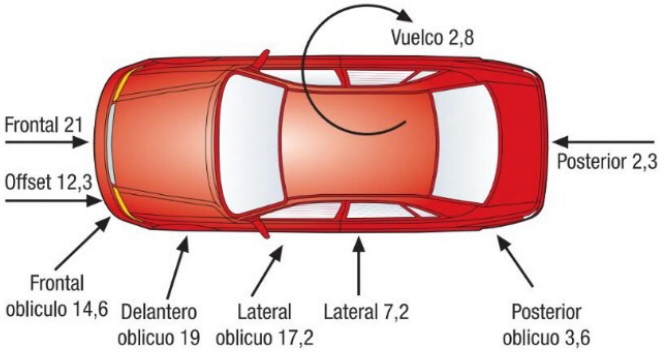


Figura 2.85. Estadísticas de choques más habituales.

Si bien existe una gran variedad de ensayos, las únicas pruebas homologadas por la reglamentación europea vigente, consisten en analizar los aspectos biomecánicos y de estructura que se desprenden de sendos tests de impacto frontal y lateral. En general, los objetivos que se persiguen en las diferentes pruebas de impacto son:

- En los choques frontales se busca optimizar los refuerzos de la estructura portante y conseguir unos medios de retención adecuados.
- En los choques laterales se intenta evitar la intrusión en el habitáculo.
- En el caso de los vuelcos, lo que se pretende es limitar las deformaciones del habitáculo por aplastamiento.
- En los choques traseros se estudia el comportamiento del reposacabezas y del depósito de combustible y sus canalizaciones.

Prueba de impacto frontal

Las estadísticas de accidentes demuestran que casi dos terceras partes de las colisiones son frontales, y la mitad de ellas presentan una cobertura de entre el 30 y el 50 % de la superficie frontal.

Para comprobar los efectos de este tipo de colisiones se realiza una prueba que consiste, según la norma ECE R94 de la directiva 96/79 CE, en un choque frontal desalineado a una velocidad de 64 km/h contra una estructura deformable con una configuración de panal (que simula otro vehículo) y que afecta al 40 % de la parte delantera del automóvil en el lado del conductor (offset) (es como si el conductor hubiese tenido tiempo de girar el volante para evitar un impacto totalmente frontal).

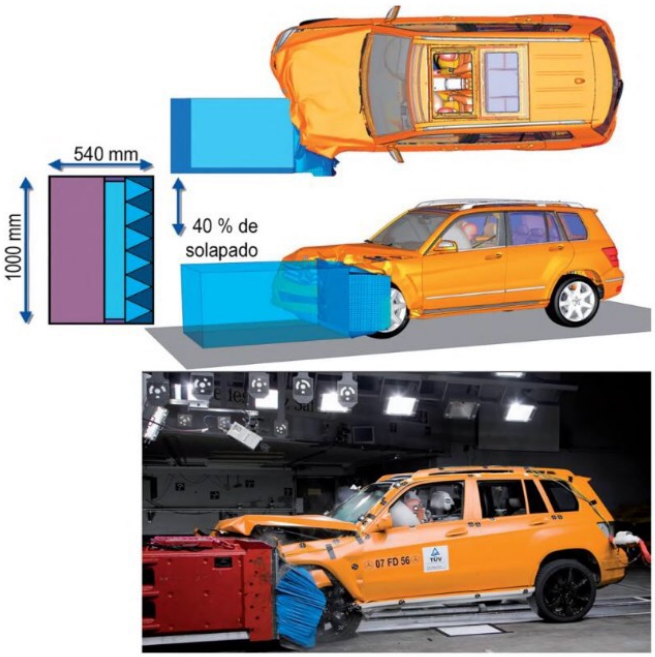


Figura 2.86. *Crash test* frontal offset.

© Ediciones Paraninfo

En este tipo de choque, el desarrollo de la prueba se realiza con dos maniquíes o *dummies* colocados en los asientos delanteros con los correspondientes sistemas de retención, (hay otro tipo de ensayos complementarios a los de homologación que incluyen un maniquí de la medida de un niño de 3 años colocado detrás del conductor, y otro de 18 meses detrás del pasajero, cada uno situado en una silla especial para su edad, y aunque a veces no disponen de sensores como los "mayores", la grabación del choque permite analizar su comportamiento). Los maniquíes están dotados de una serie de sensores para medir las fuerzas y aceleraciones a que se ven sometidas en un choque las diversas partes de su anatomía como: tórax, cabeza, cuello, tibia y fémur.

Como resultado del choque, la energía cinética es absorbida por la deformación del paragolpes delantero, del frontal y, en casos graves, también por la zona delantera del habitáculo (zona de la pared del salpicadero). La longitud de la parte delantera se comprime de 40 a 70 centímetros (según la concepción del vehículo: forma de la carrocería, tipo de tracción, posición del motor, masa y dimensiones). También el motor, los ejes y las ruedas absorben energía. La columna de dirección, por su parte, debe doblarse de tal manera que el volante solo se desplace unos pocos centímetros (como máximo 10) en dirección al conductor. En caso de fuerte deformación, los pedales deben subir quedando apoyados contra el salpicadero, siempre y cuando su alojamiento esté diseñado convenientemente.

Figura 2.87. **En caso de impacto frontal, el volante y el grupo de pedales deben desplazarse para no dañar al conductor.**

A continuación se enumeran de forma resumida, los aspectos de seguridad que debe superar el vehículo en este tipo de choque:

- Durante el ensayo no deberá abrirse ninguna puerta ni accionarse fortuitamente los sistemas de bloqueo de las puertas delanteras.
- Después de la colisión debe abrirse como mínimo una puerta delantera y otra trasera (sin ser necesario utilizar ningún tipo de herramientas) para poder extraer a los maniquíes del vehículo liberándolos previamente de sus sistemas de retención, para lo cual será necesario aplicar una fuerza máxima de 60 N sobre el dispositivo de apertura. Asimismo, en caso necesario se podrán inclinar los respaldos de los asientos (o los propios asientos) para liberar y evacuar a todos los ocupantes.
- El desplazamiento del volante no será superior a 80 mm hacia arriba ni a 100 mm hacia atrás.
- Durante el choque no se desprenderá ninguna pieza o componente interior que pueda aumentar el riesgo de lesión al impactar sobre el maniquí.
- Solo se admitirán pequeñas fugas de combustible del orden de (0,5 g/s).

Por lo que respecta a los datos registrados por los maniquíes, las zonas más expuestas en este tipo de choque son: la cabeza, el cuello, el tórax y las piernas. En este tipo de impacto, los movimientos de flexión sobre el cuello, la compresión sobre el tórax, el fémur, la tibia y el desplazamiento de la articulación de la rodilla no superarán unas medidas establecidas. En general, los parámetros que se miden para evaluar las consecuencias de una colisión frontal son:

- Cabeza: según criterio HIC 36.
- Cuello: tensión, extensión y fuerza cortante.
- Tórax: compresión y criterio viscoso.
- Parte superior de la pierna: fuerza sobre el fémur y fuerza en la rodilla.
- Parte inferior de la pierna: compresión de la tibia.
- Pie y tobillo: intrusión de la plataforma bajo los pies y desplazamiento del pedal de freno.

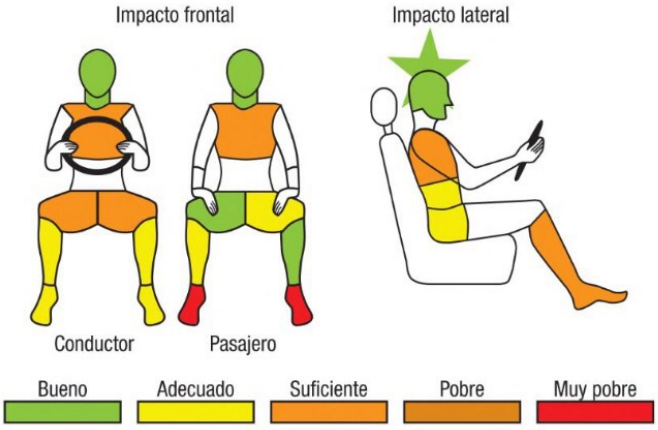


Figura 2.88. **Evaluación del grado de afectación (por zonas) de los ocupantes del vehículo en los *crash test*.**

© Ediciones Paraninfo

Una vez efectuado el choque, el habitáculo debe permanecer intacto. Esto concierne fundamentalmente a:

- La zona de la pared frontal (desplazamiento de la instalación de dirección, panel de instrumentos, pedales y contracción del espacio para los pies).
- El suelo (hundimiento o inclinación de los asientos).
- La pared lateral (apertura de las puertas después del accidente).

Prueba de impacto lateral

Según el análisis estadístico, los choques laterales representan el 25 % de todos los accidentes. En este caso es mucho más difícil la protección de los ocupantes del vehículo. La colisión lateral entraña un elevado riesgo de lesiones, provocado por la limitada capacidad de absorción de las piezas de la estructura y del revestimiento y las grandes deformaciones que de ello resultan en el habitáculo. En estos casos, solo se puede contar con un reducido volumen deformable. El punto neurálgico son las puertas, que para proporcionar una protección eficaz deben mantenerse sujetas a las columnas (pilares) por medio de mecanismos de cierre y bisagras extremadamente robustas. La rigidez de las puertas, así como la solidez de los largueros que las unen y del techo, determinan la resistencia de la célula o habitáculo de pasajeros.

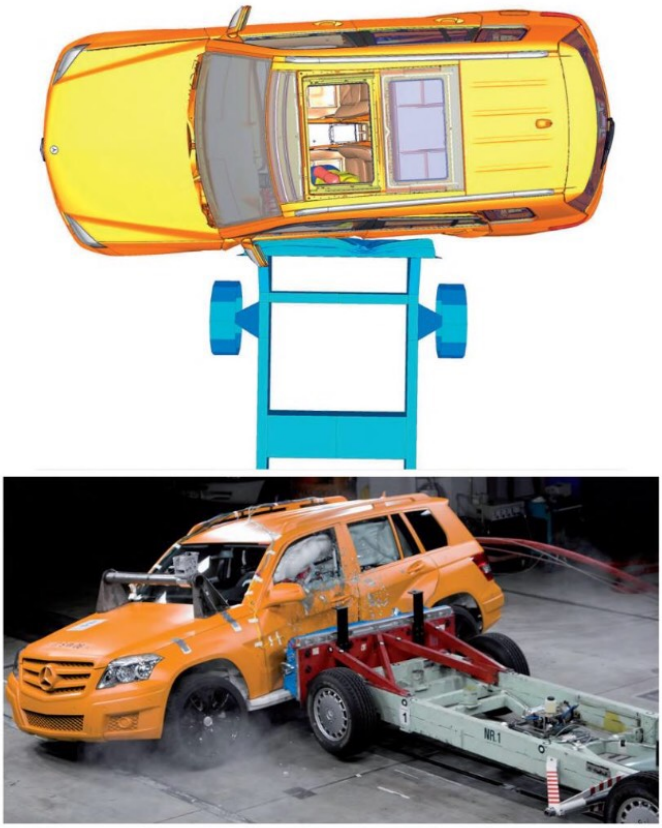


Figura 2.89. *Crash test* lateral.

En este contexto, el diseño de los asientos ha demostrado revestir también excepcional importancia. En la actualidad la máxima seguridad la proporcionan los asientos con sistema de cinturón integrado (asientos integrales), que disponen de una unión muy firme al piso y refuerzos muy estudiados para aumentar la seguridad en dicha zona. El cinturón integrado en el asiento hace necesaria esta rigidez estructural; ya que al fin y al cabo, todas las fuerzas que actúan sobre el cinturón influyen en la construcción del asiento y del piso.

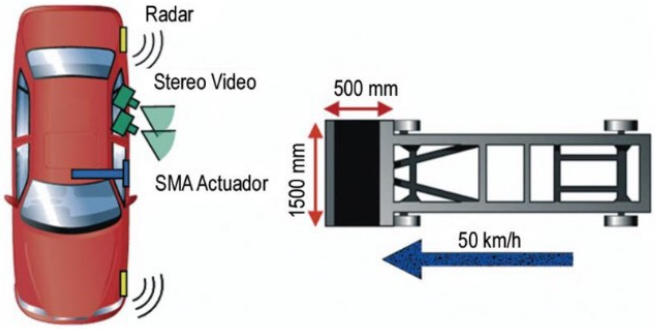


Figura 2.90. Características del *crash test* lateral.

En las pruebas estáticas de colisión lateral, reguladas por la norma ECE R95 de la directiva europea 96/27/CE, el vehículo recibe un impacto perpendicular por el lado del conductor. El golpe se produce mediante una carretilla móvil deformable de 30 cm de altura y 950 kg, que se desplaza a 50 km/h. De esta forma, se verifican aspectos tales como la resistencia de las puertas o los anclajes del cinturón de seguridad.

En relación a la prueba en sí misma, los requisitos que debe superar el vehículo son muy similares a los relacionados en el caso del test frontal.

Por lo que respecta a los datos registrados por los maniquíes, las zonas más afectadas en este tipo de choque son: la cabeza, el tórax, el abdomen y la pelvis, que no deberán sufrir fuerzas que superen los límites establecidos.

Los parámetros que se miden para evaluar las consecuencias de una colisión lateral son:

- Cabeza: según criterio HIC 36.
- Cuello: tensión, extensión y fuerza cortante.
- Tórax: compresión y criterio viscoso.
- Abdomen: fuerza abdominal total.
- Pelvis: fuerza púbica.

Los puntos resistentes estructurales se centran principalmente, en este caso, en la resistencia de la estructura de la pared lateral (uniones superiores e inferiores de los montantes, y fijación de las puertas a los montantes), la capacidad de carga de los travesaños del piso y del asiento, y también el tipo de revestimiento interior de la puerta.

© Ediciones Paraninfo

Además de la prueba de impacto lateral descrita anteriormente, también suele realizarse una variedad estática de la misma consistente en un impacto lateral contra un poste. Con esta prueba además de verificarse la eficacia de los airbags laterales y el comportamiento del capó, el problema principal que se ha de solucionar es hacer que las puertas no cedan, sino que transmitan lo más rígidamente posible las solicitaciones a la estructura del vehículo. La prueba se realiza a 29 km/h contra un poste relativamente estrecho para que exista una mayor penetración hacia el interior del habitáculo. En un impacto sin airbag, la cabeza del conductor podría golpearse contra el poste con suficiente fuerza como para causar una lesión extremadamente importante.

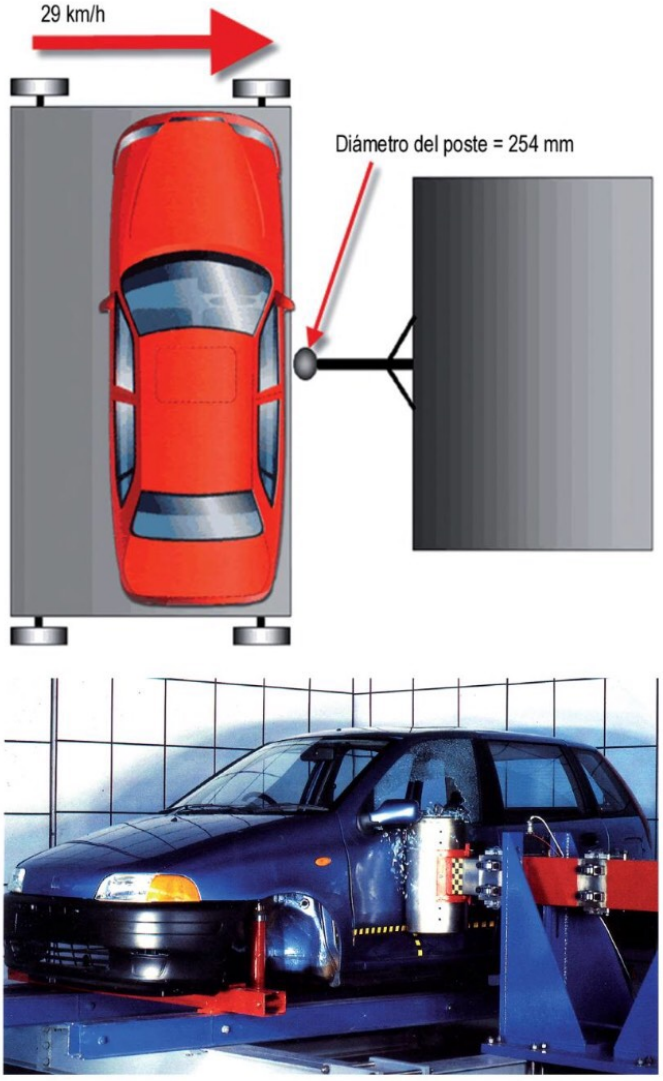


Figura 2.91. ***Crash test*** **lateral contra un poste.**

Con el fin de analizar en profundidad el comportamiento de la carrocería, se realizan más pruebas de choque complementarias, entre las que destacan:

Prueba de impacto trasero

Por lo que respecta a las pruebas estáticas de colisión trasera, reguladas por la norma ECE 32/34, el vehículo recibe un impacto mediante una carretilla móvil deformable a una velocidad de 35/38 km/h. En este caso no debe producirse apenas deformación del habitáculo, las puertas deben poder abrirse, la tapa del maletero no debe introducirse en el habitáculo a través de la luneta trasera y la instalación de combustible debe permanecer estanca. Asimismo, el reposacabezas debe evitar la hiperextensión del cuello de los ocupantes.

Una variedad de esta prueba consiste en el impacto delantero o trasero a baja velocidad (8 km/h) contra un poste rígido, en la que se analiza sobre todo la resistencia de los siguientes elementos: paragolpes trasero, travesaño trasero, largueros traseros y capó o portón trasero.

Figura 2.92. ***Crash test*** **trasero.**

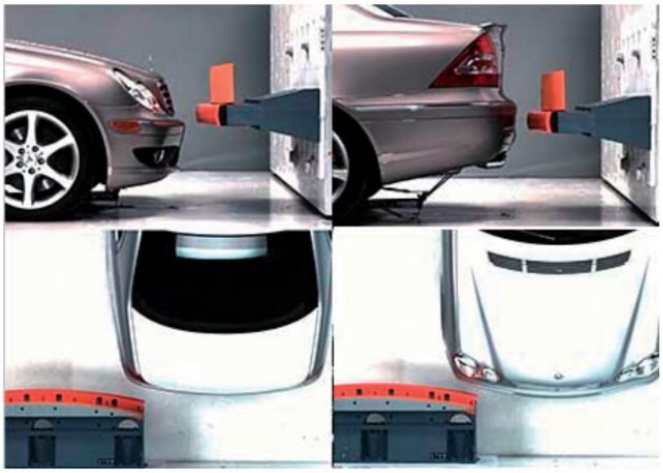


Figura 2.93. ***Crash test*** **a baja velocidad.**

Prueba de vuelco

Los tests de vuelco (*roll-over test*) ponen a prueba la rigidez de la estructura del techo. Este tipo de choque suele realizarse mediante varios procedimientos. Uno de ellos consiste en lanzar el vehículo a 50 km/h (mediante un me-

© Ediciones Paraninfo

canismo de arrastre) hasta un plano inclinado situado en uno de los lados de rodadura. Esta inclinación ocasiona el vuelco del vehículo, que sale lanzado hacia una red de retención.

Figura 2.94. *Crash test* de vuelco.

En otras ocasiones el vehículo se somete a una caída libre desde 50 centímetros de altura sobre la esquina delantera izquierda del techo. El habitáculo no debe sufrir graves deformaciones, ni siquiera en este caso.

Para disminuir el riego de lesiones por deformación del habitáculo, es preciso que el techo y los montantes dispongan de una rigidez óptima. Con el fin de mejorar el grado de rigidez del techo, también se efectúa el test estático de aplastamiento que consiste en realizar una serie de esfuerzos de compresión aplicados sobre los montantes (largueros de techo) para analizar su resistencia y grado de deformabilidad.

Figura 2.95. *Crash test* estático de aplastamiento de techo.

Prueba de prevención contra el riesgo de incendio

En la actualidad, el elevado número de dispositivos eléctricos/electrónicos y la presión a la que circula el combustible, hacen indispensable un estudio minucioso en la fase de diseño encaminado a reducir los riesgos de incendio del vehículo. Por ello, algunos fabricantes someten a los vehículos que han sufrido un test de choque a una prueba de vuelco estático para identificar y eliminar posibles pérdidas de combustible.

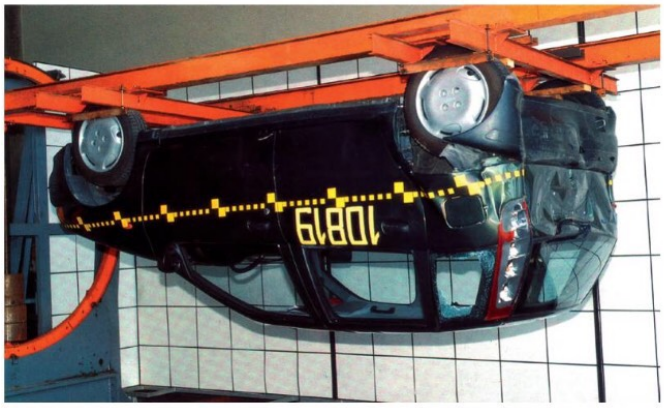


Figura 2.96. Test de pérdida de combustible.

Prueba de atropellos a peatones

Por ultimo, se realizan los test de atropellos a peatones mediante la utilización de maniquíes con forma adulta y con morfología de niños que son golpeados por los coches en una colisión a 40 km/h, analizando en cada caso las lesiones producidas fruto de los perfiles exteriores del vehículo.

Figura 2.97. Test de atropellos de peatones.

© Ediciones Paraninfo

2.4.2. Los maniquíes (*dummies*)

Todas las soluciones adoptadas en materia de seguridad han de referirse al hombre como etapa final en todas las medidas en materia de seguridad pasiva. Con este fin se utilizan unos maniquíes "biofieles" que simulan las reacciones del cuerpo humano en caso de accidente. Todos estos maniquíes forman una gran familia, es decir tiene características parecidas a las del cuerpo humano, presentando diferencias en cuanto a sexo y edad. Su función se asemeja a la de los pilotos de pruebas y su trabajo consiste en proporcionar a los técnicos información para mejorar continuamente la estructura portante y de los sistemas de sujeción.

Para conseguir esta información es indispensable disponer de instrumentos que permitan evaluar que los valores límite de las fuerzas de las aceleraciones y de los aplastamientos, que se ejercen en las distintas partes del cuerpo humano durante una colisión, se mantengan dentro de los límites establecidos. Con este fin, los maniquíes van dotados de una serie de sensores que miden los datos durante la realización de los choques y los transmiten a los equipos de registro.

Figura 2.98. ***Dummies.***

A nivel de constitución, tomando como ejemplo el modelo Hybrid III, su esqueleto suele construirse principalmente de acero (con piezas de aluminio, latón y fundición) y de goma (vinilo y materiales esponjosos) todo lo que le rodea. La cabeza está construida de aluminio cubierta de goma con una flexibilidad y dureza similar a la carne humana. Además dispone de masas suspendidas cuyo comportamiento inercial en caso de colisión es muy similar a las vísceras del cuerpo humano.

Aparte del modelo Hybric III, hay *dummies* específicos para ensayos concretos, como el ES-2 y el SID (*Side Impact Dummy*) utilizados en pruebas de impactos laterales, que están equipados con simuladores de costillas, columna vertebral y órganos internos para analizar los efectos secundarios en colisiones. También están el BioRID utilizado en pruebas de impacto trasero y el CRABI, un *dummy* con morfología de niño para comprobar el funcionamiento del cinturón de seguridad y los airbag.

El modelo denominado Thor representa la evolución de estos dispositivos, consiguiendo un aumento de sofisticación sobre sus predecesores al incorporar más de cien canales de datos, instrumentación muy sofisticada (acelerómetros en columna, pecho, abdomen, etc.), mejoras en los movimientos de la cabeza y el cuello, etcétera.

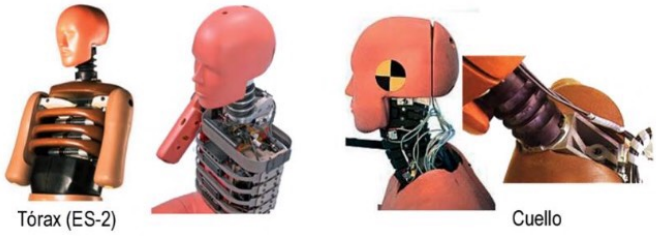
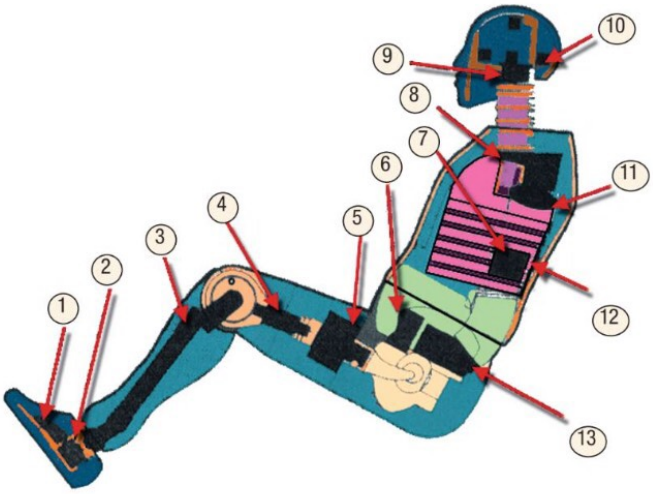


Figura 2.99. **Detalles constructivos de los *dummies*.**

En el interior del Hybric III se sitúan tres acelerómetros dispuestos en los tres ejes espaciales (X, Y, Z), que suministran individualmente datos de fuerza y aceleración, resultando de gran ayuda para determinar las consecuencias sobre el cerebro en caso de colisión. Por lo que respecta al cuello y tórax, dispone de elementos para medir y detectar como se dobla, la fuerza y la tensión que realiza, y si la cabeza es lanzada hacia atrás o hacia delante durante el impacto. Los brazos no suelen llevar ningún tipo de instrumentos, ya que en caso de golpe no disponen de muchas posibilidades de protección. En cuanto al tórax, está elaborado con costillas de acero que tienen incorporadas en su cavidad un equipo de grabación de datos para registrar todo lo que sucede durante un impacto frontal. Para los impactos laterales, los maniquíes utilizados (ES-2) tienen una forma de tórax distinta a los demás, puesto que el equipo de grabación se dispone de forma diferente para registrar todo lo que ocurre sobre el pecho en la zona lateral. El abdomen está equipado con sensores para registrar la fuerza que causa las lesiones laterales.

La pelvis tiene instrumentos ajustados que graban la fuerza lateral que puede ocasionar fracturas y dislocaciones de cadera. La parte superior de la pierna comprende un área que incluye la pelvis, el fémur y la rodilla; en el fémur se introduce un instrumento que registra todos los impactos frontales de todas las secciones. La parte baja de la pierna dispone de instrumentos colocados en su interior que registran si se doblan, comprimen o se produce tensión, sobre todo en la tibia y el fémur. En lo que respecta a los pies,

© Ediciones Paraninfo



1. Célula de carga del dedo del pie.
2. Célula de carga del tobillo.
3. Instrumentos de la parte inferior de la pierna.
4. Célula de carga del fémur.
5. Célula de carga de la parte superior del fémur.
6. Célula de carga de la espina ilíaca anterior superior.
7. Célula de carga de la espina torácica.
8. Célula de carga de la parte inferior del cuello.
9. Célula de carga de la parte superior del cuello.
10. Conjunto de acelerómetros de la cabeza.
11. Célula de carga de la clavícula.
12. Célula de carga de las costillas.
13. Célula de carga de la espina dorsal.

Figura 2.100. Constitución del *dummy* Hybric III.

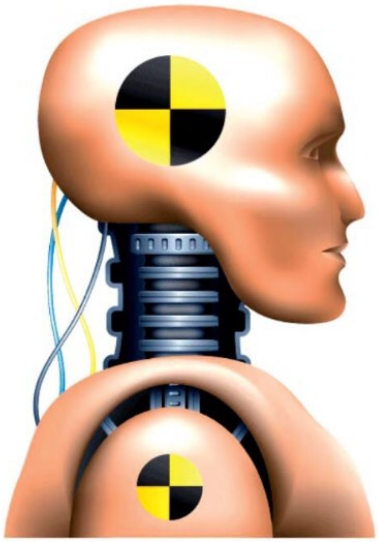


Figura 2.101. *Targets*.

Figura 2.102. *Dummy*. Zonas coloreadas para detectar la afectación.

los maniquíes también miden su distorsión y la posibilidad de que pierdan movilidad.

A parte de los sensores electrónicos, los maniquíes también disponen de referencias visuales en la cara y distintas partes del cuerpo a base de cuadrículas adhesivas de impacto (*targets*) que se utilizan como referencia para determinar durante la filmación del choque cuál ha sido el desplazamiento de ese punto en concreto (también se aplican sobre la carrocería del vehículo de prueba). En otros casos, se recurre a zonas coloreadas con una pintura especial, que permiten detectar, mediante la observación, si ha existido algún impacto en esa zona en concreto, y la zona del vehículo sobre la que ha impactado.

Para mantener el grado de minuciosidad en las informaciones, los maniquíes deben calibrarse con frecuencia utilizando un completo laboratorio de ensayo. En las pruebas de calibración se analizan cada una de las partes de su "anatomía" (cabeza, cuello, torso, piernas, etc.) para verificar que la reacción frente al impacto sigue siendo equivalente a la de un ser humano.

A veces los ensayos se completan utilizando pilotos humanos cargados igualmente de instrumentos de medición, que registran el comportamiento y las reacciones que sufre el cuerpo frente a fuerzas elevadas de aceleración y desaceleración, así como los desplazamientos que se producen producto de las inercias.

Uno de los campos de investigación en seguridad más innovadores que se están desarrollando se traduce en la digitalización del cuerpo humano. Hasta ahora, las pruebas de choque (*crash test*) se realizaban únicamente con maniquíes instrumentados, pero desde la llegada de los superordenadores, además se realizan simulaciones numéricas (accidentes digitales).

Para una perfecta compenetración, es preciso utilizar un maniquí virtual "NUM" que permite integrar los datos del comportamiento de un "cuerpo humano" en un accidente simulado por ordenador.

Los test realizados con el "NUM" prueban que el modelo digital es mucho más "correcto biomecánicamente" que los maniquíes usados hasta ahora y procura mejor información del comportamiento del cuerpo humano en caso de accidente, ya que el "NUM" es mucho más complejo que los *dummies* utilizados en los *crash test* reales.

© Ediciones Paraninfo

Figura 2.103. Pruebas estáticas con *dummy*.

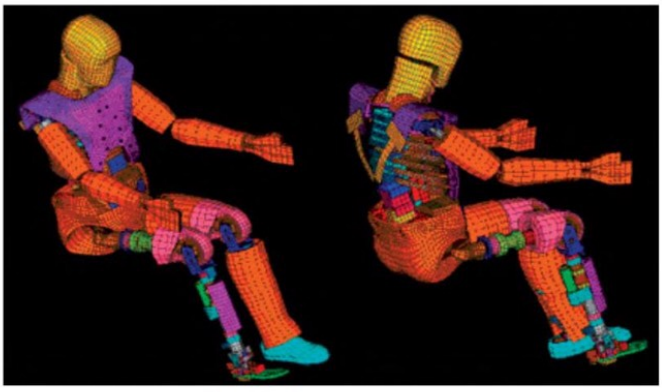


Figura 2.104. *Dummy* digital.

Figura 2.105. Pruebas conjuntas con *dummies* y personas.

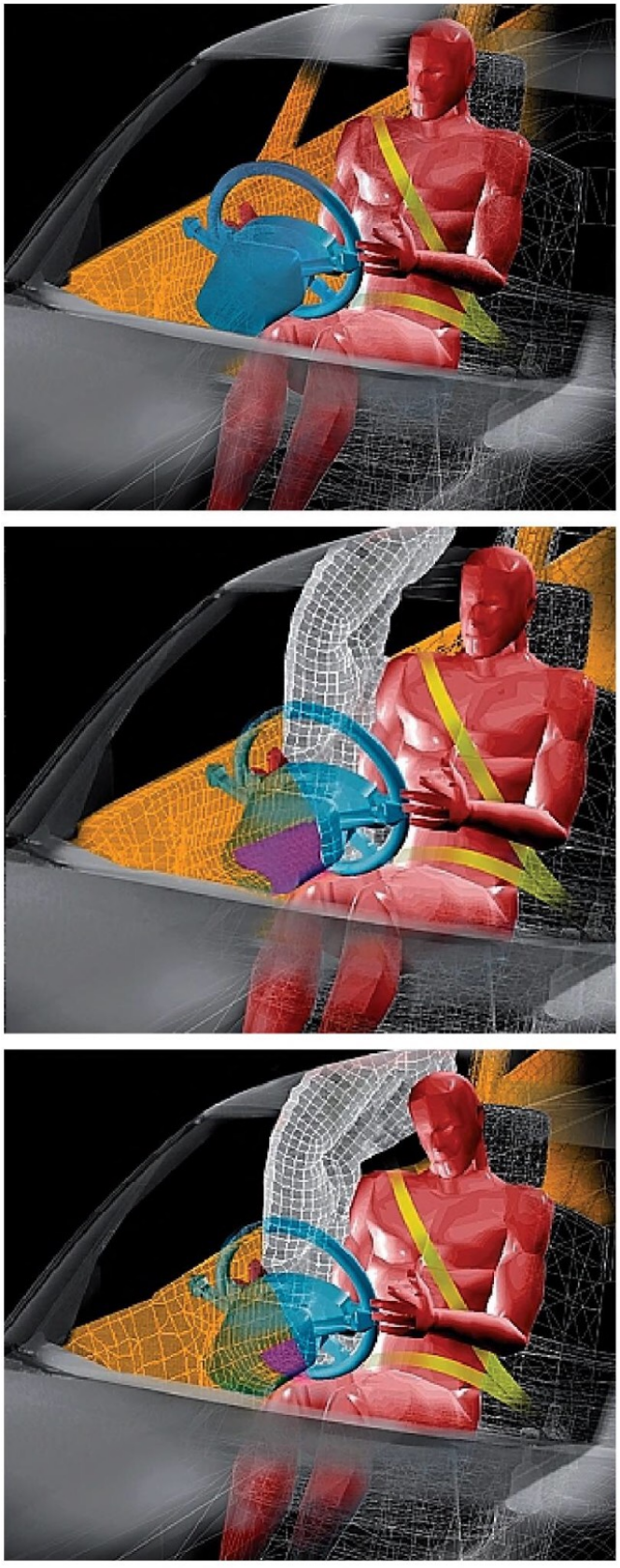


Figura 2.106. Simulación con "NUM".

© Ediciones Paraninfo

2.4.3. Las instalaciones para pruebas de *crash test*

Las pruebas de choque se realizan en instalaciones especiales (laboratorios) dotadas, entre otros, de los siguientes medios:

- Equipo de guiado del vehículo.
- Equipo de vídeo/fotografía.
- Equipo de iluminación.
- Equipos de impacto: muros, carretillas de impacto, plataformas de vuelco, etcétera.
- Cabina de mando.
- Cabina de medición.

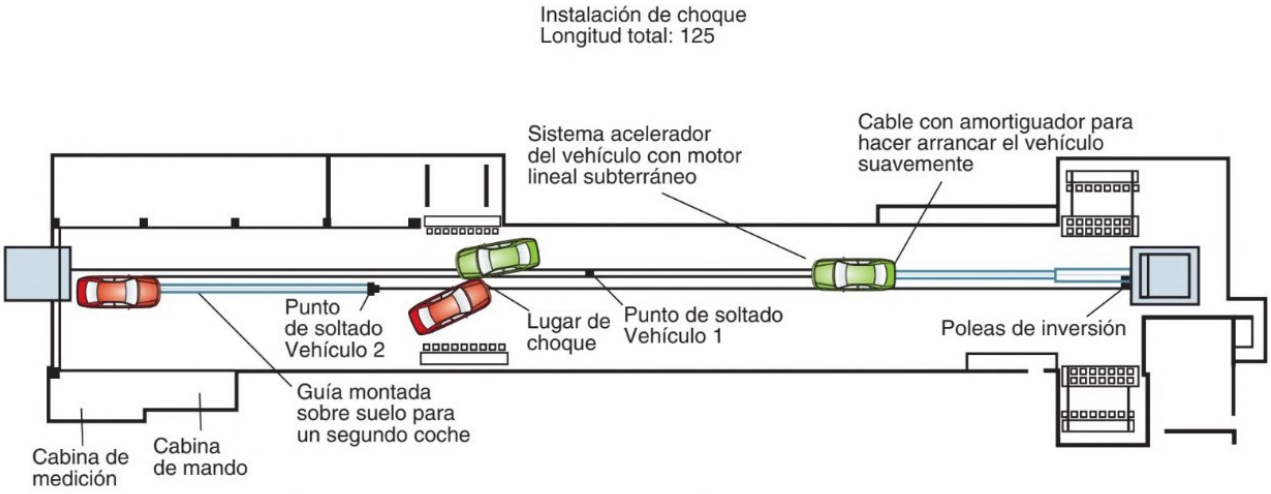


Figura 2.107. **Plano de la pista de lanzamiento de una instalación de *crash test*.**

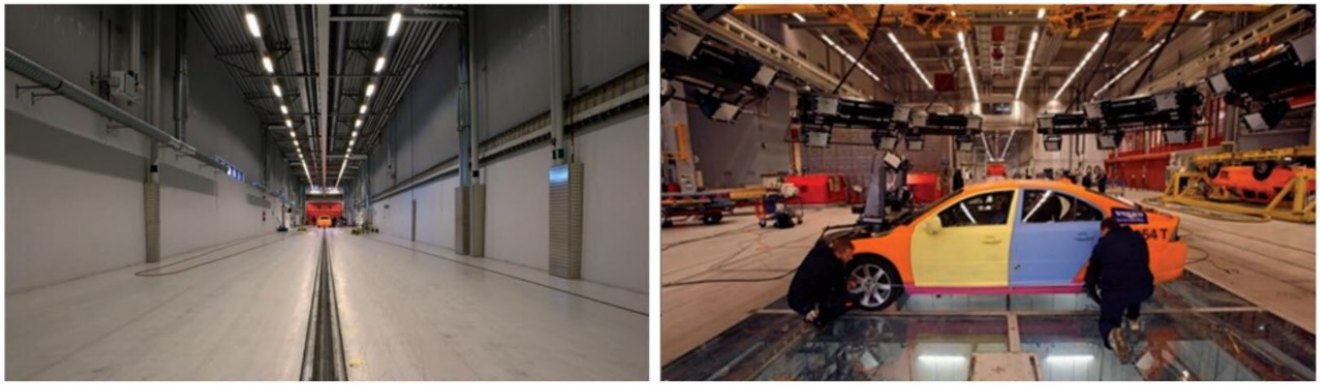


Figura 2.108. **Instalaciones de pruebas de *crash test*.**

La secuencia habitual del desarrollo de una prueba de choque consta de las siguientes fases:

1. Calibrar los maniquíes de prueba (*dummies*) y preparar su instrumentación.
2. Colocar sobre el maniquí los *targets* (o colorear) en zonas determinadas en función del tipo de análisis a realizar.
3. Instalar los elementos de medición y registro sobre el vehículo.
4. Ubicar los maniquíes en los asientos correspondientes, controlando minuciosamente su posición para poder registrar de forma correcta los movimientos efectuados durante la prueba.
5. Conectar el potente equipo de iluminación y colocar correctamente las cámaras rápidas del equipo de filmación, en función del tipo de choque.
6. Colocar el vehículo sobre la catapulta de lanzamiento o área de impacto (según la naturaleza de la prueba a realizar).
7. Fase de impacto.

Durante el impacto, que solo dura un instante (menos de un segundo), los maniquíes registran todos los daños que sufren en las diferentes partes del cuerpo, que en este caso se centrarán sobre todo en los datos de aceleraciones de la cabeza y el pecho, así como las fuerzas sobre los muslos. Durante la prueba todo queda grabado en vídeo y en una

© Ediciones Paraninfo

película fotográfica con extrema nitidez (a través de cámaras de alta velocidad de más de 1000 imágenes por segundo).

Después de la colisión, los expertos miden y examinan minuciosamente el estado final del vehículo; las mediciones de las aceleraciones, la lectura de las informaciones grabadas, y la observación de las películas a cámara lenta (imagen a imagen) permiten analizar exactamente el comportamiento a la deformación.

Según las normas europeas, un vehículo se considera seguro cuando a raíz de una colisión frontal, las posibilidades que tiene el conductor de sobrevivir sin costillas rotas y sin ninguna lesión interna, son superiores al 50 %.

Figura 2.109. Secuencia de *crash test*.

Figura 2.110. Observación directa de los resultados del *crash test*.

© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

Características constructivas de la carrocería

CUESTIONES

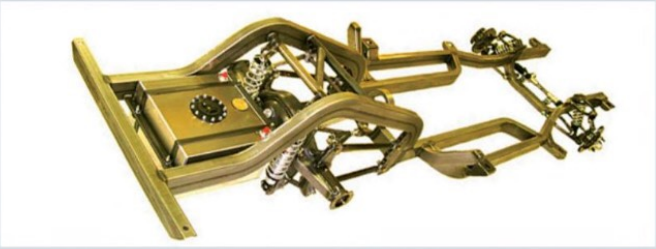
2.1. Indica los tipos de vehículos más habituales que suelen utilizar carrocerías y chasis separados.

2.2. Explica brevemente las diferencias más notables entre una carrocería del tipo "plataforma-chasis" y una carrocería "autoportante".

2.3. El sistema de construcción de carrocerías que aporta una elevada rigidez para soportar grandes esfuerzos estáticos y dinámicos es:

- Carrocería autoportante.
- Carrocería con plataforma-chasis.
- Carrocería y chasis separados.
- Carrocería monocasco.

2.4. Indica la denominación habitual del bastidor de la figura.



2.5. El tipo de bastidor cuya estructura forma una caja de torsión que en caso de impacto absorbe una gran cantidad de la energía generada es el:

- Perimétrico.
- Tubular.
- De columna.
- En escalera

2.6. Indica las ventajas más importantes de las carrocerías autoportantes.

2.7. ¿Qué se entiende como elementos estructurales de una carrocería?

2.8. Indica las ventajas más importantes que aporta la utilización de subchasis.

2.9. Enumera los cuatro esfuerzos estructurales más habituales que suelen soportar las carrocerías.

2.10. De los esfuerzos anteriores, ¿cuál de ellos está provocado por el desplazamiento vertical de los ejes cuando el firme es irregular?

2.11. Indica las ventajas que aportan a una carrocería unos elevados valores de rigidez torsional y de flexión.

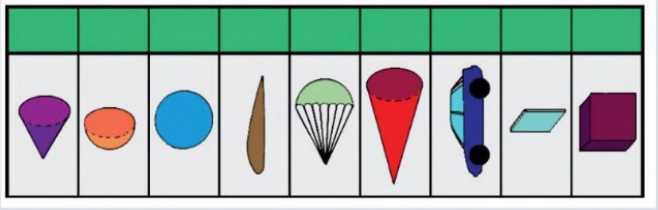
2.12. Aplicando el cálculo de la energía cinética, un vehículo igual a otro (del mismo peso), pero que se desplace al triple de velocidad, tendrá una energía cinética:

- Dos veces mayor.
- Cuatro veces mayor.
- Nueve veces mayor.
- Seis veces mayor

2.13. Indica qué miden los siguientes coeficientes aerodinámicos:

- C_x.
- C_z.
- C_y.

2.14. Ordena las figuras siguientes según su C_x aproximado (en orden creciente).



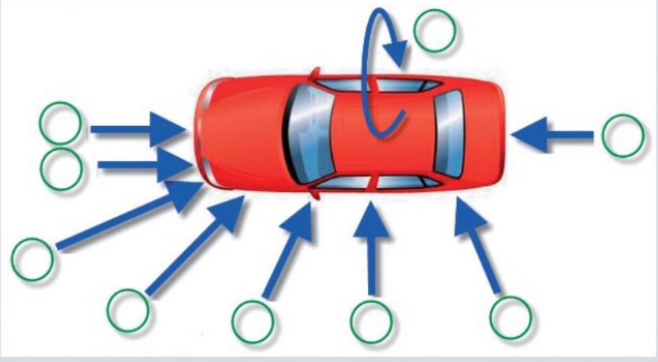
2.15. Explica cuál es la causa más frecuente que origina el empuje ascensional sobre el vehículo.

2.16. Indica cuáles son las partes del vehículo a las que más atención se dedica en la fase de diseño para conseguir un buen comportamiento aerodinámico.

2.17. Enumera los objetivos generales que se pretende conseguir con la realización de pruebas de impacto (*crash test*).

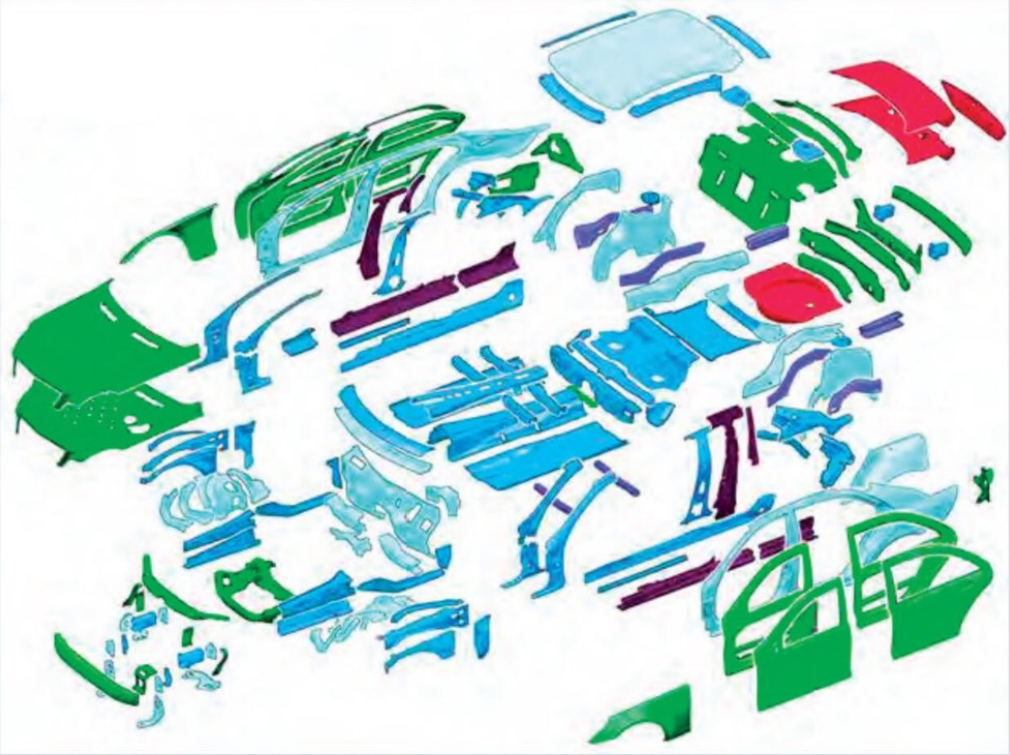
2.18. Resume las características más importantes en la realización de los *crash test* laterales.

2.19. Ordena (del 1 al 9) la siguiente figura en función de las estadísticas de choques más habituales.



© Ediciones Paraninfo

2.20. Identifica con su denominación habitual los componentes de la siguiente figura:



© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES PROPUESTAS

2.1. Utilizando una carrocería lo más desnuda posible, identifica los siguientes elementos:

- Largueros delanteros.
- Largueros traseros.
- Largueros de techo.
- Estribos.
- Columnas A, B, C.
- Traviesas de asientos.
- Fijaciones del cinturón de seguridad.
- Panel salpicadero.
- Panel trasero.

2.2. Compara los vehículos de prácticas disponibles, teniendo en cuenta el comportamiento aerodinámico ideal de cada zona del vehículo. Determina cuál de todos ellos manifiesta una forma aerodinámica más eficaz.

2.3. Analiza el posible comportamiento de un vehículo dado, en función de los aditamentos aerodinámicos instalados.

2.4. En caso de poder observar dos vehículos que hayan sufrido dos golpes o colisiones similares, analiza el grado de afectación en cada uno de ellos y determina cuál de los dos ha tenido un mejor comportamiento en cuanto a protección de ocupantes se refiere.

2.5. Tomando como ejemplo el choque contra un obstáculo fijo, indica qué vehículo será más seguro para los ocupantes comparando los siguientes supuestos:

- Dos vehículos de igual tamaño y estructura, pero de diferente peso.
- Dos vehículos de la misma estructura y peso pero de diferente tamaño.
- Dos vehículos, uno de estructura más rígida que el otro.

2.6. En el caso de un vehículo de estructura muy rígida que choca contra otro vehículo con estructura más blanda (incluyendo también los supuestos de diferencia de peso en ambos casos), ¿qué vehículo ofrece más protección?

2.7. Mediante el acceso a internet, localiza diferentes tipos de bastidores tubulares, determinando las principales características constructivas en cada caso.

2.8. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre pruebas de impacto (*crash test*), observando tanto las condiciones de realización de las pruebas como los resultados finales.

2.9. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre la utilización de *dummies* en pruebas de impacto (*crash test*), observando cómo desarrollan su función y la información que transmiten.

2.10. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre ensayos aerodinámicos en túneles de viento, observando tanto las condiciones de realización de los ensayos como los resultados obtenidos.

© Ediciones Paraninfo

Materiales utilizados en la fabricación de carrocerías

Unidad 3

CONTENIDOS

Introducción

3.1 Materiales metálicos. Características

3.2 Materiales férreos

3.3 El acero en la fabricación de carrocerías

3.4 Aleaciones ligeras. El aluminio

3.5 Aleaciones ultraligeras. El magnesio

3.6 Plástico

3.7 Nuevos materiales

3.8 Tendencias en el uso de materiales

Cuestiones

Actividades propuestas

OBJETIVOS

- Conocer los distintos tipos de materiales que se utilizan en la construcción de carrocerías.
- Conocer los distintos tipos de aceros que se utilizan en la construcción de carrocerías y sus características diferenciales.
- Conocer los distintos tipos de recubrimiento del acero.
- Comparar las características constructivas de los vehículos fabricados con acero y con aluminio.
- Conocer las características de las carrocerías que incorporan componentes fabricados con materiales plásticos.
- Determinar la influencia del tipo de material en el comportamiento y las características de la carrocería de un vehículo.

Introducción

En los últimos años, se han introducido en el sector del automóvil una serie de innovaciones tecnológicas que han dado como resultado un nuevo concepto del automóvil a nivel de: prestaciones mecánicas, aumento de la confortabilidad, aumento de la seguridad activa y pasiva, reducción de peso, reducción de consumo, reducción de emisiones de gases contaminantes, etcétera.

Unos de los factores que más decisivamente han contribuido a la consecución de tales niveles en el desarrollo de aplicaciones han sido los avances conseguidos en el campo de la metalografía. Las evoluciones en esta materia han posibilitado un notable cambio en el diseño y fabricación de carrocerías, al conseguirse unos materiales más resistentes y ligeros mediante la incorporación de materiales vanguardistas, la adopción de nuevos procesos de producción, y las mejoras de algunas aleaciones, tratamientos térmicos, superficiales, etcétera.

La aparición de materiales de vanguardia permite fabricar conjuntos muy resistentes y ligeros con los que se consigue uno de los objetivos fundamentales de los constructores como es la reducción de peso sin penalizar la seguridad estructural del vehículo.

Las elevadas solicitaciones a que está sometida la carrocería hacen necesaria la utilización de materiales que presenten unas propiedades físicas, químicas y mecánicas muy definidas.

La resistencia y capacidad de absorción de energía de una carrocería dependen, fundamentalmente, de los materiales con los que se fabrique, de su espesor (aproximadamente de 0,5 a 3 milímetros dependiendo directamente del esfuerzo que vaya a soportar la pieza), y su forma (más o menos compleja), que marcará su capacidad para soportar cargas.

Otro factor a tener en cuenta, desde el punto de vista de la seguridad, es la ligereza del material y su capacidad de deformación, pues cuanto menor sea la masa de la carrocería, menor será la energía a disipar para una velocidad dada.

En la mayoría de los casos, la carrocería de los automóviles está fabricada fundamentalmente con acero (aleado con distintos elementos) mediante la soldadura de piezas estampadas. El principal inconveniente del acero es su alta densidad, lo que lo convierte en uno de los materiales con función estructural más pesados. Sin embargo, sus excelentes características mecánicas y su menor coste de producción, unido a un meticuloso diseño de la estructura y a unos eficaces procesos de fabricación de las carrocerías, lo siguen manteniendo como el material por excelencia en el sector del automóvil.

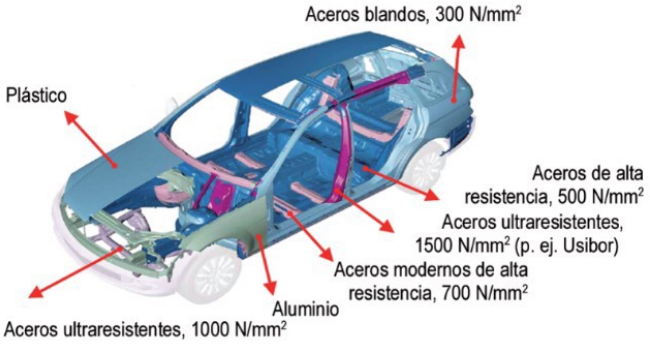
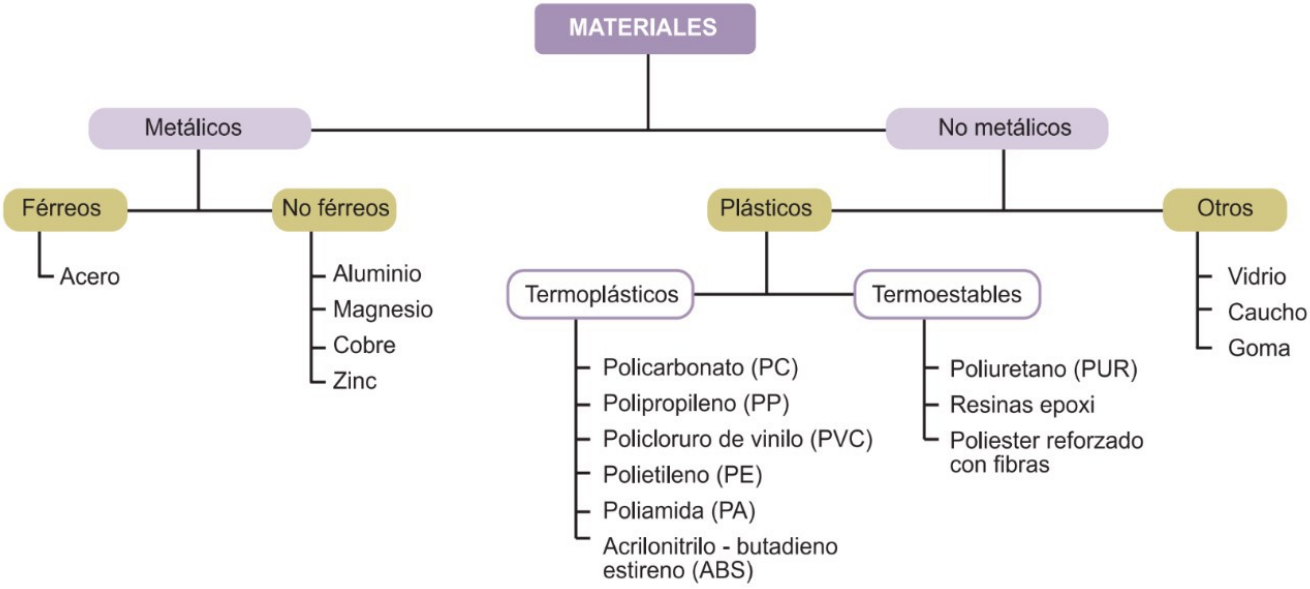


Figura 3.1. Ejemplo de carrocería fabricada con diferentes materiales.

Los materiales más utilizados en la construcción de carrocerías, son:



© Ediciones Paraninfo

La proporción en peso de los principales materiales utilizados se encuentra generalmente en la relación que muestra el gráfico de la Figura 3.2.

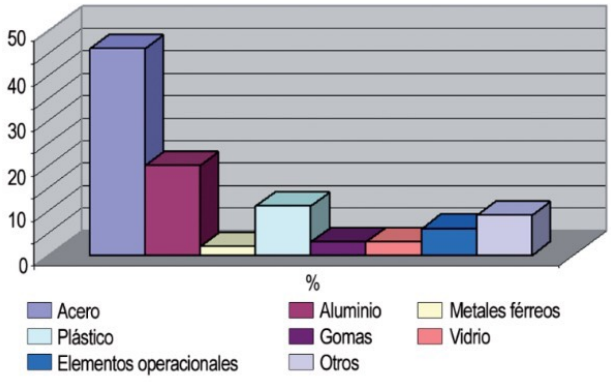


Figura 3.2. **Ejemplo de materiales empleados en la fabricación de una carrocería.**

3.1. Materiales metálicos. Características

3.1.1. Grupos de materiales

Los materiales metálicos puros no se utilizan en la fabricación de piezas y conjuntos porque sus propiedades son poco significativas. Para mejorar las propiedades mecánicas de ciertos metales puros, se fabrican las aleaciones, que son mezclas de dos o más metales puros.

El hecho de que los materiales que tienen al hierro como elemento principal sean los más empleados, ha llevado a distinguir dos grandes familias entre los materiales metálicos: los metales férreos y los metales no férreos.

Los metales férreos son cuerpos metálicos que contienen hierro como elemento principal y carbono en proporciones variables. Según el porcentaje de carbono, se distinguen: el hierro, el acero y las fundiciones. Por el contrario, los metales no férreos no incorporan hierro en su composición, siendo los más significativos: aluminio, magnesio, cobre, plomo, estaño, cinc, níquel y titanio.

Para poder determinar la influencia de un material en los procesos de reparación, es necesario conocer la estructura, las propiedades y características que posee en función a los ensayos a los que ha sido sometido.

3.1.2. Estructura de los metales

Los metales están formados por agrupaciones de átomos unidos entre sí mediante enlaces metálicos. Los átomos se encuentran formando una red geométrica denominada red cristalina, en la que cada uno de ellos ocupa un vértice de la red. La disposición ordenada y geométrica en el espacio de los átomos constituye una estructura. La estructura está íntimamente ligada con el comportamiento de un metal, por lo que es necesario realizar un estudio de la misma. Para ello, hay que considerar dos tipos de estructuras: la cristalina y la granular.

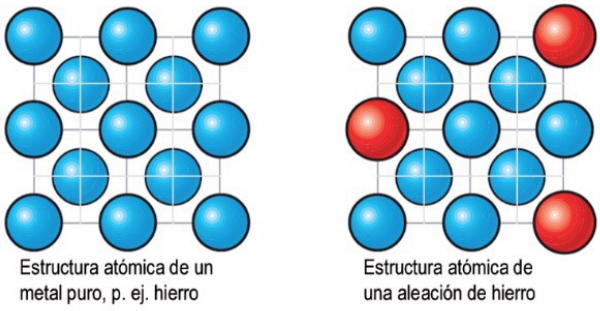


Figura 3.3. **Estructura cristalina del hierro y de una aleación.**

Estructura cristalina

En este tipo de estructura los átomos están ordenados en el espacio según una red geométrica constituida por repetición de un elemento básico llamado *cristal*. Las distintas formas posibles de ordenar los átomos en el espacio constituyen redes espaciales diferentes. La mayor parte de los metales cristalizan en las redes siguientes: cúbica centrada, cúbica centrada en las caras y hexagonal compacta.

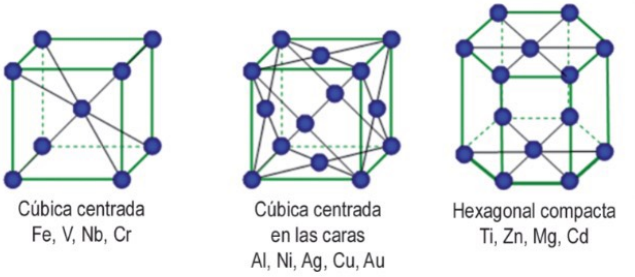


Figura 3.4. **Ejemplos de redes geométricas de cristalización de los metales.**

Este tipo de estructura determina las propiedades del metal. Entre otras, el hecho de que la unión entre los átomos sea muy fuerte justifica su gran resistencia, y la posibilidad que tienen los átomos de ocupar otras posiciones estables en la red al ser desplazados por una fuerza exterior, explica la formación plástica.

Estructura granular

La agrupación de cristales forma los granos. Los granos aparecen al solidificarse un metal que se encuentra en estado líquido. Cuando se trata de un metal puro, como to-

© Ediciones Paraninfo

dos los átomos son iguales, los granos son de la misma naturaleza. En cambio, en las aleaciones, como se mezclan átomos de los diferentes elementos aleados, pueden existir granos distintos. El tamaño y la disposición de los granos constituye la estructura del metal (granular). Esta estructura tiene una gran importancia, ya que las propiedades de un metal (sobre todo las mecánicas) dependen en gran medida de ella.

Los granos también se denominan constituyentes de un metal (un metal puro tendrá un solo constituyente). Los granos son de forma irregular y su tamaño oscila entre 0,02 y 0,2 mm. El número de granos y su tamaño dependen, principalmente:

- Del proceso de fabricación del metal.
- De los procesos térmicos a que se haya sometido el metal. Cuanto más rápido sea el enfriamiento, más fina será la estructura obtenida.

En líneas generales, cuanto mayor es el grano de que está constituido un metal, peores son sus propiedades mecánicas. Esto se debe a que los metales suelen contener una cierta cantidad de impurezas insolubles formadas por óxidos, silicatos, etc. Estas impurezas, bastante frágiles, se concentran formando capas que envuelven los granos y los separan unos de otros. Por ello, cuanto más pequeños sean los granos (cuanto más fina sea su estructura), tanto más duro y resistente será el metal.

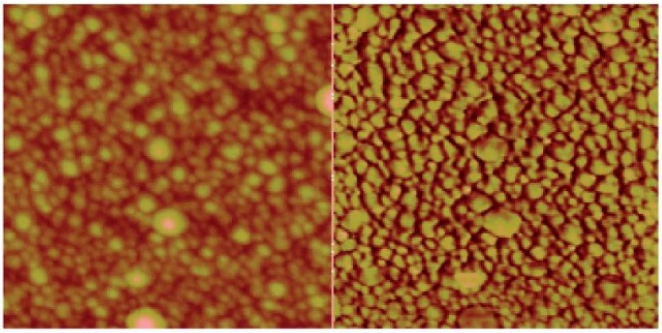


Figura 3.5. Estructura granular de un metal.

3.1.3. Propiedades generales de los metales

Las propiedades de los materiales constituyen un conjunto de características diferentes para cada cuerpo, que ponen de manifiesto cualidades intrínsecas de los mismos o su forma de responder a determinadas acciones exteriores.

Las características de los metales son unas veces cualidades, otras defectos y en algunos casos solo constantes físicas. Asimismo, las propiedades mecánicas y físicas de un material dependen de su microestructura.

Las principales propiedades de los materiales, de especial interés en el desarrollo de este tema, podemos agruparlas en:

- Propiedades físicas.
- Propiedades químicas.
- Propiedades mecánicas.

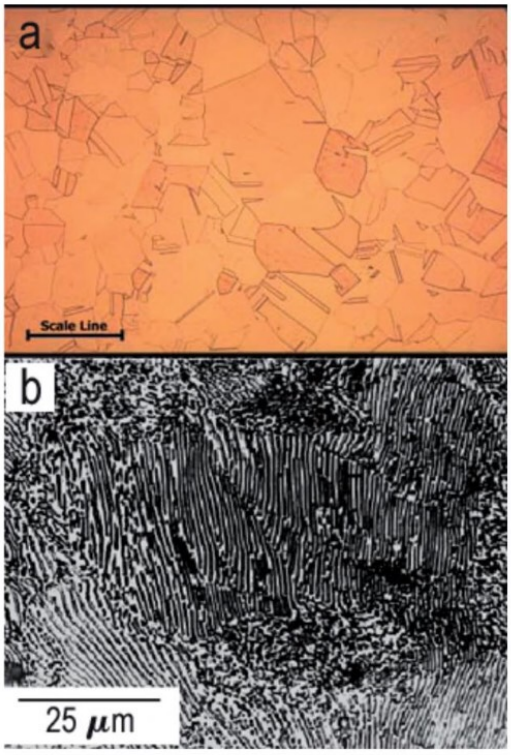


Figura 3.6. Diferentes microestructuras granulares: *a)* "Simple" en un metal puro. *b)* Más compleja, mezcla de distintas fases en una aleación.

Propiedades físicas

Dentro de este conjunto se incluyen tanto las propiedades básicas de la materia como otras que son consecuencia de la acción directa de agentes físicos exteriores. Algunas de las más importantes son:

- **Fusibilidad.** La fusibilidad es la propiedad que tienen los metales de licuarse (pasar del estado sólido al líquido) bajo la acción del calor. En esta propiedad se basan los trabajos de fundición para la obtención de piezas coladas.
- **Calor específico.** Indica la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de la unidad de masa de un cuerpo desde 0 hasta 1 °C. Se expresa en calorías-gramo. Su valor tiene gran importancia, porque permite conocer la cantidad de calor que se necesita aportar a una masa de metal para elevar su temperatura hasta la de transformación o de fusión.

© Ediciones Paraninfo

Dilatabilidad. Es la propiedad que poseen los cuerpos de aumentar su volumen por efecto del calor. Esta propiedad se suele expresar por el aumento unitario de longitud que sufre el metal al elevarse en un grado su temperatura, llamado coeficiente de dilatación lineal.

Material	Coeficiente de dilatación a 100 °C
Acero	12×10^{-6}
Acero inoxidable	16×10^{-6}
Aluminio	$23{,}6 \times 10^{-6}$
Zinc	$2{,}6 \times 10^{-5}$
Fundición gris	$10{,}5 \times 10^{-6}$
Latón	$1{,}8 \times 10^{-5}$
Cobre	$1{,}7 \times 10^{-5}$

Temperatura de fusión. Es una característica bien definida de los metales, que coincide con el cambio de estado (de sólido a líquido) que experimenta un metal al aumentar la temperatura de forma progresiva. El cuadro siguiente muestra las temperaturas típicas de fusión de algunos metales.

Material	Temperatura de fusión
Aluminio	660 °C
Cobre	1083 °C
Cromo	1875 °C
Estaño	232 °C
Hierro	1539 °C
Níquel	1453 °C
Plomo	327 °C

Conductividad térmica. Es una propiedad de los metales que les permite transmitir el calor a través de su masa.

Conductividad térmica (W/m°K)	Acero	Aluminio
	58	235

Conductividad eléctrica. Es una propiedad casi exclusiva de los metales y consiste en la facilidad que poseen de transmitir la corriente eléctrica a través de su masa. La inversa de la conductividad es la resistividad eléctrica.

Coeficiente de resistencia eléctrica (Ω mm^2/m)	Acero	Aluminio
	0,13	0,02655

Propiedades químicas

Las dos propiedades más importantes desde el punto de vista químico se refieren a la resistencia que oponen los materiales frente a las acciones químicas y atmosféricas; es decir, a la oxidación y la corrosión.

Oxidación. Es un fenómeno de combinación química del oxígeno con los elementos metálicos, que produce la corrosión o degradación del metal. Su efecto se acentúa al aumentar la temperatura. En algunos metales el proceso de oxidación no desemboca en corrosión, sino que, muy al contrario, genera una capa protectora a la misma. En estos casos, a medida que aumenta el espesor de la película de óxido, aumenta también la dificultad de difusión del proceso, hasta que al llegar a un determinado grueso se detiene y, por tanto, cesa también la oxidación. El espesor de óxido necesario para que se produzca una acción protectora depende y varía sustancialmente en función de la naturaleza del metal y de la temperatura a la que se encuentre.

Corrosión. Es el deterioro lento y progresivo de un metal debido a un agente exterior. La corrosión atmosférica es la producida por el efecto combinado del oxígeno del aire y la humedad, pero se da también la corrosión química producida por los ácidos y los álcalis. Existen diferentes tipos de corrosión, en función de cada uno de los cuales los efectos apreciados en los metales varían de forma notoria. En algunos casos el efecto de la corrosión provoca un adelgazamiento o disminución de espesor del metal; en otros casos, el metal queda picado y suele mostrar grandes rugosidades superficiales por la pérdida de masa. La corrosión puede afectar también a la cohesión de los granos constituyentes del metal, debilitando su resistencia de tal forma que a veces se rompen las piezas al menor esfuerzo, sin que exteriormente se observe ninguna alteración superficial (Figura 3.7).

Propiedades mecánicas

Tenacidad. Es la propiedad de los metales que les permite resistir a los esfuerzos de rotura o deformación. Da idea de la capacidad que tiene un metal de absorber energía antes de romperse. Dicho de otra forma, es la energía total que absorbe un material hasta romperse.

Elasticidad. Es la propiedad de los metales que les permite recuperar su forma original después de haber sido deformados y una vez que se suprime el esfuerzo que los deformaba (Figura 3.8). Algunos conceptos asociados son:

- *Límite elástico*. Es la fuerza máxima de deformación que puede aplicarse a un material sin originar una deformación permanente. En la práctica, es el valor de la carga que rebasa ligeramente la elasticidad, produciendo una deformación muy pequeña (0,2 %). La tabla siguiente muestra el valor del límite elástico de algunos metales (Figura 3.9).

© Ediciones Paraninfo

Figura 3.7. Procesos de oxidación y corrosión.

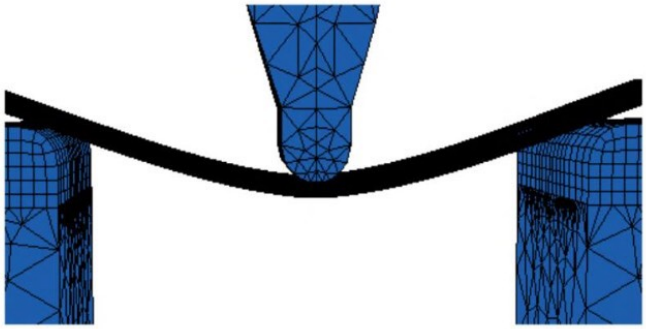


Figura 3.8. Elasticidad de un material.

Figura 3.9. El límite elástico de un muelle de suspensión suele ser de unos 1800 N/mm² aproximadamente.

Material	Aleaciones de aluminio	Hierro	Acero 0,15 % C	Acero 0,25 % C	Acero 0,45 % C	Acero inox. de muelles
Límite elástico	De 150 a 350 N/mm²	200 N/mm²	280 N/mm²	300 N/mm²	400 N/mm²	De 1500 a 2000 N/mm²

• *Módulo de elasticidad*. Cuando una muestra se somete a un esfuerzo de tracción, sufre un alargamiento. La relación entre la tensión aplicada y el alargamiento producido, con relación a la longitud primitiva, permanece constante para un mismo material y se denomina módulo de elasticidad.

© Ediciones Paraninfo

• *Alargamiento de rotura*. Es el alargamiento máximo, sin rotura, que se puede dar por tracción a un material. Se expresa en porcentaje sobre la longitud inicial de la pieza.

Alargamiento (%)	Acero	Aluminio
	31	11

Plasticidad. Se define como la capacidad que tienen los materiales de adquirir deformaciones permanentes. Sus propiedades más importantes son:

• *Maleabilidad*. Es la propiedad que poseen ciertos metales de dejarse reducir en forma de láminas mediante esfuerzos de compresión. En esta propiedad se basan los trabajos de laminado, que permiten obtener las chapas de metal utilizadas corrientemente en la industria. La maleabilidad permite también los trabajos de forjado y embutido.

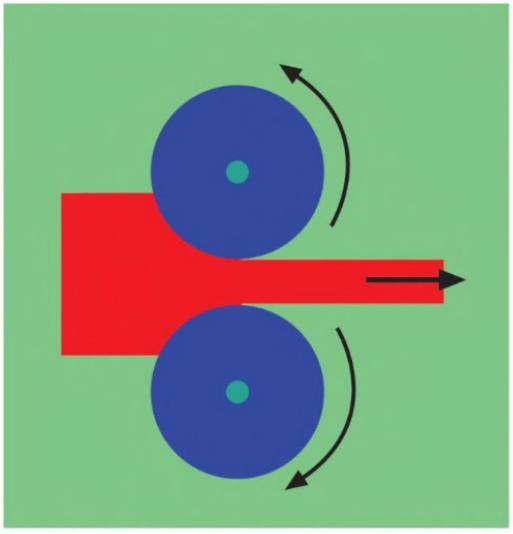


Figura 3.10. Proceso de laminado.

• *Ductilidad*. Es la propiedad que poseen algunos metales de dejarse estirar mediante esfuerzos de tracción. Es la base de los trabajos de trefilado (reducción de un metal a alambre o hilo).

Fatiga. Cuando un metal se somete a esfuerzos de magnitud y sentido variables, puede romperse aplicando cargas muy inferiores a su resistencia a la rotura normal para un esfuerzo de tensión constante. A este aparente desfallecimiento de los metales cuando están sometidos a esfuerzos de magnitud diferente se le denomina fatiga de los metales. Uno de los conceptos asociados más importantes es la *resistencia a la fatiga*, que se define como la carga que un metal sometido a esfuerzos repetidos puede soportar indefinidamente sin romperse.

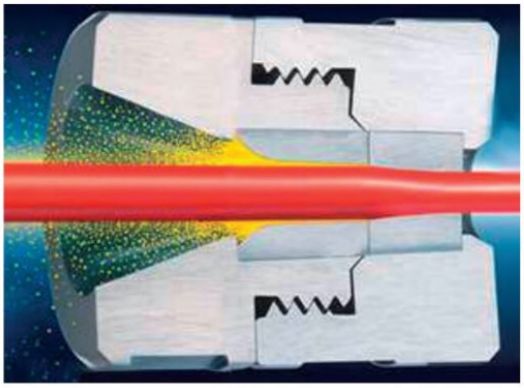


Figura 3.11. Proceso de trefilado.

Resistencia a la rotura. Se denomina así a la carga a partir de la cual se produce un período de rápido estiramiento de la muestra con una sensible reducción de su sección hasta que se produce la rotura bajo un esfuerzo menor que la tensión antes citada. Dicho de otra forma, es la carga máxima, por unidad de superficie (N/mm^2), que un material es capaz de soportar sin romperse.

Resistencia a la tracción (N/mm^2)	Acero	Aluminio
	380	120

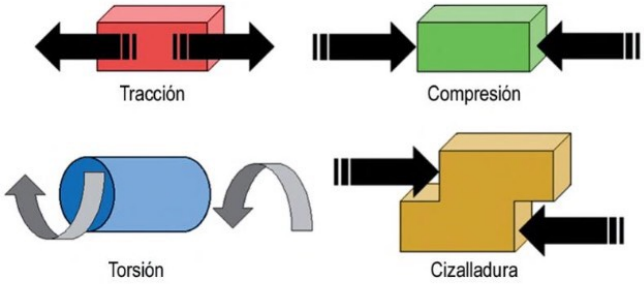


Figura 3.12. Diferentes tipos de esfuerzos de rotura.

Estricción. Es la propiedad que tienen los metales de oponerse a la reducción de su sección cuando están sometidos a una carga de tracción.

Dureza. Es una propiedad que tienen los metales que define la resistencia que oponen a ser penetrados por otros cuya forma y dimensiones se encuentran debidamente normalizadas. Se entiende, asimismo, como la resistencia que opone un cuerpo a ser rayado por otro. También da idea de la resistencia de un material a una deformación permanente (Figura 3.13).

Dureza (HB)	Acero	Aluminio
	62	15

© Ediciones Paraninfo

Figura 3.13. El diamante es el mineral natural más duro.

- **Fragilidad.** Es la propiedad de los metales de romperse más o menos fácilmente bajo la acción de un choque. Un material frágil es aquel que se rompe al rebasar el límite elástico sin apenas experimentar deformación plástica alguna.
- **Resiliencia.** Define la resistencia que opone un cuerpo a la ruptura por choque o percusión. Es la propiedad inversa a la fragilidad, es decir, un metal resiliente no es frágil. Da idea de la energía que es capaz de absorber el material al romperse mediante un solo golpe.
- **Fluencia.** Es la propiedad que tienen algunos metales de deformarse lenta y espontáneamente bajo la acción de su propio peso o de cargas muy pequeñas. En general, esta característica aparece con más intensidad en los metales con temperaturas de fusión baja, como el plomo.
- **Maquinabilidad.** Con esta denominación se agrupan varias propiedades, como: velocidad a la que puede mecanizarse el material al someterle a trabajos con máquinas, clase de viruta producida, capacidad de desgaste por herramienta y tipo de acabado superficial que puede obtenerse.

3.1.4. Mejora de las cualidades de un metal

Gran parte de las aplicaciones habituales de los metales exigen una serie de características que obligan a mejorar las cualidades y propiedades naturales de los mismos. Estas mejoras se consiguen sometiendo a los metales a tratamientos térmicos que permiten modificar sus características mecánicas, o incorporándoles elementos de adicción (aleaciones) para mejorar o conseguir ciertas cualidades.

Aleaciones

Se denomina aleación a la unión de un metal con otros metales o metaloides conservando, en estado sólido, sus propiedades metálicas.

Figura 3.14. Estructura de una aleación níquel-tungsteno. Los cristales azules están hechos sobre todo de níquel, mientras que las regiones rojas están hechas mayormente de tungsteno.

Los metales se alean con otros para conseguir un conjunto de características muy difíciles de encontrar en los metales puros, los cuales no tienen una utilización industrial salvo en casos muy específicos.

En general, en toda aleación se pueden apreciar dos elementos: el elemento predominante o de base, que es el que está en mayor proporción y determina las principales propiedades de la misma, y los elementos aleantes, que modifican, complementan o acentúan dichas propiedades.

Para obtener una aleación, se funden al mismo tiempo el metal base y los elementos aleantes y a continuación se los deja enfriar y solidificar.

Clasificación de las aleaciones

Existen diferentes criterios a la hora de clasificar las aleaciones. Entre los más habituales se encuentran:

- Según el número de elementos que componen las aleaciones. En función de ello, estas se denominarán *binarias* (dos), *ternarias* (tres), etc. Existen aleaciones que contienen hasta seis o siete elementos (como los aceros rápidos con Fe, C, Co, W, Cr, V, Mo).
- Según la naturaleza de sus componentes. Con este criterio se pueden clasificar como sigue:

  - *Aleaciones férreas*. Las que tienen el hierro como elemento principal.
  - *Aleaciones no férreas*. Aquellas cuyo elemento principal no es el hierro.
  - *Aleaciones pesadas*. Contienen principalmente metales pesados (cuyo peso específico es mayor que 7) como el cobre, estaño, cinc, níquel, plomo, etc.
  - *Aleaciones ligeras*. Se denominan así a las aleaciones que tienen como elemento base el aluminio.

© Ediciones Paraninfo

- *Aleaciones ultraligeras*. Son las que tienen como elemento base el magnesio.

3.1.5. Conformado de metales

Los procesos de conformado son técnicas utilizadas para dar a los objetos una forma o contornos sin añadir o separar materiales. De hecho, para utilizar los metales es necesario darles una forma que se adapte al uso que va a tener la pieza. Algunos de estos procesos se realizan en caliente y otros en frío, según el espesor del metal y de su temperatura adecuada de trabajo.

Entre las operaciones de conformado más comunes pueden citarse:

Fundición. En este proceso el conformado se consigue vertiendo metal fundido en una cavidad hueca y dejándolo enfriar (endurecer) en su interior. Así el líquido llena la cavidad del molde y adquiere su forma en una sola operación. Con este método se fabrican la mayor parte de las piezas del motor y de la transmisión. Los moldes en que se cuelan las piezas se pueden hacer con una arena especial o pueden ser metálicos. El sistema es tan perfecto que permite la reproducción de pequeños detalles sobre la superficie de la pieza.

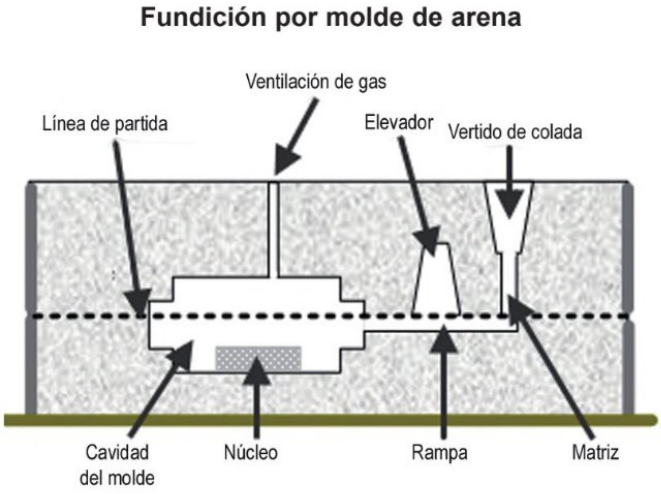


Figura 3.15. Proceso de fundición.

Una forma especial de fusión es la **sinterización**, que a diferencia de la fusión convencional, lo que se introduce en el molde no es metal líquido sino polvo. La sinterización tiene la ventaja de permitir controlar más el proceso previo a la fusión y con ello la calidad y peso de la pieza. Como inconveniente, requiere un proceso previo más largo e impide realizar la aleación de los metales en el mismo momento de fabricar la pieza.

Flexión. Mediante la flexión se somete a un metal a un esfuerzo o estiramiento a lo largo de un eje recto, de lo que resulta un producto de forma recta o lineal. En estas operaciones se incluyen algunas técnicas típicas como las realizadas en las plegadoras de barra, los rodillos de conformado o las máquinas curvadoras.

Prensado. El prensado es un proceso consistente en moldear una lámina metálica en varias direcciones al mismo tiempo, forzándola entre dos matrices. El prensado difiere de la flexión en que en una única operación moldea los materiales en varias direcciones. Para entenderlo basta con comparar la forma de una bandeja con la de una caja (Figura 3.17).

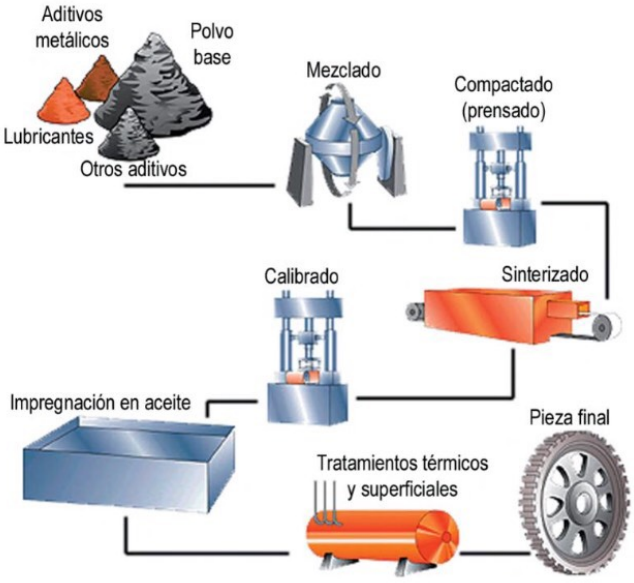


Figura 3.16. Proceso de sinterización.

© Ediciones Paraninfo

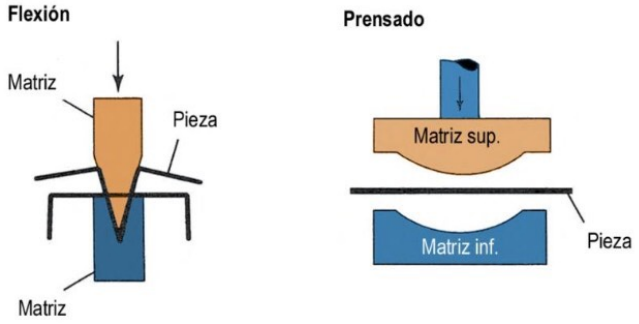


Figura 3.17. **Procesos de flexión y de prensado.**

Forja. Este proceso de conformado puede hacerse de dos formas distintas: forjado con prensa y forjado con martillo.

En el primer método, el conformado se consigue mediante una prensa de forjar martilleando o aplicando una presión constante sobre la pieza de trabajo, de esta forma el metal fluye plásticamente en la cavidad formada por la matriz, forzándolo así a adoptar su forma.

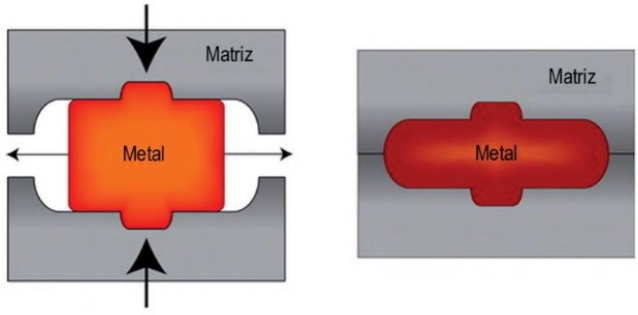


Figura 3.18. **Proceso de conformado por forja con prensa.**

El segundo método, el metal se calienta a una temperatura elevada y se moldea mediante la presión aplicada con un martillo mientras se apoya el metal sobre otra superficie (yunque) consiguiendo su deformación plástica.

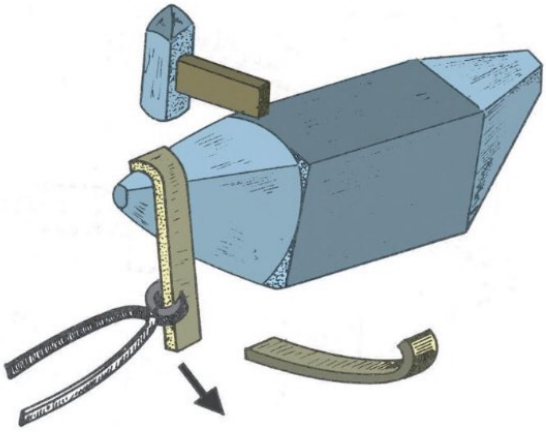


Figura 3.19. **Proceso de conformado por forja con martillo.**

Trefilado (estirado). El trefilado consiste en dar forma a una varilla o cinta metálica tirando de ella a través de un molde o matriz para reducirla a un hilo o para formar un tubo. Para lograr un hilo se requieren normalmente varias operaciones, en las que se reduce gradualmente el diámetro hasta el tamaño deseado.

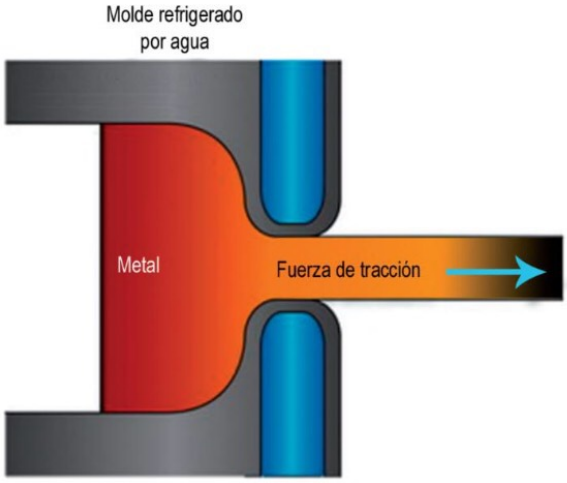


Figura 3.20. **Trefilado.**

Extrusión. La extrusión es una técnica que fuerza al metal a través de una matriz o abertura para darle una forma deseada de sección transversal. Al ser empujado con una fuerza de hasta 1200 toneladas, el metal adopta la forma de la matriz. Solo puede aplicarse determinadas aleaciones muy dúctiles, que posteriormente se tratan para que consigan la resistencia adecuada. Normalmente una pieza extruida es larga y hueca, o con un determinado perfil que no puede conseguirse mediante la estampación.

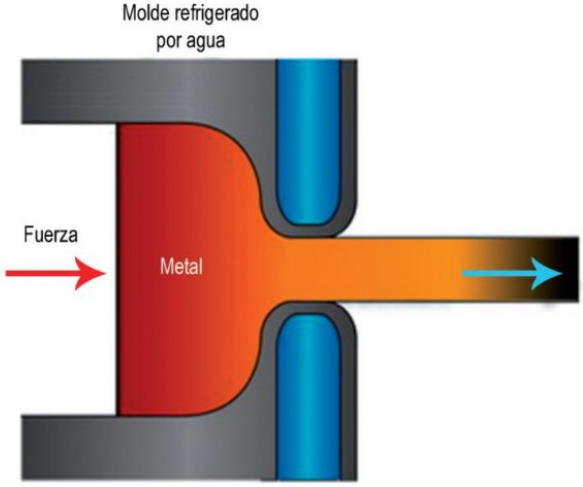


Figura 3.21. **Extrusión.**

© Ediciones Paraninfo

Laminado. El laminado es uno de los procesos más comunes en los métodos industriales de conformado en caliente. El laminado en caliente es principalmente una operación de desbastado. En su principal aplicación se destina a dar forma a grandes lingotes de metal basto para obtener un contorno fácil de trabajar. El laminado se realiza en grandes trenes de laminado en los que se comprime el metal entre dos rodillos giratorios que se encuentran a una distancia entre sí inferior al grosor inicial del metal sometido al proceso. Estos trenes de laminado pueden producir numerosas formas distintas: chapas, varillas redondas, barras planas y ángulos. Para la elaboración de chapa fina la laminación se realiza en frío.

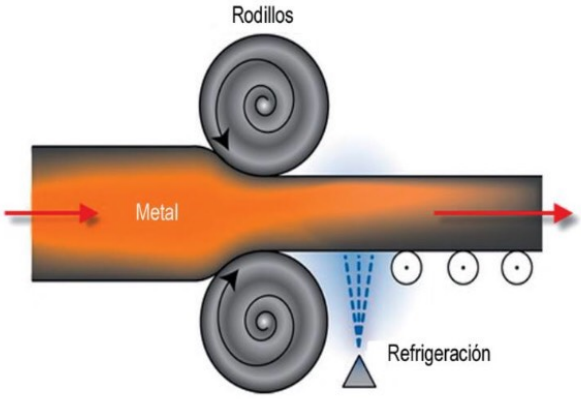


Figura 3.22. **Laminación.**

Estampación. Consiste en presionar entre dos moldes metálicos (estampas) un trozo de material a la temperatura adecuada, hasta que por deformación llena el hueco existente entre ellas, adoptando su forma. Durante el proceso, las dos estampas se presionan mediante una prensa muy potente.

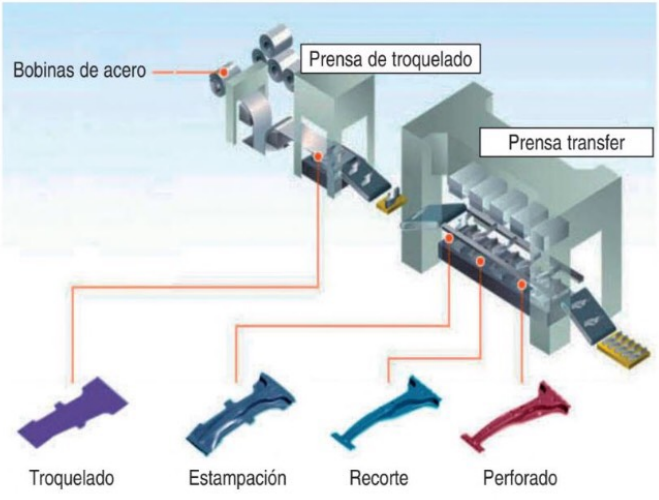


Figura 3.23. **Proceso de estampación.**

Troquelado. Consiste en obtener piezas mediante la presión que ejercen unos punzones sobre un molde o matriz. Los pliegos o láminas de chapa se intercalan entre el punzón y la matriz, produciéndose el corte mediante el esfuerzo de cizalla del punzón sobre la chapa. La forma del punzón, y consecuentemente de la matriz, determina la pieza obtenida.

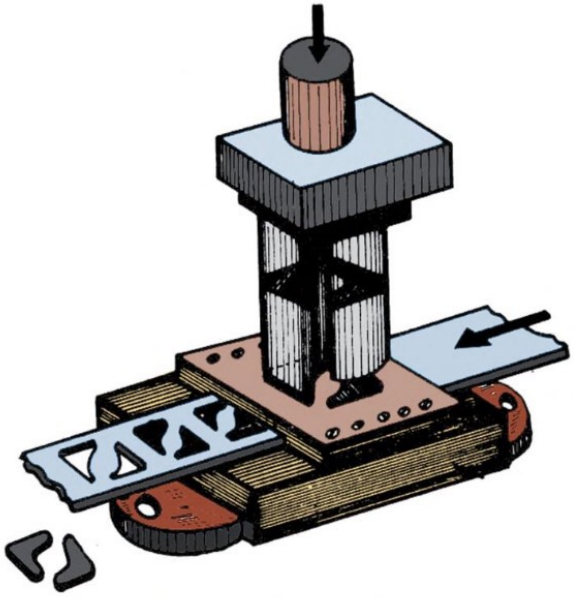


Figura 3.24. **Proceso de troquelado.**

Embutición. Es un procedimiento similar al anterior, pero en este caso, la compresión a que es sometida la chapa entre punzón y matriz, solo consigue que se deforme sin cortarla. Se utiliza para obtener cuerpos huecos en la chapa.

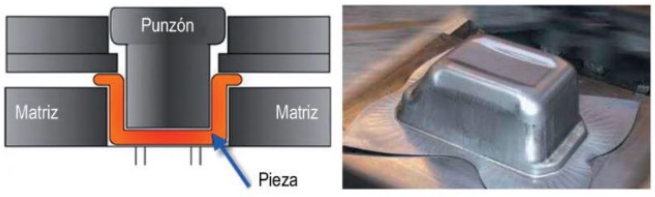


Figura 3.25. **Proceso de embutición.**

La profundidad origina un alargamiento que en el caso de los aceros empleados en la construcción de carrocerías y en función del tipo de embutición, viene a ser de:

- Embutición ordinaria: 30 %.
- Embutición profunda: 35 %.
- Embutición difícil: 45 %.

© Ediciones Paraninfo

Figura 3.26. Puerta de chapa embutida.

3.2. Materiales férreos

Son los que contienen hierro (Fe) como elemento principal y carbono (C) en proporciones variables. El contenido en carbono es el que clasifica y determina las propiedades de estos productos. Entre las aleaciones de hierro y carbono más importantes se encuentran:

- Aceros (aleaciones que contienen entre 0,1 y 1,7 % de carbono).
- Fundiciones (aleaciones que contienen entre 1,7 y 5 % de carbono).

La importancia en el uso generalizado del acero radica en el hecho de que admite gran cantidad de aleaciones y tratamientos que mejoran sus cualidades y propiedades, unido a la particularidad de poder conformarse mediante la mayoría de los procesos industriales actuales.

3.2.1. Materiales férreos. Hierro

Se denomina hierro a un producto siderúrgico cuya composición no contiene más elementos, o en caso de intervenir más elementos, estos solamente tienen carácter de impurezas. El hierro se denomina puro cuando la cantidad de impurezas es insignificante y, por tanto, todos los átomos son iguales y el grano es de la misma naturaleza.

Figura 3.27. Mineral de hierro.

Presenta un color blanco azulado, es dúctil y maleable, con una densidad de 7,87 g/cm^3 y con una temperatura de fusión de 1539 ºC, reblandeciéndose antes de llegar a esta temperatura, lo que permite forjarlo y moldearlo con facilidad. Es buen conductor del calor y de la electricidad, y se imanta fácilmente.

La denominación *hierro dulce* corresponde casi a hierro puro, que contiene solo cantidades mínimas de carbono (< 0,008 % de carbono). A menudo se utiliza en trabajos ornamentales. Sin embargo, rara vez se emplea en los talleres de mecanizado, por su elevado coste. El hierro dulce responde bien al forjado, se dobla con facilidad en frío o en caliente y puede someterse a soldadura.

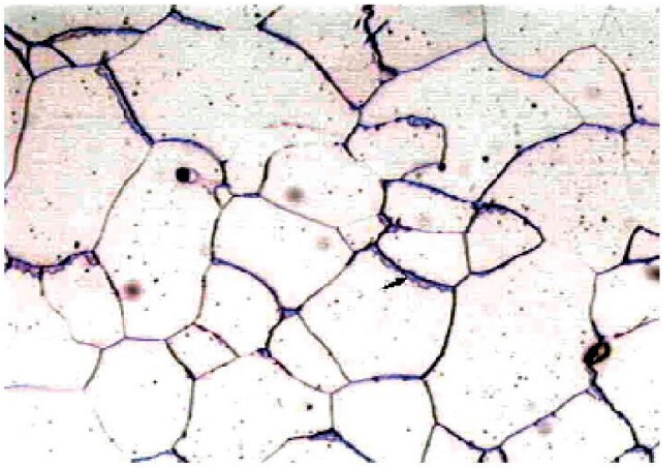


Figura 3.28. Microestructura del hierro dulce.

El hierro puro presenta varios estados alotrópicos (de estructura cristalina distinta) en la gama de temperaturas comprendidas desde la de fusión (1539 ºC) hasta la temperatura ambiente. Estas formas alotrópicas, son:

- **Hierro alfa (α).** Esta forma existe por debajo de 911 ºC. La máxima concentración que se obtiene es la de 0,008 % de carbono a la temperatura ordinaria y la de 0,025 % a 723 ºC, que es la temperatura a la que se alcanza

© Ediciones Paraninfo

la mayor saturación. Es magnético hasta los 768 ºC y deja de serlo entre los 768 y los 911 ºC (hierro beta β).

Hierro gamma (γ). Corresponde al estado alotrópico comprendido entre las temperaturas de 911 ºC y 1400 ºC. Puede disolver mayor cantidad de carbono (hasta un 2 % a 1130 ºC). Es más denso y dilatable que el hierro alfa, además de no ser magnético.

Hierro delta (δ). Corresponde al estado alotrópico comprendido entre los 1440 ºC y la temperatura de fusión 1539 ºC. Disuelve como el alfa poco carbono, alcanzando la máxima solubilidad a 1492 ºC (el 0,1 %). Es débilmente magnético.

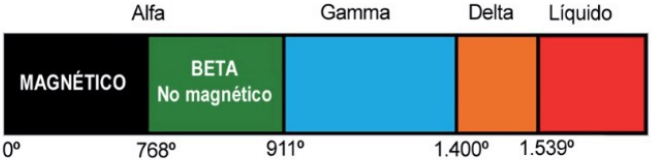


Figura 3.29. Estados alotrópicos de hierro.

Las temperaturas a las que tienen lugar los cambios estructurales de los diferentes estados alotrópicos se denominan *puntos críticos*.

Las modificaciones alotrópicas del hierro presentan diferencias en el sistema cristalino; a saber:

- Hierro alfa: cúbica centrada.
- Hierro beta: cúbica centrada.
- Hierro gamma: cúbica de caras centradas.
- Hierro delta: cúbica centrada.

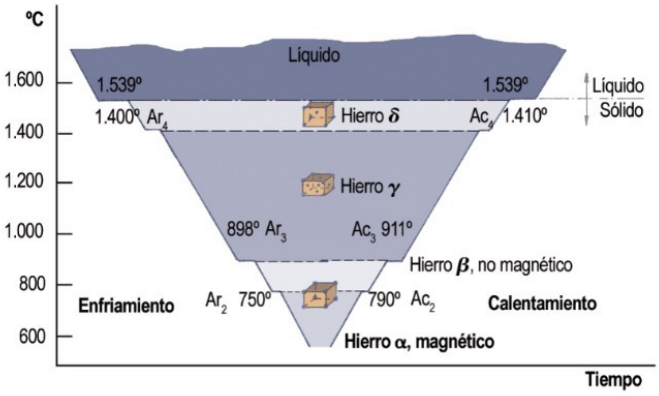


Figura 3.30. Puntos críticos de los estados alotrópicos.

3.2.2. Aleación hierro-carbono

El carbono es un metaloide* que suele presentarse en varias formas alotrópicas diferentes:

Diamante. Es el material más duro que se conoce. Industrialmente se utiliza para fabricar herramientas de corte o rayado.

Grafito. Al contrario que el diamante, el grafito es un material muy blando, untuoso y de color gris oscuro. Su estructura forma una especie de láminas que resbalan fácilmente entre sí en las fundiciones grises. En cambio, en las fundiciones maleables se presenta en forma de nódulos, y en forma esferoidal en algunas fundiciones especiales.

Carbono amorfo. Se denomina así al carbón simple, en el que los átomos se encuentran "desordenados" (sin formar una red cristalina).

En las aleaciones del hierro y el carbono suelen entrar también pequeñas cantidades de silicio, manganeso, azufre y fósforo. En estas aleaciones, el carbono unas veces está en forma de cementita (carburo de hierro), otras veces se encuentra disuelto en el hierro formando ferrita, austenita o martensita, y por último, se puede encontrar libre formando láminas o nódulos de grafito. Las aleaciones con alto contenido en carbono son muy duras y frágiles, por lo que no tienen ningún interés industrial. Por lo general, la dureza y la fragilidad de estas aleaciones aumentan con la cantidad de carbono, mientras que la ductilidad y la capacidad de deformación plástica disminuyen.

Principales constituyentes de las aleaciones hierro-carbono

Una vez solidificadas, las aleaciones dan lugar a la formación de constituyentes estructurales no homogéneos, porque en las mismas existen granos de distinta composición (en los metales puros todos los granos son de igual composición). A temperatura ambiente y en estado normal (sin haber sufrido tratamiento térmico alguno), los constituyentes fundamentales de las aleaciones hierro-carbono son: la ferrita, la cementita y la perlita.

Ferrita. Es uno de los principales constituyentes de los hierros y de los aceros, y debido a su bajo límite de solubilidad a temperatura ambiente (0,008 % de C), se pue-

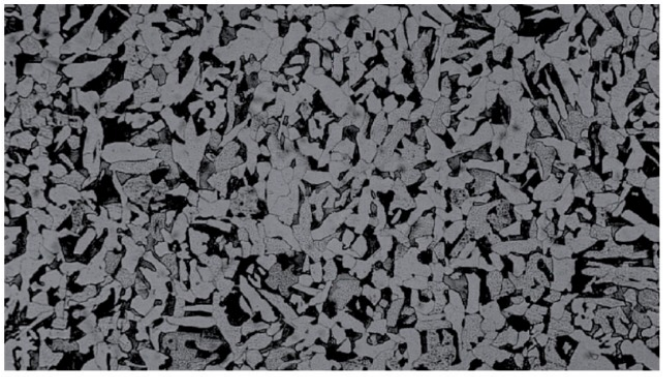


Figura 3.31. Microestructura de un acero al carbono A285 (0,18 C, 0,43 Mn, 0,009 P, 0,026 S). Ferrita (gris claro) y Perlita (gris oscuro).

* Los elementos metaloides son aquellos que presentan las características externas de un metal, pero pueden comportarse indistintamente como metal o como elemento no metálico.

© Ediciones Paraninfo

de considerar como hierro alfa puro. La *ferrita* es blanda, poco resistente, dúctil y magnética, perdiendo esta última propiedad a temperaturas superiores a 768 ºC.

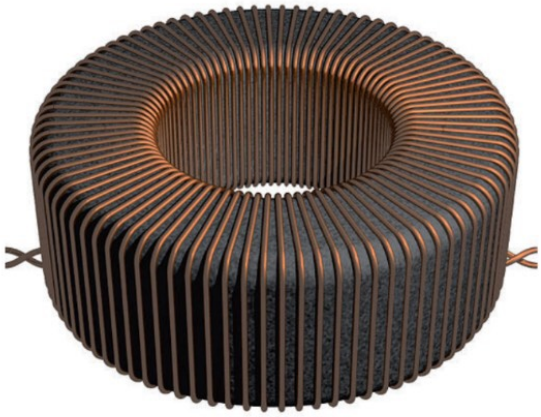


Figura 3.32. Transformador de ferrita.

Cementita. Es la denominación usual del carburo de hierro (Fe_3C). Forma el constituyente más duro y frágil de los aceros al carbono. Presenta una composición del 6,67 % de carbono y 93,3 % en hierro. Es magnética a temperatura ambiente, perdiendo esta propiedad en torno a los 210º.

Perlita. Es un constituyente eutectoide formado por 86,5 % de ferrita y 13,5 % de cementita. Tiene un 0,89 % de carbono y se presenta, generalmente, bajo forma laminar, alternando placas de cementita y ferrita. Es más dura y resistente que la ferrita, pero más blanda y maleable que la cementita.

Otros constituyentes

Austenita. Es una solución sólida de carbono en hierro gamma. Puede contener desde 0 a 1,7 % de carbono. Solo es estable a elevadas temperaturas (cuando el hierro se transforma en hierro γ).

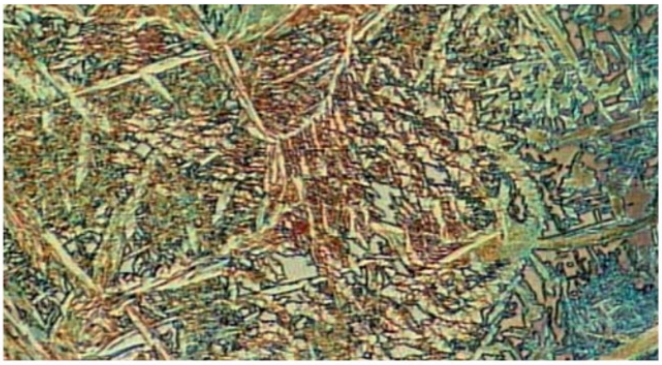


Figura 3.33. Austenita en la microestructura de un acero al carbono.

Es el componente más denso de los aceros, no es magnética, comienza a formarse a la temperatura de 723 ºC. Cuando se enfría muy rápidamente un acero de alto contenido en carbono desde la temperatura por encima de la crítica superior se obtiene austenita a temperatura ambiente; pero como es poco estable, con el tiempo se descompone, transformándose en perlita y ferrita, o en cementita y perlita.

La propiedad más importante es su gran plasticidad, por lo que se trabaja fácilmente (forja, estampación, etc.).

Martensita. Es el constituyente habitual de los aceros templados. Se obtiene mediante una transformación demasiado rápida de la austenita en hierro α, debido a un enfriamiento brusco, lo que origina la aparición de una estructura un tanto desordenada. Es un constituyente que presenta una gran dureza y resistencia, aunque es poco dúctil y maleable. Suele presentarse en forma de agujas.

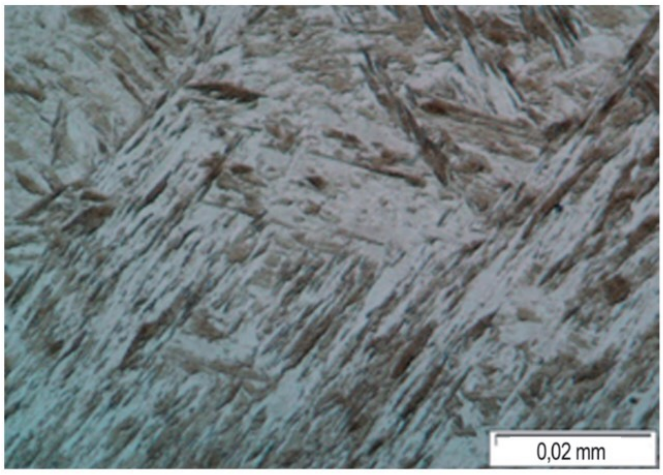


Figura 3.34. Martensita en la microestructura de un acero templado.

Ledeburita. Es una aleación eutéctica con un 35,5 % de Fe y un 64,5 % de Fe_3C. Es la que tiene el punto de fusión más bajo. Su principal característica es su gran fluidez. Sus propiedades mecánicas no son interesantes. Dado su alto contenido en carbono (4,3 %) no es un componente de los aceros sino de las fundiciones.

Además existen otros constituyentes como la troostita, sorbita, bainita, etcétera.

Mezclas eutécticas

En las aleaciones formadas por metales completamente solubles en estado líquido, pero insolubles en estado sólido, se puede observar que, para una proporción fija y determinada de los elementos que las componen, hay una estructura especial, denominada mezcla eutéctica. Esta aleación se caracteriza por:

- Estar formada por una composición fija para cada elemento.

© Ediciones Paraninfo

- Solidificarse a temperatura constante.
- Tener la temperatura de solidificación más baja entre todas las de las aleaciones que pueden formarse con los elementos que la constituyen.

Diagrama hierro-carbono

Como se ha visto anteriormente, el carbono se encuentra en los productos siderúrgicos en varias formas distintas: en disolución con el hierro gamma formando austenita, en menor proporción con hierro alfa formando ferrita, combinado con el hierro delta formando cementita, y en estado libre formando grafito.

El diagrama hierro-carbono representa el diagrama de fases para el acero y la fundición, en el cual se indican los constituyentes que existen a cualquier temperatura y para cualquier contenido en carbono cuando la aleación se enfría y calienta con la suficiente lentitud para que aquellos permanezcan en estado de equilibrio.

En la Figura 3.35, se muestra un diagrama Fe-C (simplificado), sobre el que podemos realizar ciertas consideraciones:

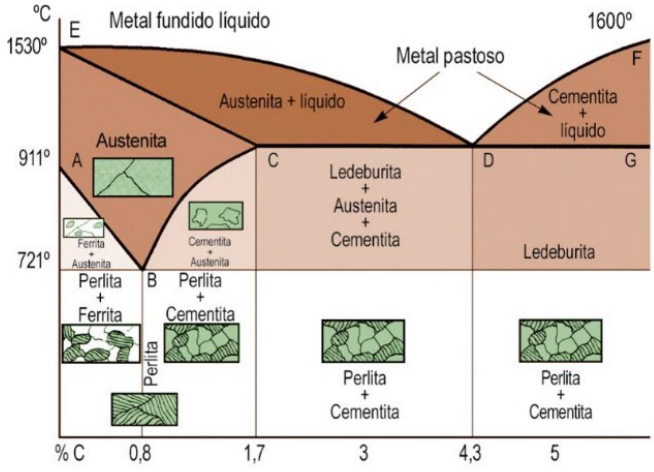


Figura 3.35. Diagrama hierro-carbono.

Como ya se mencionó anteriormente, el hierro α se transforma en hierro γ a 911 ºC. Esta temperatura de transformación no es constante, ya que varía según el porcentaje de carbono, tal como muestra el diagrama.

Por encima de la línea EDF, la aleación se encuentra en estado líquido, a partir de esta línea comienza la solidificación que llega hasta la línea ECDG, que marca la temperatura del final de la solidificación. En la zona ECBA la solución está constituida por cristales de austenita. Al enfriarse la solución por debajo de la línea AB y con contenidos de carbono inferiores a 0,8 %, se forma ferrita y austenita hasta el punto B, llamado eutectoide, el cual determina la temperatura de transformación de la austenita en una mezcla de perlita con cristales de ferrita.

Al enfriarse la solución hasta la línea BC, se forma austenita y cementita, formándose por debajo de los 721 ºC una aleación de perlita y cementita. El punto D determina una aleación de tipo eutéctico denominada ledeburita que al enfriarse hasta los 721 ºC, separa cristales de austenita y cementita, y bajando de esta temperatura, los separa de cementita y perlita.

Las aleaciones con un porcentaje de carbono superior al 5 %, no tienen aplicación industrial significativa.

3.2.3. Materiales férreos. El acero

Los aceros son aleaciones de hierro-carbono que contienen menos del 1,7 % de carbono. El acero es un metal de color gris azulado. Su rotura presenta granos regulares, de espesor diferente según la calidad:

- Grandes y brillantes en los aceros de poco contenido en carbono.
- Finos y apretados en los aceros de alto contenido en carbono.

El acero, es un material duro y elástico capaz de absorber impactos y que puede deformarse y extenderse en forma de alambres o chapas.

Figura 3.36. Piezas de acero.

En el sector de la automoción se suelen utilizar distintos tipos de acero: al carbono, en aleación o para herramientas, por ello resulta muy importante clasificarlos e identificarlos adecuadamente.

Para clasificar a los aceros se utilizan diferentes criterios: según los procedimientos o procesos de obtención utilizados, atendiendo al grado de desoxidación, según su contenido en carbono, según su composición, según su aplicación y según su estado y forma de suministro.

© Ediciones Paraninfo

Figura 3.37. Cigüeñal fabricado con acero de alta resistencia.

Clasificación y propiedades

En general, los tipos de aceros más comunes son:

Aceros al carbono

Se denominan también no aleados. Poseen en su composición hierro, carbono, pequeñas cantidades de manganeso (inferiores al 1,6 %) y silicio (inferiores al 0,55 %), como impurezas poseen fósforo y azufre (con contenidos limitados a un máximo de 0,0035 %).

Los aceros al carbono se clasifican según la cantidad de carbono que contienen.

- **Acero de bajo carbono** (aceros extrasuaves de 0,1 a 0,2 % de C y aceros suaves de 0,2 a 0,3 % de C). El acero de bajo carbono, a menudo llamado también *acero dulce o suave,* contiene entre 0,1 y 0,3 % de carbono, insuficiente para someterse a endurecimiento por temple. Son tenaces, dúctiles y fáciles de mecanizar, conformar y de soldar. Al ser fácil de soldar, trabajar con máquina y conformar, resulta adecuado para productos y proyectos en los que se necesita un metal manejable. Estos aceros se obtienen por laminación en caliente o en frío y presentan una buena aptitud para la embutición (ductilidad), por lo que se pueden conseguir piezas con formas más o menos complejas, de aspecto liso, libre de rayas y rugosidades.

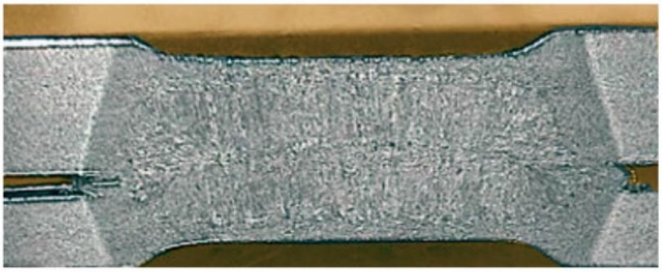


Figura 3.38. Aspecto homogéneo de una soldadura por puntos de chapas de acero de bajo carbono.

- **Acero de carbono medio** (aceros semisuaves de 0,3 a 0,4 % de C y aceros semiduros de 0,4 a 0,5 % de C). Son resistentes y duros, por lo que necesitan precauciones especiales a la hora de soldarlos, tales como: tratamientos térmicos, materiales de aportación especiales para la soldadura, etc. Se usan en numerosas piezas industriales normalizadas.
- **Acero de alto carbono** (aceros duros de 0,5 a 0,6 % de C y aceros extraduros de 0,6 a 1,7 % de C). Estos aceros requieren condiciones especiales de soldadura, puesto que a medida que aumenta la proporción de carbono son más susceptibles al temple y por tanto resultan más duros y resistentes pero a la vez más frágiles. Se suelen utilizar para fabricar pequeñas herramientas u otros materiales que hayan de someterse a procesos de endurecimiento o temple.

El contenido en carbono es el que determina la dureza, la resistencia y la ductilidad de los aceros. Cuanto mayor sea el contenido de carbono mayor será la dureza y la resistencia. Por el contrario, cuanto menor sea el contenido en carbono, mayor será la ductilidad del acero, pero menor su resistencia y dureza.

Aceros de aleación

Los aceros de aleación, además de las impurezas normales, contienen otros elementos metálicos aleados, en suficiente cantidad como para alterar sus características, fundamentalmente: su tenacidad, resistencia al calor, a la oxidación, al choque, al desgaste, etc. Por ello, poseen propiedades especiales determinadas por la mezcla y la cantidad de los elementos que se les añaden, que consiguen que cada acero de aleación adquiera una "personalidad" propia.

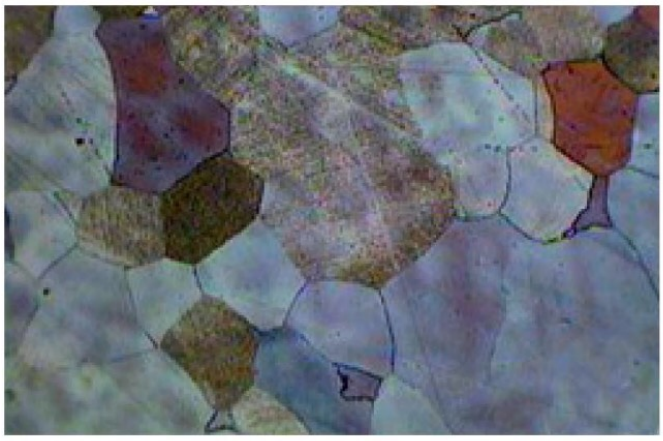


Figura 3.39. Microestructura de un acero al manganero.

Entre los principales elementos que se alean destacan:

- **Níquel.** Se añade para aumentar la resistencia y la tenacidad del acero, y ayuda también a evitar la corrosión.
- **Cromo.** Incorpora dureza, tenacidad y resistencia al desgaste y a la corrosión. Los engranajes y los ejes a menudo están hechos de acero al níquel y cromo, por su elevada resistencia.

© Ediciones Paraninfo

- **Manganeso.** Se emplea en los aceros para producir un metal limpio. También añade resistencia al material y favorece su tratamiento térmico.
- **Silicio.** Se usa a menudo para elevar la resiliencia del acero, sobre todo en la fabricación de muelles o resortes.
- **Wolframio.** Se utiliza junto con el cromo, el vanadio, el molibdeno y el manganeso, para producir acero de alta velocidad usado en herramientas cortantes. El wolframio es un material que tiene dureza suficiente para cortar incluso después de calentarse al rojo.
- **Molibdeno.** Añade tenacidad y resistencia al acero. Se emplea para fabricar aceros de alta velocidad.

Figura 3.40. Estructura de un chasis de motocicleta fabricado en acero al cromo molibdeno.

- **Vanadio.** Mejora la textura del acero. Se usa junto con el cromo para fabricar acero al cromo y vanadio, con el que se producen engranajes y piezas de transmisiones. Este tipo de acero es muy resistente y presenta una excelente resistencia antichoque.

Figura 3.41. Herramienta fabricada con una aleación cromo-vanadio.

- **Titanio.** Además de aumentar la dureza, limita el crecimiento del grano en estado austenístico.

Aceros para herramientas

Estos aceros constituyen un grupo amplio de materiales que se usan cuando se requiere un tratamiento térmico delicado. Se usan para fabricar herramientas con un filo cortante.

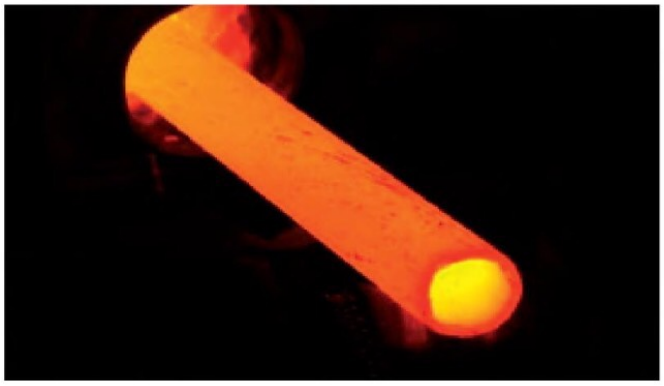


Figura 3.42. Proceso de fabricación de tubo de acero en caliente.

Acero laminado

El acero laminado, en el que se incluyen barras, varillas y aceros estructurales, se produce por laminación del acero en frío o en caliente. Los *aceros laminados en caliente* se conforman calentándolos al rojo. El metal pasa a través de una serie de rodillos, cada uno un poco más cerca del siguiente. Al atravesar el último rodillo, se dispersa agua caliente sobre el material, para formar una *laminilla* azulada. El acero producido por este método tiene una calidad bastante uniforme y se usa en muchas clases de piezas. Las barras laminadas en caliente de la mejor calidad se emplean en la producción de aceros acabados en frío. Estos *aceros acabados en frío* se emplean cuando se necesita un acabado superficial de gran precisión y se requieren ciertas propiedades mecánicas. Existen varios métodos

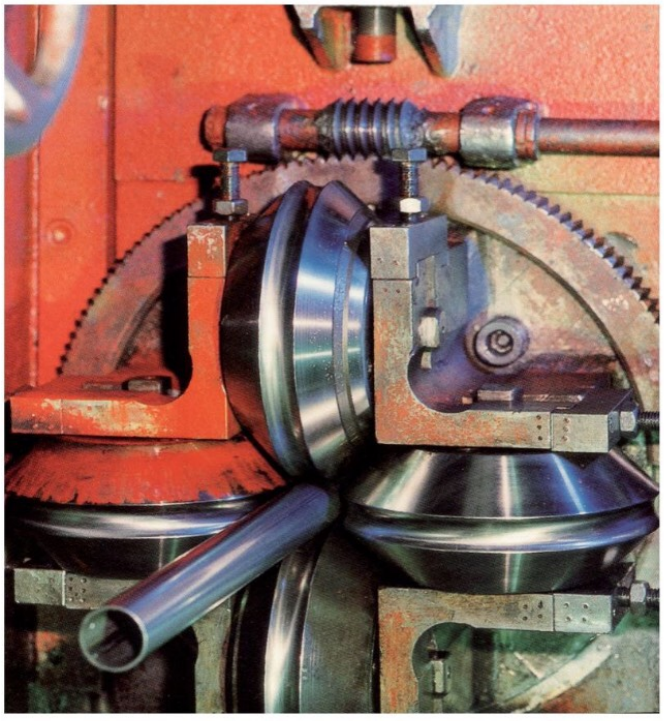


Figura 3.43. Proceso de fabricación de tubo de acero en frío.

© Ediciones Paraninfo

para producir barras acabadas en frío. Los más habituales proporcionan los denominados *aceros labrados en frío*. El proceso es el siguiente: primero se retira la laminilla de las barras laminadas en caliente, luego se *estiran en frío* estas láminas mediante un troquel menor que el tamaño original de las mismas y, finalmente, se *laminan en frío* hasta la dimensión exacta requerida.

Acero inoxidable

El acero inoxidable se define como una aleación de acero con un mínimo de 10 % de cromo y otros elementos aleantes como el níquel y el molibdeno. Es resistente a la corrosión, dado que el cromo u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro. Sin embargo, esta capa puede verse afectada por algunos ácidos.

Clasificación de los aceros inoxidables:

- Acero inoxidable extrasuave. Contiene un 13 % de Cr y un 0,15 % de C. Se utiliza en la fabricación de: elementos de máquinas, álabes de turbinas, válvulas, etc. Tiene una resistencia mecánica de 800 N/mm^2 y una dureza de 175-205 HB.
- Acero inoxidable al cromo-níquel "16Cr-2Ni". Contiene un 16 % de Cr, un 2 % de Ni y un 0,20 % de C. Tiene una resistencia mecánica de 950 N/mm^2 y una dureza de 275-300 HB. Se suelda con dificultad, y se utiliza para la construcción de álabes de turbinas, ejes de bombas, etc.
- Acero inoxidable al cromo-níquel "18Cr-8Ni". Contiene un 18 % de Cr, un 8 % de Ni y un 0,18 % de C. Tiene una resistencia mecánica de 600 N/mm^2 y una dureza de 175-200 HB. Es un producto muy utilizado porque resiste bien el calor hasta los 400 ºC.
- Acero inoxidable al cromo-manganeso "11Cr-18Mn". Contiene un 11 % de Cr, un 18 % de Mn y un 0,14 % de C. Tiene una resistencia mecánica de 650 N/mm^2 y una dureza de 175-200 HB. Es soldable y resiste bien altas temperaturas. Es amagnético. Se utiliza principalmente en colectores de escape.

Figura 3.44. Colectores de escape de acero inoxidable.

Acero revestido

El acero *galvanizado, o recocido después de galvanizado,* es un acero dulce en chapas cubierto de zinc para evitar la oxidación. Por su parte, la *hojalata* es un acero dulce recubierto con estaño.

3.3. El acero en la fabricación de carrocerías

El estudio del diseño y de los materiales utilizados en la construcción de carrocerías de automóviles se encuentra en un proceso de investigación constante, con el objetivo de contribuir a reducir el peso del vehículo, y en consecuencia, los consumos de combustible y las emisiones de CO_2, garantizando en todo momento la resistencia y capacidad de absorción de energía de una carrocería. Estos últimos factores dependen, principalmente, del material empleado, del espesor y de la forma de cada una de las piezas que la componen.

Figura 3.45. Estructura de una carrocería fabricada en acero

Cada material tiene determinadas propiedades físicas, químicas y mecánicas que lo hacen más o menos adecuado para desempeñar una función concreta, dependiendo del tipo de solicitaciones a las que vaya a ver sometido. Bajo este enfoque, para la construcción de la carrocería se utilizan habitualmente chapas de acero de diferentes calidades según sea su aplicación concreta.

El acero presenta unas excelentes características mecánicas referentes a rigidez, resistencia, aptitud para el mecanizado, conformación plástica, además de ser relativamente barato de obtener. Para mejorar sus propiedades mecánicas, pueden combinarse diferentes factores como la composición química y los tratamientos termomecánicos que sufre el acero durante el proceso de fabricación.

En relación a la composición química, como ya se ha visto, el carbono es el elemento que confiere al acero las características básicas de dureza*, aunque en este aspecto también influyen otros elementos utilizados en la aleación, como el silicio, manganeso o fósforo.

* El contenido de carbono se ajusta principalmente inyectando oxígeno en el hierro fundido.

© Ediciones Paraninfo

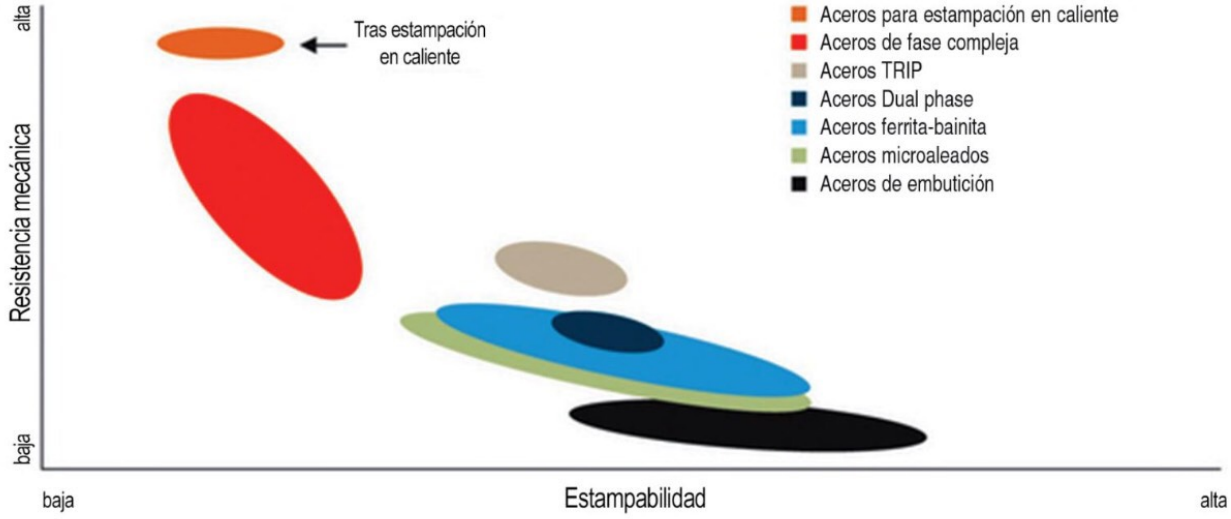


Figura 3.46. **Grado de resistencia mecánica y estampabilidad de algunos aceros (ArcelorMittal).**

Con la adición de otros elementos se consiguen obtener aceros con propiedades muy específicas de dureza (aceros de alta resistencia). Estos aceros adoptan la denominación de *microaleados*, cuando se añaden elementos como el titanio, niobio, o vanadio, ya que el efecto de estos elementos se manifiesta aunque se añadan en cantidades muy pequeñas en comparación con los restantes integrantes de aleación). Cuando se añade cromo y molibdeno, los aceros se denominan "de fases múltiples" (*Dual Phase*, *Trip*, *Multiphase*, etc.).

En otras ocasiones, lo que se pretende es conseguir aceros más "dulces". Para ello es necesario modificar el grado de dureza de los aceros, eliminando parte de los átomos de carbono y de nitrógeno* de la red cristalina. Esta operación (calmado) puede realizarse de dos maneras: mediante la adición de aluminio (método elegido para los aceros normales y de alta resistencia), o bien mediante la adición de titanio. Este último método es el más eficaz para reducir al mínimo el nitrógeno y el carbono intersticiales y da lugar a los aceros dulces denominados *Interstitial Free* (IF).

Por lo que respecta a los procesos termomecánicos, entre los factores que más influencia tienen en las propiedades finales del acero se encuentran los tratamientos que sufre el metal a lo largo del proceso de fabricación: temperaturas de laminado, las velocidades de enfriamiento, temperaturas de bobinado, porcentajes de reducción del espesor en el tren de laminación en frío, ciclos de recocido, aplicación de revestimientos, etc.).

Atendiendo al método de producción utilizado, los aceros para estampación pueden clasificarse en:

- Laminados en caliente.
- Laminados en frío.

* Son elementos intersticiales porque se sitúan con facilidad en el interior de la red cristalina del hierro.

El acero laminado en caliente habitualmente es menos costoso de producir y generalmente se fabrica en espesores superiores a 1 mm. En su composición tiene una mínima presencia de nitrógeno libre lo que evita el envejecimiento. Resultan muy apropiados para la embutición, dada su estructura de grano fino. Asimismo, los materiales isotrópicos presentan siempre el mismo comportamiento, independientemente de la dirección en la que se apliquen las fuerzas, lo que les permite presentar una excelente resistencia a la deslaminación y aparición de fisuras en el proceso de embutición. Atendiendo a estas características, los aceros laminados en caliente se fabrican para tres grados diferentes de embutición: normal, profunda y extraprofunda.

Este tipo de acero es el más propenso a la corrosión, por lo que debe protegerse mediante un proceso de revestimiento metálico posterior o mediante diferentes tratamientos de pintura.

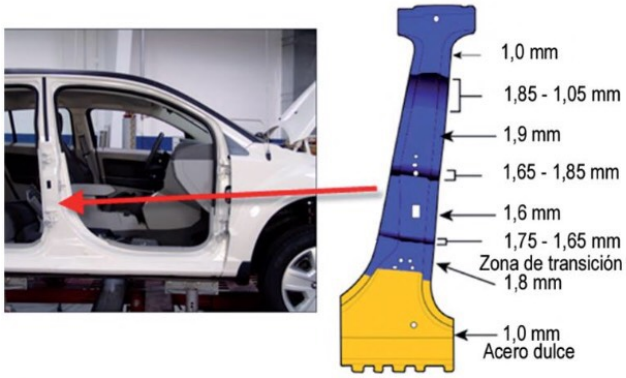


Figura 3.47. **Componente fabricado con diferentes espesores de acero. Tradicionalmente, los espesores de chapa de carrocería más utilizados oscilan entre 0,5 y 3 mm. La mayor parte de la estructura de la carrocería la componen chapas de 0,8 a 1,0 mm (los elementos estructurales suelen tener un espesor de 1,2 mm a 2,5 mm, y los elementos de revestimiento, de 0,6 mm a 0,8 mm).**

© Ediciones Paraninfo

Figura 3.48. Acero laminado en caliente. El acero, previamente solidificado y recalentado a una temperatura elevada, se lamina en un proceso continuo entre dos cilindros giratorios.

Por su parte, el acero laminado en frío proporciona tolerancias más estrictas y mejores acabados superficiales (más brillantes), a la vez que mejora las propiedades mecánicas. Si bien se puede producir en casi cualquier espesor, lo habitual es que se fabrique en espesores más finos (a partir de 0,3 mm). Este material también puede ser revestido (galvanizado, electrocincado o pintado), con el fin de protegerlo contra la corrosión.

Figura 3.49. Acero laminado en frío. En el tren de laminación en frío se reduce el espesor de los productos planos, laminando el acero entre dos cilindros a temperatura ambiente.

3.3.1. Revestimientos del acero

El revestimiento del acero es un proceso mediante el cual se mejora su resistencia a la corrosión, las propiedades de conformación y el comportamiento en la soldadura. Básicamente, existen tres tipos de revestimientos:

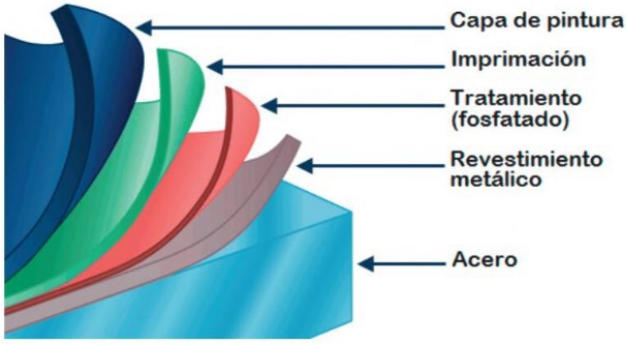


Figura 3.50. Diferentes capas de tratamientos y aplicaciones que recibe la chapa de acero.

- Revestimientos metálicos. Consisten en incorporar una o varias capas de elementos metálicos como el zinc y sus aleaciones (zinc-aluminio, hierro-zinc), o con otras aleaciones como las de Al/Si (aceros aluminizados, utilizados en componentes del automóvil que deben soportar elevadas temperaturas). Se depositan en caliente, mediante electrodeposición, o por deposición en vacío.
- Revestimientos orgánicos. En estos casos, se aplica sobre el acero un material de recubrimiento de pintura orgánica (en forma líquida o en forma de lámina sólida) mediante rodillos aplicadores. En ambos casos, la chapa de acero pasa a través de hornos, para el curado del recubrimiento en el caso de la pintura liquida o para fundir el adhesivo en el caso de la lámina sólida.
- Revestimientos que resultan de una combinación de los dos anteriores. En algunos casos, se aplican recubrimientos orgánicos de reducido espesor como tratamiento posterior al recubrimiento metálico, para asegurar una buena adherencia de la pintura aplicada en una etapa posterior.

Los revestimientos se pueden aplicar por uno sola o por ambos lados de las piezas. Cuando se trata de piezas revestidas por una sola cara, el recubrimiento quedará del lado exterior de la carrocería. La tendencia es la utilización del recubrimiento por ambos lados de la pieza, ya que el incremento de precio es pequeño y al fabricante del acero le simplifica enormemente el proceso de producción.

© Ediciones Paraninfo

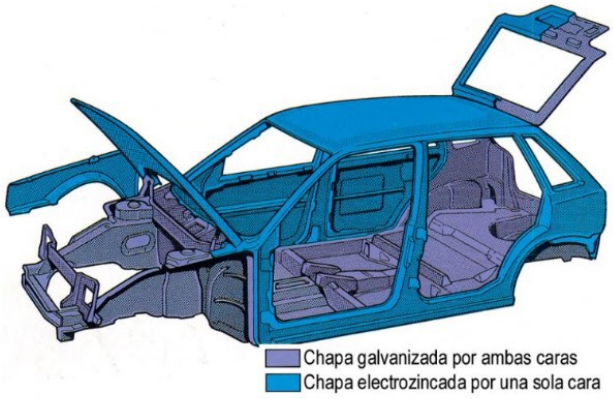


Figura 3.51. Ejemplo de carrocerías con piezas galvanizadas por uno y por ambos lados.

De todos los procedimientos de aplicación de revestimientos, los más habituales que se utilizan en la fabricación de carrocerías, son:

- Galvanizado en caliente.
- Electrocincado.

Galvanizado en caliente

En síntesis, la galvanización en caliente consiste en sumergir las piezas de acero a proteger en un baño de zinc fundido, a una temperatura aproximada de 450 °C. A esta temperatura tiene lugar un proceso de difusión del zinc en el acero que da lugar a la formación de aleaciones de zinc-hierro sobre la superficie de las piezas. Básicamente existen dos procedimientos de galvanización en caliente:

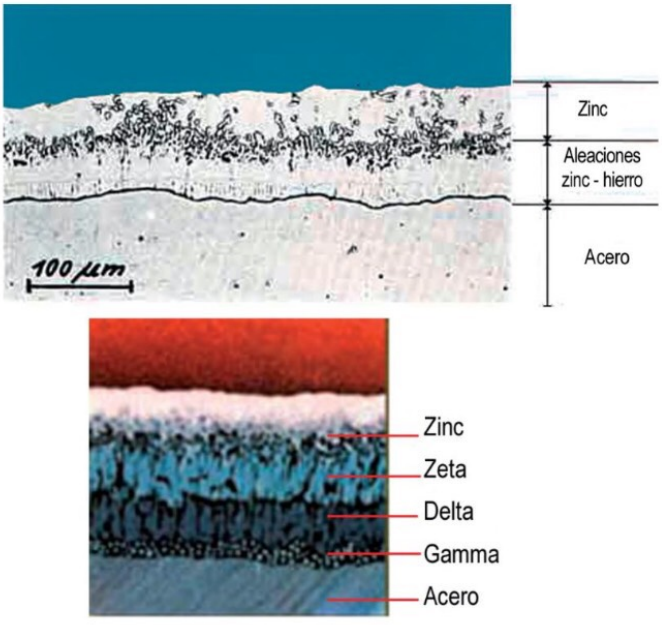


Figura 3.52. Corte transversal de un acero galvanizado en caliente (procedimiento discontinuo)

- Procedimiento discontinuo. En este procedimiento las piezas a proteger se someten, previamente a la inmersión en el baño de zinc fundido, a un proceso de limpieza química, que incluye las fases de desengrase, decapado, fluxado en baño de sales y secado.

  Los recubrimientos que se obtienen por este procedimiento están constituidos fundamentalmente por tres capas de aleaciones zinc-hierro, que se denominan "gamma", "delta" y "zeta" y una capa externa de zinc prácticamente puro, que se forma al solidificar el zinc arrastrado del baño de inmersión y que confiere al acero recubierto su aspecto característico gris metálico brillante.
- Procedimiento continuo. El procedimiento de galvanización en continuo se aplica a las chapas de acero (de hasta 3 mm de espesor) que se someten de manera continua a una fase previa de limpieza superficial, antes de hacerles pasar a una velocidad bastante elevada (hasta 200 m/min) por el baño de zinc.

  En este caso, los recubrimientos un desarrollo mucho más reducido de las capas de aleaciones zinc-hierro, debido al escaso periodo de tiempo que la chapa está en contacto con el zinc fundido.

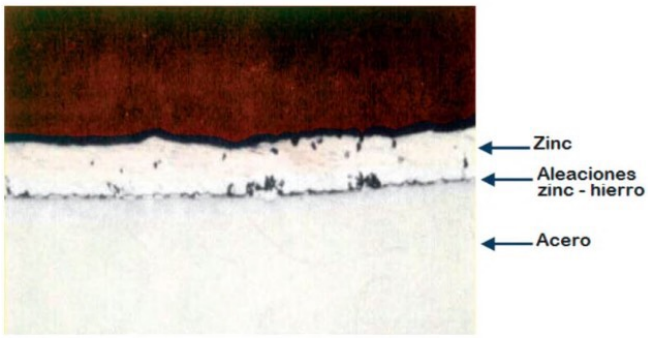


Figura 3.53. Corte transversal de un acero galvanizado en caliente (procedimiento continuo)

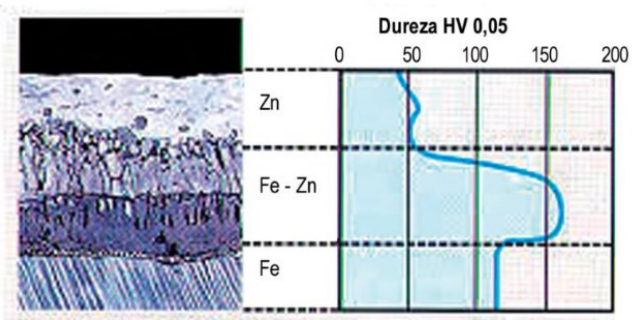


Figura 3.54. Diagrama de dureza de los recubrimientos galvanizados.

Una de las principales características de los recubrimientos galvanizados, es la de estar unidos metalúrgicamente al acero base, por lo que poseen una excelente adherencia. Por otra parte, al estar constituidos por varias capas

© Ediciones Paraninfo

de aleaciones zinc-hierro, más duras incluso que el acero, y por una capa externa de zinc que es más blanda, forman un sistema muy resistente a los golpes y a la abrasión.

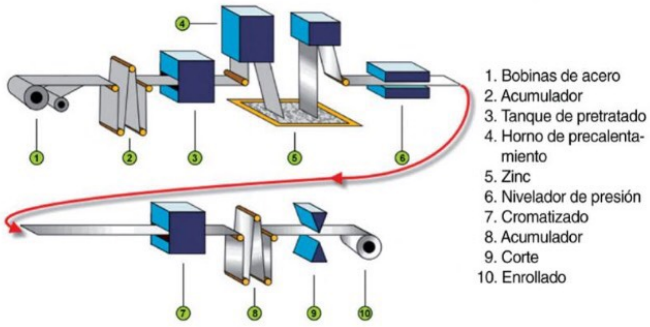


Figura 3.55. Proceso continuo de galvanizado en caliente del acero.

Existen diferentes tipos de revestimientos mediante galvanización en caliente, que se diferencian en el método de aplicación y sus características en materia de: dureza, resistencia a la corrosión, comportamiento en la estampación, condiciones de conformación, influencia sobre la soldadura, tratamiento superficial, aspecto tras el pintado, etcétera.

- **Aceros galvanizados con cinc puro (Zn).** El revestimiento se obtiene mediante un proceso de galvanizado en caliente sobre aceros laminados en frío y también sobre algunos aceros laminados en caliente. El procedimiento de producción, que se realiza en una sola operación tras el laminado, convierte a este revestimiento en la solución más económica para la protección contra la corrosión de las chapas de acero empleadas para la fabricación de carrocerías.
- **Aceros galvanizados con una aleación zinc-hierro (ZnFe).** Por la presencia de hierro, se trata de un revestimiento duro, que se obtiene mediante galvanizado en caliente sobre la mayor parte de los aceros laminados en frío. Tras el paso por el baño de zinc, el acero sufre un tratamiento térmico que provoca la difusión del hierro en el zinc del revestimiento. De esta forma, se crea una aleación zinc/hierro (contiene aproximadamente un 10 % de hierro) que le confiere una excelente aptitud para la soldadura por puntos.
- **Aceros galvanizados con una aleación de zinc-magnesio-aluminio (ZnMgAl).** El revestimiento se obtiene por un proceso de galvanizado en caliente (en un baño de zinc fundido, parcialmente cargado de magnesio y aluminio), sobre aceros laminados en frío y algunos aceros laminados en caliente. Debido a la presencia del magnesio, que genera una barrera superficial contra los agentes corrosivos, presenta una gran capacidad de protección anticorrosiva, por lo que resulta muy apropiado para piezas o conjuntos que requieran una protección contra la corrosión elevada: zonas cerradas, partes huecas, acoplamientos, etc. Así mismo, este revestimiento ofrece una excelente aptitud para la estampación debido a sus buenas propiedades tribológicas*.
- **Aceros galvanizados con una aleación zinc-aluminio (ZnAl).** Al igual que en los casos anteriores, el revestimiento se obtiene por un proceso de galvanizado en caliente. Está formado por un 95 % de zinc y un 5 % de aluminio y tiene una estructura eutéctica que le confiere una excelente ductilidad, lo que hace especialmente apto para la estampación profunda sin riesgo de fisurado o deslaminación.

Electrocincado

Este método consiste en aplicar electrolíticamente (galvanotecnia), sobre una o ambas caras de un acero laminado en frío, una capa de zinc mediante un proceso en continuo, que consiste en la inmersión de las piezas de acero, conectadas a un polo negativo, en una solución de sales de zinc puro o de aleación de ZnNi, en una cuba electrolítica cargada positivamente. La reacción eléctrica hace que las partículas de zinc cargadas positivamente se depositen sobre la superficie de acero, creando una capa protectora y afectando, por igual, a todas las zonas de la pieza.

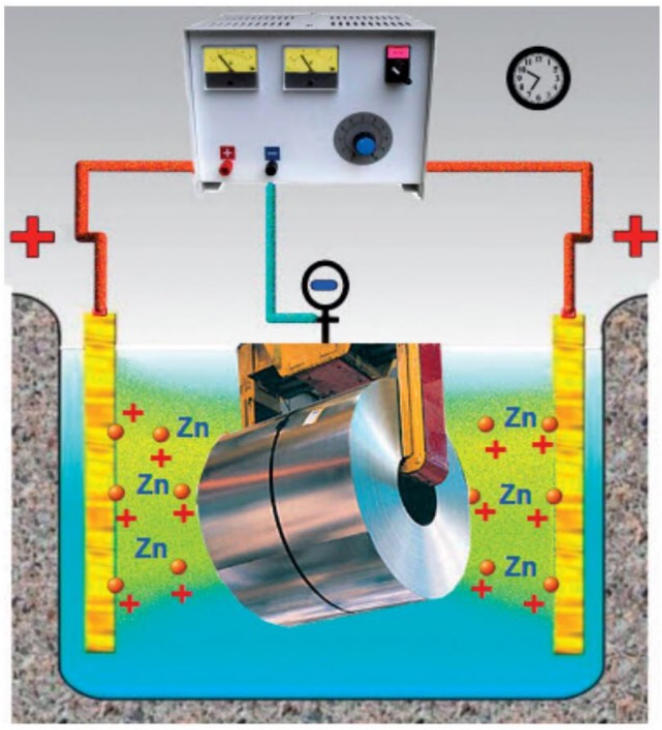


Figura 3.56. Esquema del proceso de electrocincado.

Al igual que en el galvanizado, la capa de zinc protege el acero contra la corrosión y presenta, junto con los trata-

* La tribología es la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación que tienen lugar durante el contacto entre superficies sólidas en movimiento.

© Ediciones Paraninfo

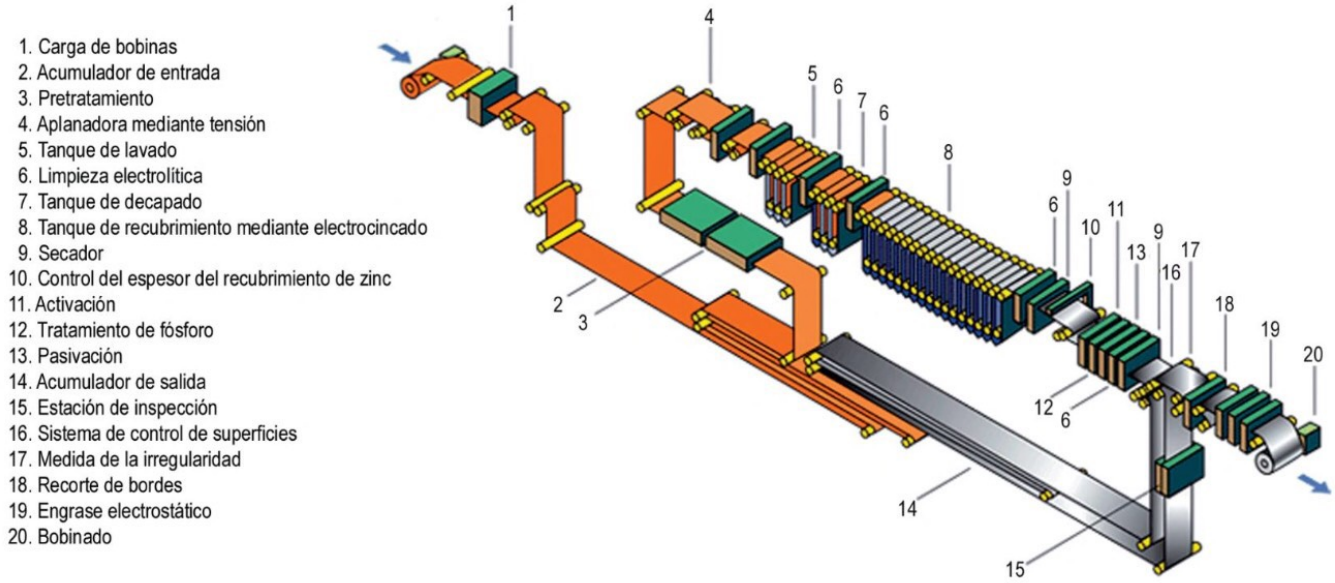


Figura 3.57. **Línea de electrocincado.**

mientos de superficie usuales, una buena base de adherencia para su posterior acabado. Los productos electrocincados se utilizan habitualmente, en sus versiones de doble cara o una cara, para las piezas visibles de carrocería.

Las características más importantes de este tipo de los recubrimientos electrocincados son:

- Corrosión. Ofrecen una excelente protección contra la corrosión, incluso en caso de sufrir daños (choque, rayado, impacto de gravilla), gracias al comportamiento electroquímico de sacrificio del cinc con respecto al hierro.
- Conformado. Posee una excelente conformabilidad, lo que lo hace apto para las embuticiones más profundas.
- Soldabilidad. Ofrece un rango de soldabilidad por puntos adaptado a las exigencias industriales.
- Unión adhesiva. Como todos los revestimientos, ofrece un buen comportamiento en unión adhesiva: buena adhesión de las colas y masillas al revestimiento, buena adhesión del revestimiento al metal, y buena cohesión del revestimiento.
- Tratamientos superficiales. Los aceros revestidos por electrocincado en versión monocara o doble cara pueden ser fosfatados y pintados por cualquier procedimiento normal de fosfatación y de pintura.

Tradicionalmente, los recubrimientos más habituales han tenido como base el zinc, sin embargo, la utilización cada vez mayor de aceros avanzados de alta resistencia (AHSS), que se estampan en caliente (a unos 840 ºC), hace necesarios otro tipo de recubrimientos como los aluminizados (Al/Si), aptos para dichos procesos de conformación en caliente, ya que su temperatura de fusión es bastante más alta que la del zinc. Otra de las ventajas que presenta este tipo de recubrimiento es el aumento de la resistencia a la corrosión después de la aplicación de la capa de pintura y de esta manera evitar un tratamiento posterior de protección contra la corrosión. El espesor del recubrimiento depositado está generalmente comprendido entre 23 y 32 micras y se aplica de forma continua.

Figura 3.58. **Componentes de la carrocería protegidos mediante recubrimientos metálicos. Cuando el procedimiento de revestimiento utilizado es el electrocincado, el componente adquiere un color gris claro mate. Cuando se utiliza el galvanizado por inmersión en caliente, la superficie adquiere un tono gris metálico brillante.**

3.3.2. Tipos de aceros

Dada la amplia variedad de aceros que se utilizan en la fabricación de carrocerías de automóviles, se hace necesario clasificarlos en diferentes categorías, utilizando para ello factores como el valor del límite elástico, límite de rotura, valores mecánicos o el alargamiento que experimentan.

© Ediciones Paraninfo

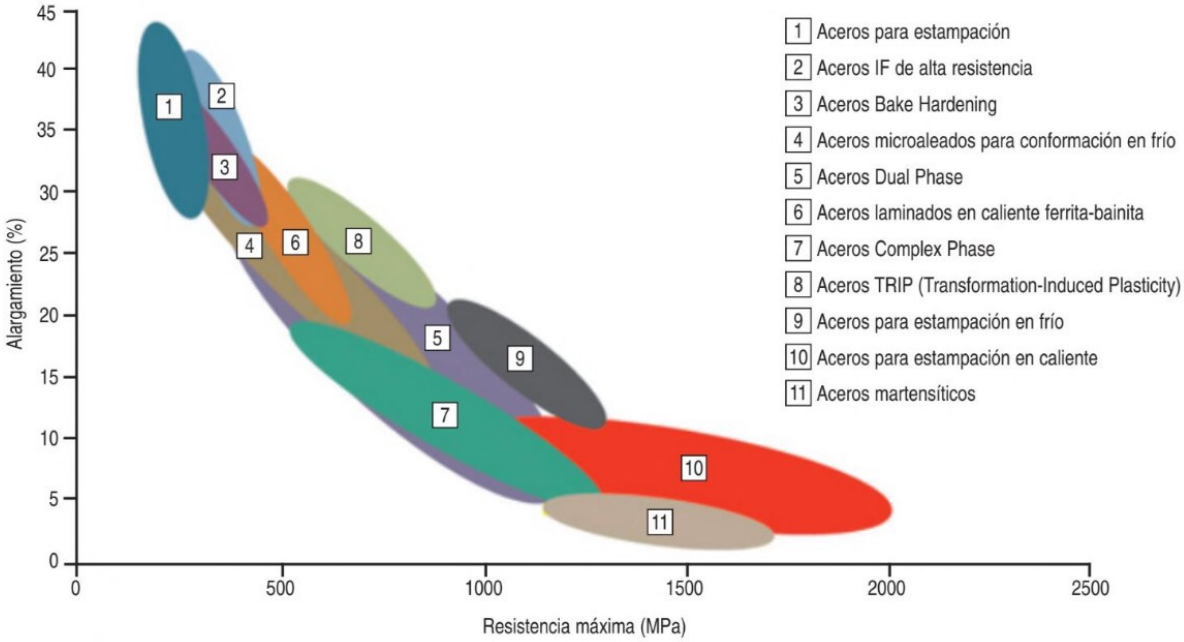


Figura 3.59. Diagrama de resistencia y alargamiento de los aceros usados en la fabricación de carrocerías (ArcelorMittal).

Entre los factores indicados anteriormente, los parámetros más importantes sobre los que se establece la diferencia entre los distintos tipos de acero, son los valores de resistencia a la rotura y el límite elástico.

Como se describe en las propiedades generales de los metales, la resistencia a la rotura es la carga máxima alcanzada durante un esfuerzo a tracción. Una vez superada esta, se producen riesgos de rotura y alteración de forma dimensional. En función de esta característica, puede realizarse la siguiente clasificación:

- Aceros convencionales para estampación. Tienen una resistencia a la tracción de hasta 210 MPa* (N/mm^2).
- Aceros de alta resistencia. Tienen una resistencia a la tracción de 210 N/mm^2 a 550 N/mm^2.
- Aceros de muy alta resistencia. Tienen una resistencia a la tracción comprendida entre 550 N/mm^2 y 800 N/mm^2.
- Aceros de ultra alta resistencia. Tienen una resistencia a la tracción superior a 800 N/mm^2

Hasta ahora, la mayoría de los aceros utilizados en la fabricación de carrocerías han sido los de tipo convencional (con o sin recubrimiento), pero existe una tendencia a utilizar cada vez más, aceros que ofrezcan mayor rigidez a las estructuras y mayor resistencia a las deformaciones (sobre todo en las piezas exteriores de la carrocería). Estos aceros son los conocidos como de alta, muy alta, o ultra alta resistencia.

* El pascal (símbolo Pa) es la unidad de presión del Sistema Internacional de Unidades. Se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 newton sobre una superficie de 1 metro^2 normal a la misma. El megapascal (MPa) equivale al N/mm^2 (1 MPa = 1 N/mm^2 = 0,102 kg/mm^2).

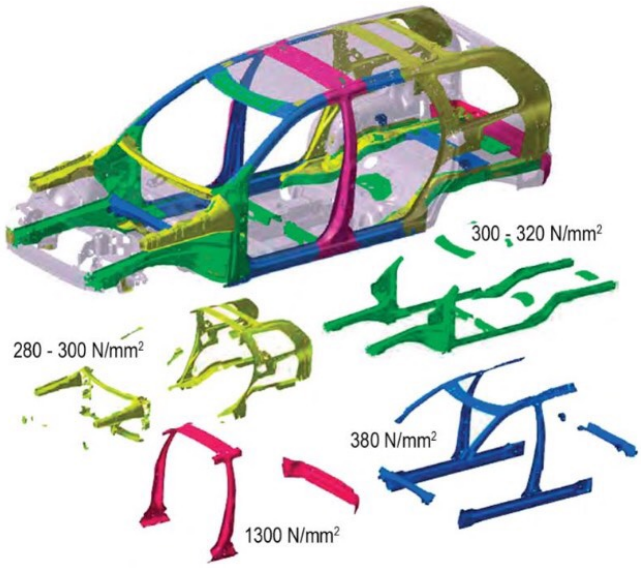


Figura 3.60. Ejemplo del valor de la resistencia a la tracción de algunos aceros utilizados en la fabricación de carrocerías.

Los aceros de alta resistencia y baja aleación resultan más baratos de producir que los aceros aleados convencionales, al contener cantidades menores de los costosos elementos de aleación. Sin embargo, estos aceros reciben un tratamiento especial que les da una resistencia mucho mayor que la del acero al carbono. Así mismo, la utilización de aceros de alta y ultra alta resistencia permite ofrecer estructuras más optimizadas consiguiendo mejores diseños, modelos con mejor respuesta en servicio, más rígidos, seguros por la respuesta contra impactos y más ligeros.

© Ediciones Paraninfo

Tabla 3.1. Tipos de aceros utilizados en la fabricación de carrocerías

Tipo de acero		Acero	Límite elástico (Mpa)
Para estampación	Aceros convencionales de conformación en frío		< 230
	Aceros convencionales laminados en caliente y decapados		< 250
De alta resistencia	Aceros de alta resistencia **HSS** (*High Strenght Steel*). Aceros de alta resistencia y baja aleación **HSLA** (*High Strenght Low Alloy*).	*Bake Hardening* (BH)	160 ... 300
		Refosforado (RP)	> 220
		Aceros (IF)	> 220
		Microaleado (HSLA)	> 350
De muy alta resistencia	Aceros avanzados de alta resistencia **AHSS** (*Advanced High Strenght Steel*). Aceros de muy alta resistencia **VHSS** (*Very High Strength Steel*) Aceros de extra alta resistencia **EHSS** (*Extra High Strength Steel*)	Doble fase (DP)	500 ... 600
		Plasticidad inducida por transformación (TRIP)	600 ... 800
		Fase compleja (CP)	800 ... 1000
De ultra alta resistencia	Aceros de ultra alta resistencia **UHSS - THLE** (*Ultra High Strenght Steel*). Aceros ultrarresistentes de baja aleación **UHSLA** (*Ultra High Strenght Low Alloy*)	Martensíticos (MS)	1000 ... 1300
		Acero al boro (Bor)	> 1250

Acero convencional para estampación

Se denomina como al acero convencional para estampación, al acero dulce (calmado al aluminio o IF) laminado en frío y de un bajo contenido en carbono. Este reducido contenido en carbono hace que su dureza no sea muy elevada, lo que le proporciona unas buenas características para los procesos de conformación. Por el contrario, su bajo límite elástico, hace necesario que las piezas tengan un elevado espesor para soportar los esfuerzos de conformación a los que se someten. Se suele utilizar en componentes con bajo compromiso estructural (aletas, paneles de puertas, etc.).

Aceros de alta resistencia (HSS)

Estos aceros se diferencian de los convencionales en que su composición presenta mayor contenido de calcio y pequeñas adicciones de Manganeso, Vanadio, Zirconio, etc. Debido a ello poseen una mayor resistencia a la tracción y un límite elástico más alto.

Las propiedades más significativas son:

- Resistencia: La mayor tensión de rotura y el alto límite elástico de estos aceros permite conseguir altos niveles de resistencia de las piezas, disminuyendo el espesor de la chapa.

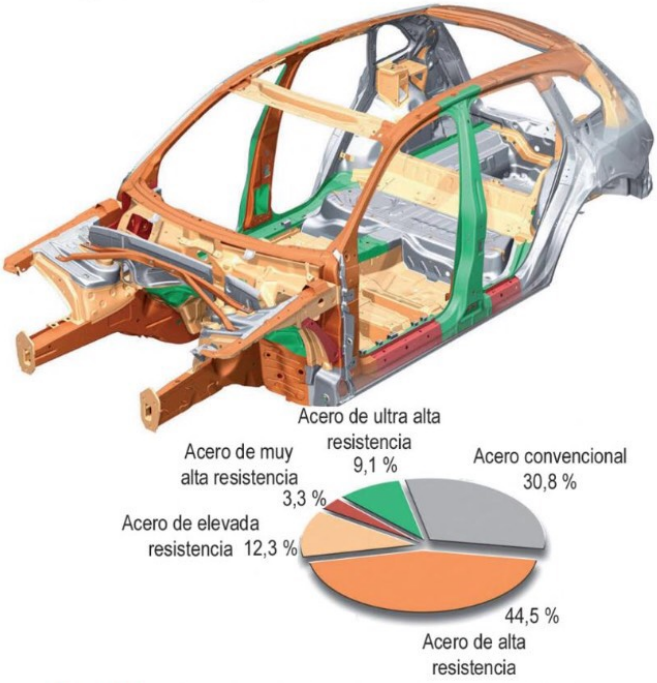


Figura 3.61. Diferentes tipos de aceros usados en la fabricación de una carrocería.

- Tenacidad: Poseen elevada capacidad para soportar esfuerzos dinámicos sin romperse.
- Soldabilidad: Se comportan muy bien en los procesos de soldadura, ya que la unión de piezas de acero HSS con el resto, debe presentar una buena soldabilidad para que la resistencia del conjunto no se vea disminuida.
- Presentan una buena capacidad para la embutición, una adecuada resistencia a la fatiga y admitan los diferentes procesos de protección anticorrosiva como el galvanizado y el electrocincado.

Los objetivos básicos que se pretenden conseguir con la utilización de este tipo de aceros son:

- Construir carrocerías más ligeras, manteniendo la resistencia del conjunto.
- Reforzar zonas puntuales de la carrocería.

Su característica más significativa es que con un 25 % menos de espesor, duplica la resistencia a la deformación permanente de las chapas de acero convencionales.

En función del mecanismo de endurecimiento que se usa para aumentar su resistencia, estos aceros se clasifican en varios tipos: *Bake Hardening*, refosforados, IF de alta resistencia, y aceros microaleados.

Aceros *Bake-Hardening* (BH)

Entre los aceros de uso más creciente en la actualidad se encuentran las chapas fabricadas con el tipo de acero Bake-Hardening, cuya cualidad más significativa es la de ser fácilmente embutibles antes de recibir el tratamiento térmico a baja

© Ediciones Paraninfo

temperatura que aumentará el valor de su límite elástico. En estos casos, una vez ensamblada la carrocería y tras haber recibido el baño protector de cataforesis, se introduce en un horno a 180 ºC durante la fase de secado, en la que el acero varía su estructura molecular, obteniéndose el aumento del límite elástico efecto "Bake Hardening". Este aumento permite reducir el espesor de la chapa y disminuir el peso de la carrocería, a la vez que se consigue una mayor resistencia a la deformación.

Figura 3.62. **Capó fabricado con acero *Bake Hardening*.**

Estos aceros se utilizan, tanto en piezas de panelería exterior: puertas, capós, portones, aletas delanteras y techo, como en piezas estructurales de la carrocería: bastidores inferiores, refuerzos y travesaños.

Aceros Refosforados (RP)

Son aceros de alta resistencia, obtenidos a partir de adiciones de fósforo (superiores a 0,08 %), que al disolverse en el acero aumentan considerablemente el límite elástico, la resistencia a la rotura y la capacidad anticorrosiva, conservando al mismo tiempo una buena aptitud para la conformación por estampación; todo ello, a costa de disminuir la plasticidad y la tenacidad del acero, y a dificultar las operaciones de soldadura.

Las piezas fabricadas con este acero se destinan a varios usos: piezas estructurales, refuerzos que están sometidos a fatiga, o piezas como los largueros, travesaños o refuerzos de pilares.

ACEROS REFOSFORADOS	COMPOSICIÓN					
	Carbono	Silicio	Fósforo	Aluminio	Manganeso	Niobio
	0,06 %	0,04 %	0,09 %	0,012 %	0,3/0,6 %	0 %

Aceros IF (*Intersticial Free*)

Estos aceros están pensados para obtener un excelente equilibrio entre la estampabilidad y la resistencia mecánica, gracias a una estructura cristalina sin elementos intersticiales. En estos aceros se combinan bajos contenidos de carbono con distintas combinaciones de elementos microaleantes, como el titanio, niobio y fósforo.

Su elevada resistencia mecánica garantiza una buena resistencia en fatiga y a los impactos, por lo que estos aceros están especialmente indicados para fabricar tanto piezas exteriores de la carrocería como estructurales, especialmente en componentes del sistema de absorción de impactos.

Aceros Microaleados de alta resistencia y baja aleación (*High Strenght Low Alloy*)

Estos aceros poseen pequeñas aleaciones de cromo, níquel y molibdeno, que proporcionan una mayor resistencia a la abrasión, al desgaste, a la oxidación y a la corrosión. La adicción de distintas cantidades de niobio y titanio (y en ocasiones también vanadio) permite obtener un mayor límite elástico y elevar el grado isotrópico de material, fundamental en los procesos de embutición.

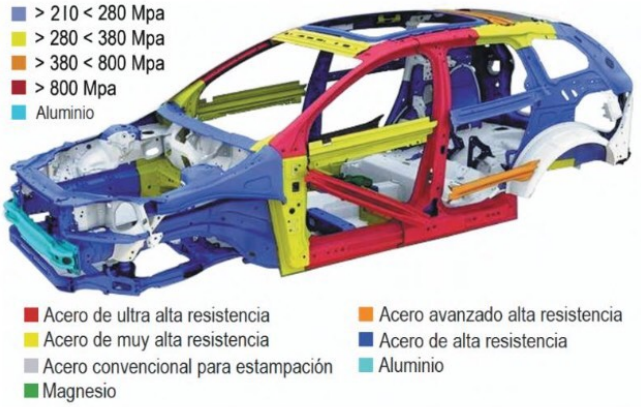


Figura 3.63. **Ejemplo de utilización de distintos tipos de aceros y materiales en la fabricación de los componentes estructurales de una carrocería. En su construcción pueden utilizarse prácticamente 30 calidades de acero diferentes, en función de las prestaciones requeridas. Como dato, el 60 % de los aceros comercializados actualmente no existían hace muy pocos años.**

ACEROS MICROALEADOS	COMPOSICIÓN							
	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Al %	Nb %	Ti %
	máx. 0,10	máx. 0,50	máx. 0,80	máx. 0,025	máx. 0,025	mín. 0,015	máx. 0,090	máx. 0,15

© Ediciones Paraninfo

En cualquier caso, estas cantidades nunca suman más del 1 % del total.

Se caracterizan por unas buenas propiedades mecánicas a nivel de resistencia a la fatiga, de resistencia al choque y de capacidad de deformación en frío, presentando los siguientes valores: tensión de rotura entre 370 y 600 N/mm^2 y un alargamiento mínimo del 15 al 22 %.

Las chapas de acero microaleado de alta resistencia se utilizan para piezas estructurales altamente solicitadas, como por ejemplo: los refuerzos de la suspensión, refuerzos interiores, largueros y travesaños, ya que su elevada resistencia permite la reducción del grueso de chapa.

Aceros de muy alta resistencia (VHSS)

Los aceros de muy alta resistencia obtienen su elevada resistencia mediante la coexistencia en la microestructura final de "fases duras" al lado de "fases blandas", es decir, se parte de un acero inicial que se somete habitualmente a un tratamiento térmico (temple, revenido, normalizado…), que lo transforma en otro material más resistente.

Estos aceros se clasifican en varios tipos: de doble fase, de plasticidad inducida por transformación, de fase compleja, y de ferrita-bainita.

Aceros de doble fase (DP)

Se caracterizan por un gran equilibrio entre resistencia y estampabilidad, además de tener capacidad de consolidación considerable. Este elevado nivel de resistencia mecánica, se traduce en una resistencia a la fatiga excelente y una capacidad de absorción de la energía muy buena, lo que hace que estos aceros sean muy adecuados para piezas estructurales y de refuerzo.

Se obtienen mediante un tratamiento térmico que consiste en un rápido aumento de la temperatura en la fase de recocido controlando el enfriamiento (da como resultado un acero con microestructura de ferrita y martensita), al que posteriormente se le añade un proceso de revestimiento para mejorar la plasticidad. Al igual que el resto de aceros de esta categoría, su elevada resistencia permite la reducción del espesor de la chapa (se consiguen un reducción de peso entorno al 15 %, en comparación con los aceros convencionales).

Los valores de sus características mecánicas más importantes son: tensión de rotura de 600 a 800 N/mm^2 y alargamiento mínimo del 22 %.

Habida cuenta de su gran capacidad de absorción de la energía y de su buena resistencia a la fatiga, estos aceros son especialmente adecuados para la fabricación de piezas con un alto grado de responsabilidad estructural, como largueros, travesaños y refuerzos.

Figura 3.64. Travesaño de paragolpes fabricado con acero Dual Phase.

ACEROS DE DOBLE FASE	COMPOSICIÓN					
	Carbono	Silicio	Fósforo	Aluminio	Manganeso	Niobio
	0,06 %	0,04 %	0,04 %	0,012 %	1,3 %	0,010 %

Aceros TRIP (*Transformation Induced Plasticity*)

Se caracterizan por un buen equilibrio entre resistencia y ductilidad, que se deriva de su microestructura, lo que favorece la distribución de las deformaciones, y por lo tanto, le asegura una buena estampación. Por este motivo son muy adecuados para las piezas de estructura y de refuerzo de formas complejas, ya que combinan una resistencia mecánica en torno a 600 N/mm^2 (al ser sometidos a un importante efecto "Bake Hardening"), con una excelente respuesta a la deformación comparable a un acero de embutición de 400 N/mm^2. Estos valores se consiguen mediante un cuidado diseño del material (desde el punto de vista de su composición), de variables que inciden en su producción, y de la respuesta del material a la conformación en frío (estos aceros son más fácilmente conformables que los aceros de fase dual, con una resistencia mecánica similar).

Gracias a la fuerte capacidad de absorción de energía de estos aceros, y a su buena resistencia a la fatiga, su uso se destina a fabricar piezas como los largueros, traviesas, refuerzos de pilares, etcétera.

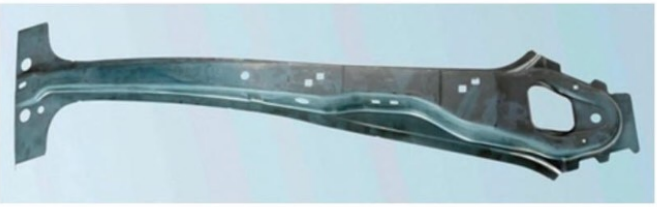


Figura 3.65. Pilar "B" fabricado con acero de muy alta resistencia TRIP.

© Ediciones Paraninfo

Aceros de fase compleja (CP)

Este tipo de aceros se diferencian del resto por su bajo porcentaje en carbono (inferior al 0,2 %). Como otros tipos de acero, incorporan elementos de aleación convencionales (manganeso, silicio, cromo, molibdeno, boro), así como elementos microaleantes para afinamiento de grano (niobio y titanio), que elevan el valor del límite elástico y les confiere una apropiada capacidad para la embutición. Este tipo de aceros se caracteriza por una elevada capacidad de absorción de energía y una alta resistencia a la deformación, por lo que resultan especialmente apropiados para la fabricación de piezas que requieren una buena resistencia al impacto, como los componentes del sistema antintrusión de la carrocería y los refuerzos de las fijaciones del sistema de suspensión.

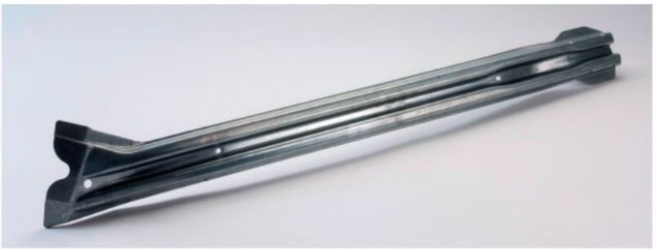


Figura 3.66. Barra de refuerzo lateral de la puerta fabricada con acero de fase compleja.

Aceros de ferrita-bainita (FB)

Son aceros laminados en caliente que combinan una elevada resistencia a la tracción y unas excelentes aptitudes a la deformación y al punzonado (rebordes) gracias a sus microestructuras compuestas por ferrita y bainita.

Se conforman mediante procesos de estampación en frío, y sus principales aplicaciones son para la fabricación de piezas estructurales como largueros, travesaños, elementos de bastidor y de unión al suelo.

Figura 3.67. Travesaño bajo los asientos fabricado con acero de ferrita-bainita.

Aceros de Ultra Alta Resistencia (UHSS)

Estos aceros tienen un límite elástico muy elevado, que permite desarrollar nuevos diseños y técnicas de transformación, con los que se que consigue reducir el peso de los módulos de la carrocería en torno a un 15 % en comparación con los aceros de alta resistencia (a los que sustituyen) y alcanzar unos valores de rigidez 2,5 veces superiores a los aceros ordinarios. Las piezas fabricadas con este tipo de acero se caracterizan por su elevada rigidez, la absorción de gran cantidad de energía y su alta capacidad para no deformarse.

Estos aceros combinan una muy alta resistencia con una aptitud mejorada a la conformación. En esta gama de aceros de ultra alta resistencia, la nueva tecnología de enfriamiento instalada en las líneas de recocido* continuo, permite utilizar materiales de unas estructuras metalúrgicas con las que se obtiene un mejor equilibrio entre la resistencia y la ductilidad del material.

Entre los aceros que pertenecen a este grupo se encuentran los aceros al boro y los aceros martensíticos.

Aceros al boro (Bor)

Estos aceros poseen pequeñas aleaciones de manganeso, cromo y boro. Este último elemento, añadido en pequeñas proporciones (0,005 %), permite aumentar sensiblemente la templabilidad de los aceros al carbono de baja aleación, consiguiendo un alto grado de dureza a un menor coste que los aceros de alto contenido en carbono o con otros elementos de aleación. El tratamiento de temple lo sufre el acero durante o después del proceso de estampación, lo que da como resultado una estructura martensítica, responsable del elevado grado de dureza que presentan estos aceros.

Sus características mecánicas permiten una reducción significativa del peso de los componentes de la carrocería (hasta un 50 % con respecto a un acero de alto límite elástico estándar).

El tratamiento termomecánico que sufre el acero durante el proceso de producción mediante laminado en caliente le confiere una excelente homogeneidad estructural, que permite un buen comportamiento ante el esfuerzo mecánico. Así mismo, este tipo de acero suelen tener una capa de revestimiento aluminizado con la finalidad de proteger el metal contra la oxidación y la descarburación durante el tratamiento térmico, ya que la temperatura de fusión es bastante más alta que la del zinc.

Por su elevado límite de elasticidad, estos aceros resultan apropiados para la fabricación de piezas del sistema antintrusión de la carrocería (travesaños de parachoques, refuerzo de puerta, refuerzos de los pilares "A" y "B", etcétera.

* El acero laminado se somete a un tratamiento térmico de recocido para recuperar la ductilidad adecuada para las posteriores operaciones de conformado.

© Ediciones Paraninfo

Aceros martensíticos (MS)

Los aceros martensíticos presentan una microestructura compuesta básicamente de martensita, obtenida al transformarse la austenita en el tratamiento de recocido que sufre el acero tras el proceso de laminación en caliente. Como resultado, estos aceros pueden tener un límite elástico de hasta 1400 MPa, que le proporciona una alta resistencia a la deformación. Por ello, también están indicados para la fabricación de piezas del sistema antintrusión de la carrocería.

Figura 3.68. Piezas de ultra alta resistencia en una carrocería (coloreadas).

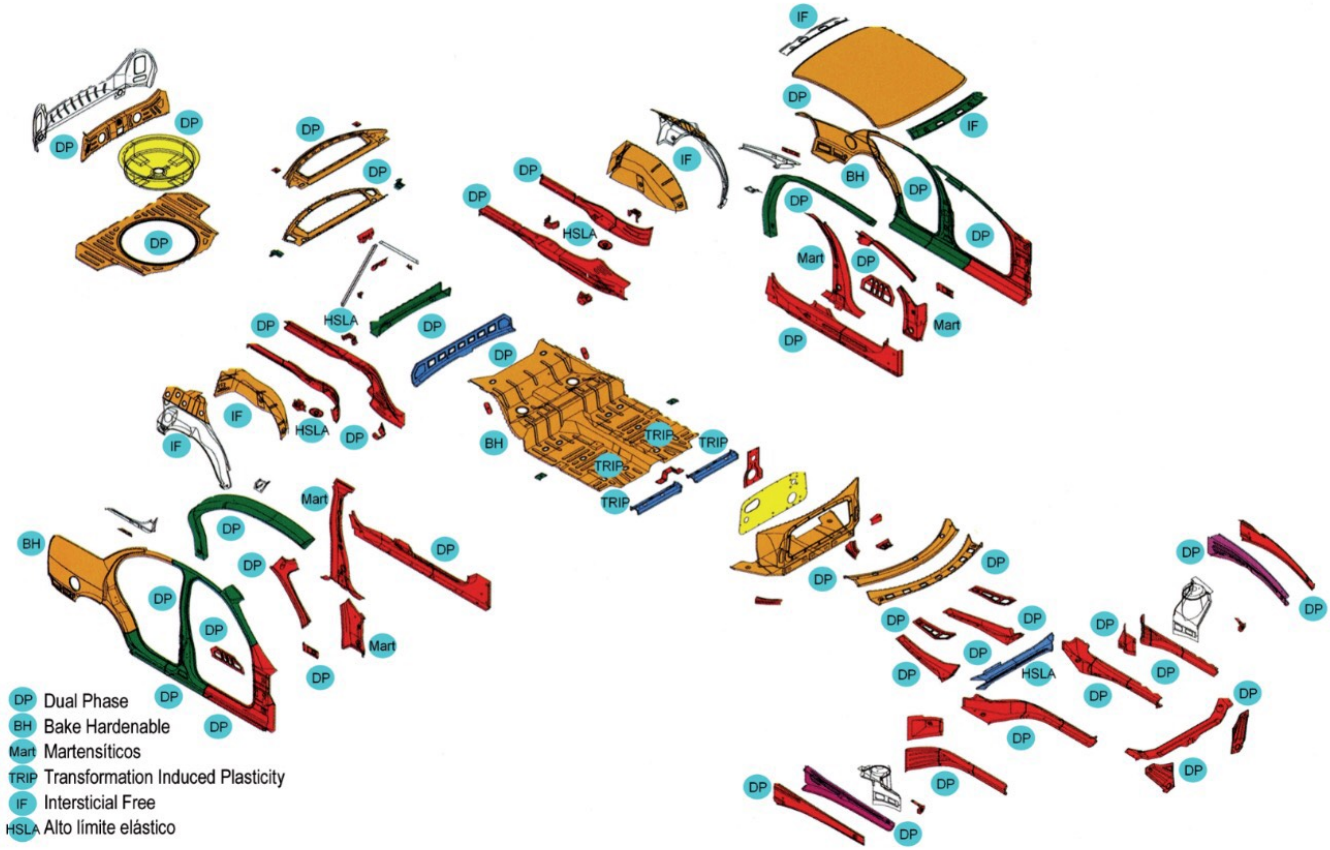


Figura 3.69. Ejemplo del despiece de una carrocería con la especificación del tipo de acero con el que está fabricado cada componente.

3.3.3. El acero inoxidable

El acero inoxidable se distingue del acero al carbono, por su contenido de cromo (acero ferrítico) y, en determinados casos, de níquel (acero austenítico). En su fase de fabricación, la adición de cromo mejora la resistencia a la oxidación del acero y la adición de níquel en los aceros inoxidables al cromo mejora sus propiedades mecánicas.

Hasta ahora su uso en automóviles es muy limitado, utilizándose casi exclusivamente en el sistema de escape. Sin embargo, una estructura de este material podría reducir su peso entre un 40 y un 50 % (respecto a un acero convencional). Además de la capacidad anticorrosiva, este tipo de acero tiene unos niveles de resistencia superiores a otros tipos de aceros, y unas buenas propiedades de ductilidad y reparabilidad. En cualquier caso, su precio resulta excesivo, aunque bien es verdad que se necesitaría menos cantidad de material ya que es más resistente.

Su proceso de ensamblaje tiene como particularidad principal, que los módulos de la estructura se realizan uniendo perfiles finos de acero inoxidable con nodos de fundición de pared delgada.

© Ediciones Paraninfo

Figura 3.70. Vehículo con carrocería fabricada con acero inoxidable.

3.3.4. Soluciones constructivas con aceros de alta resistencia

En cuanto al uso de aceros de alta resistencia se refiere, los constructores de vehículos han llevado a cabo diferentes propuestas constructivas para determinar su implementación en el diseño de la carrocería, con el objetivo de conseguir productos más ligeros y resistentes.

Uno de estos proyectos es el denominado *ULSAB*-AVC *(Ultralight Steel Auto Body)*. Este proyecto lo desarrolló *Porsche Engineering* hace unos años, fruto del interés de más de 30 empresas siderúrgicas para conseguir una carrocería que cumpliese unos requerimientos y solicitaciones acordes con los nuevos estándares de resistencia y peso del conjunto (emisiones contaminantes). Asimismo, también se pusieron en práctica las nuevas técnicas de fabricación para la optimización de los componentes de la carrocería.

El concepto básico consiste en construir la estructura de la carrocería con *aceros ultraligeros*, lo que representa una reducción de hasta un 25 % del peso de una carrocería similar construida con aceros convencionales. Esta primera utilización de los aceros avanzados de alta resistencia mejoraron sensiblemente la capacidad de conformado y las propiedades mecánicas, ya que son el doble de resistentes que los aceros convencionales.

Los vehículos diseñados usando estos aceros demostraron un buen comportamiento frente al choque. Asimismo, las carrocerías fabricadas a partir de este programa comenzaron a utilizar nuevas técnicas en el procesamiento del acero, como los formatos soldados *Tailored Blanks*, el hidroconformado de tubos, el hidroestampado, etc., que ayudan a la optimización de los diseños, utilizando menos componentes. En esta línea, con la aplicación de la tecnología láser en la soldadura de piezas de la carrocería, se disminuyó la distorsión dimensional y se redujeron las alteraciones de las propiedades de los materiales soldados.

Esta combinación de materiales y procesos de producción avanzados permitió consolidar las funciones en alrededor de un 20 % menos de piezas, lo que dio como resultado una carrocería más económica y un 25 % más ligera de un modelo común, presentando una rigidez un 80 % mayor, así como una mayor integridad estructural.

Figura 3.71. Carrocería fabricada bajo el estándar ULSAB-AVC.

A continuación se citan los porcentajes de piezas fabricadas según el método de procesado aplicado, los métodos de unión empleados y los diferentes tipos de acero que se utilizaron en el desarrollo de este proyecto.

Método de procesado de las chapa de acero:

- 38 % Piezas estampadas.
- 31 % Piezas conformadas mediante *tailored blanks*.
- 13 % Piezas hidroestampadas.
- 7 % Tubo hidroconformado.
- 6 % Tubo soldado (*Tailored Blank*).
- 3 % Tubo recto.
- 2 % Otros.

Características de las uniones empleadas:

- 100 m de soldadura láser.
- 814 puntos de soldadura por resistencia.
- 1,6 m de adhesivo.
- Menos de 1 m de soldadura MIG.

Por lo que respecta a los materiales empleados, más del 80 % del acero utilizado fue AHSS, concretamente:

- 74 % *Dual Phase*.
- 10 % *Bake Hardenable*.
- 4 % *High Strength* IF.
- 4 % Martensítico.
- 2 % *Transformation Induced Plasticity* (TRIP).
- 1 % HSLA.
- 1 % Fase Compleja (*Complex Phase* CP).
- 4 % Otros.

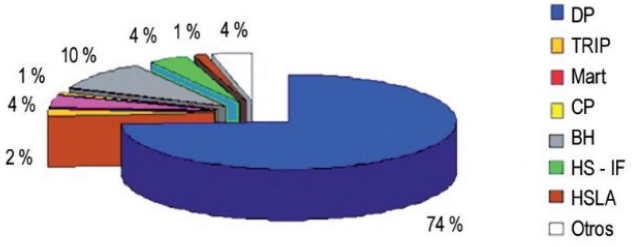


Figura 3.72. Tipos de acero empleados en el proyecto ULSAB-AVC.

© Ediciones Paraninfo

3.3.5. Consideraciones sobre la reparación de los aceros de alta resistencia

A diferencia de los aceros convencionales, cuya reparación no presentan ningún tipo de complejidad, las piezas fabricadas con aceros de alta resistencia, como consecuencia directa de su elevado límite elástico y grado de dureza, presentan ciertas dificultades en su reparación que es necesario tener en cuenta.

Las chapas fabricadas con este tipo de aceros, tienen una resistencia inicial superior a los aceros convencionales, y son extremadamente frágiles cuando se sobrepasa su límite elástico. Por ello, y con carácter general, las piezas de acero HSS que se han deformado resulta aconsejable sustituirlas. En esta operación es muy importante respetar las zonas de corte, los procesos de ensamblaje y de soldadura, descritos en los manuales de reparación.

En caso de reparación, se deberá realizar un mayor esfuerzo que si se tratara de una pieza fabricada con acero convencional, debido al elevado límite elástico de los aceros HSS. A su vez, en el proceso de reparación de piezas fabricadas con estos aceros, es muy importante la temperatura que se les aplique, ya que por encima de 600 ºC, con el posterior enfriamiento de la pieza (al aire), se obtiene prácticamente un temple parcial que provocará la formación de austenita en la estructura interna del acero, lo que a la larga originará grietas.

Figura 3.73. **Los nuevos equipos de soldadura por puntos de resistencia con tecnología inverter, permiten obtener intensidades de soldadura del orden de 14 000 A, y fuerzas de cierre de la pinza de 550 daN, que los hacen aptos para la soldadura de aceros de muy alta resistencia.**

Para evitar estos inconvenientes no resulta conveniente utilizar calor en las reparaciones, debiendo realizarlas en frío (remachado y/o pegado), o en caso de tener que calentar, sin llegar a los 600 ºC. Es por ello, que la soldadura oxiacetilénica, y el enderezado con calor, están desaconsejados como procedimientos de reparación.

Estos aceros presentan una buena aptitud a la soldadura debido a su bajo contenido en elementos de aleación. Para su soldadura se recomienda el uso de equipos MIG/MAG o MIG BRAZING. La soldadura con arco eléctrico también puede usarse, siempre y cuando se utilicen los electrodos adecuados y de la forma correcta. Así mismo, se puede utilizar la soldadura por puntos de resistencia, teniendo en cuenta los ajustes correctos de los parámetros de intensidad de corriente, presión de los electrodos y tiempo de soldadura.

En el caso de los aceros de muy alta resistencia, su reparación resulta aún más difícil como consecuencia de su mayor límite elástico, lo que obliga a realizar esfuerzos mayores. En cuanto a la soldadura, el método apropiado es por puntos de resistencia, mediante equipos capaces de proporcionar una mayor intensidad de corriente y una mayor presión de la pinza, que las suministradas por los equipos convencionales.

Por lo que respecta a los aceros de ultra alta resistencia, en muchos casos el alto grado de dureza que alcanzan, hace prácticamente inviable su reparación, siendo necesaria su sustitución. En los procesos de soldadura, hay que utilizar los mismos equipos que en el caso de aceros de muy alta resistencia.

3.4. Aleaciones ligeras. El aluminio

Se denominan así a las aleaciones que tienen como elemento base el aluminio (Al).

El aluminio es un metal de color gris-blanco brillante, de densidad 2,70 g/cm^3 y punto de fusión de 660 ºC. Es ligero, dúctil y maleable, y muy buen conductor del calor y de la electricidad. Se moldea fácilmente.

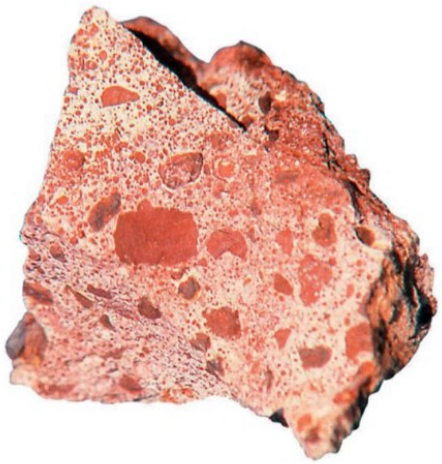


Figura 3.74. **Mineral de bauxita, a partir del cual se obtiene el aluminio.**

© Ediciones Paraninfo

A pesar de una gran afinidad con el oxígeno, es inalterable en el aire, pues al inicio del proceso de oxidación se recubre con una delgada capa de óxido (alúmina), que protege al resto de la masa del ataque de la oxidación.

Por otro lado, el contacto del aluminio con metales más nobles como el hierro debe evitarse, debido a que se forman pares galvánicos que destruyen la capa de alúmina protectora, y por lo tanto se verá sometido a procesos de corrosión.

3.4.1. Fabricación

El aluminio es, después del acero, el metal más utilizado, a pesar de que su explotación económica solo ha sido posible desde hace unos 100 años.

La materia prima para el aluminio es la bauxita, que se origina por efectos de intemperización de caliza y silicato en condiciones climatológicas adecuadas.

Figura 3.75. Bauxita transformada en óxido de aluminio (alúmina). Con cuatro toneladas de bauxita, es posible refinar aproximadamente dos toneladas de alúmina.

La dificultad para obtener el aluminio reside en la gran cantidad de energía que se consume y en el modo de separarlo del mineral, ya que el aluminio establece una oxidación muy estable al entrar en contacto con el oxígeno, en virtud de lo cual no se puede obtener en la misma forma que el hierro o el cobre, los cuales son separados del mineral por fusión con ayuda de carbón.

Para convertir bauxita en aluminio, en primer lugar se muele el mineral y se mezcla con cal viva y sosa cáustica. A continuación se calienta la mezcla en recipientes a alta presión, en los que por efecto de la sosa cáustica, se precipita el óxido de aluminio. Una vez que se ha eliminado el agua, lo que queda es un polvo blanco, denominado óxido de aluminio o alúmina.

Posteriormente, el óxido de aluminio se convierte en aluminio mediante un proceso de reducción electrolítica conocido como fundición. El producto obtenido puede transformarse mediante procesos de fundición en moldes, laminación, forjado, o extrusión.

3.4.2. Características del aluminio

El aluminio en estado puro es un material muy blando, con bajo límite elástico, y poco tenaz, por lo que resulta necesario la adición de ciertos elementos para mejorar sus propiedades mecánicas como: el límite de elasticidad, la resistencia a la tracción y la dureza; disminuyendo, en cambio, otras como: la ductilidad, la resistencia a la corrosión, la tenacidad y la conductibilidad térmica y eléctrica.

Algunos de los elementos que se añaden al aluminio son:

- Cobre. Le confiere mayor resistencia mecánica, dureza y facilita su mecanizado.
- Magnesio. Se utiliza para mejorar su ductilidad y resistencia a los impactos.
- Manganeso. Su adición eleva la dureza y la resistencia.
- Silicio. Rebaja el punto de fusión y mejora la colabilidad.
- Cinc. Refuerza su dureza y su resistencia.

Como resumen, las ventajas que ofrece la utilización del aluminio son:

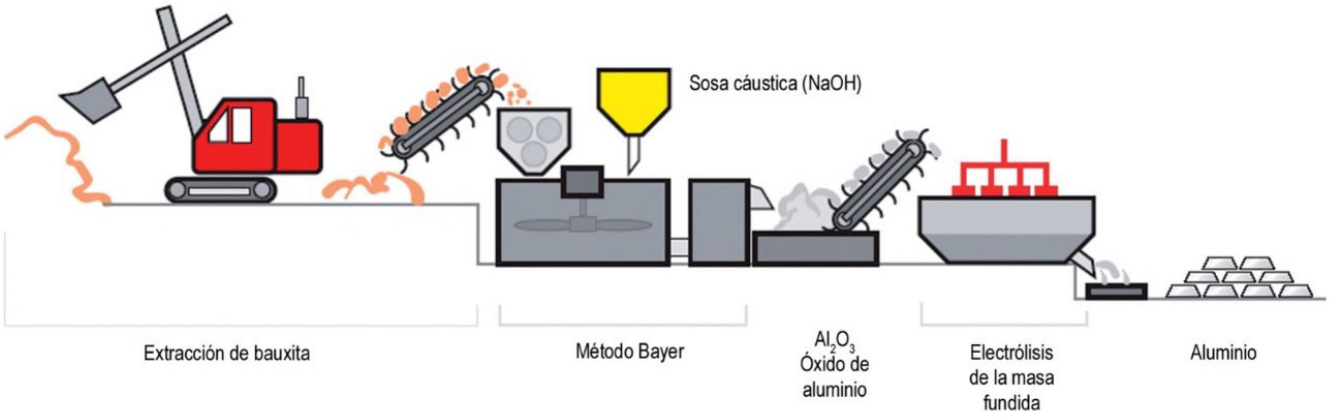


Figura 3.76. Proceso de fabricación del aluminio.

© Ediciones Paraninfo

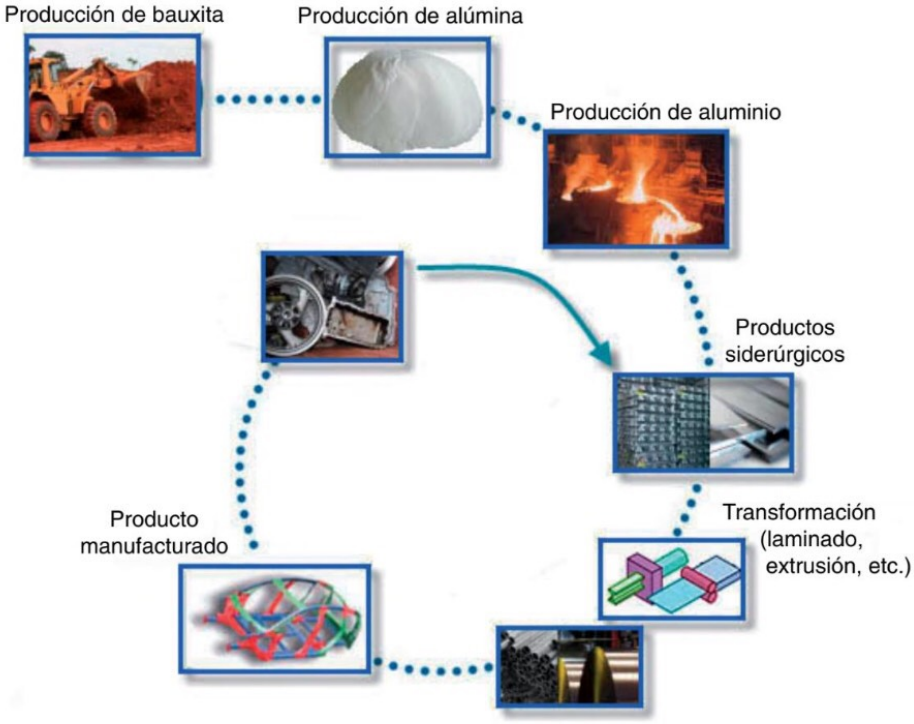


Figura 3.77. Ciclo de uso del aluminio.

- El aluminio tiene solo aproximadamente 1/3 del peso específico del acero.
- Las aleaciones de aluminio son fácilmente reutilizables y reciclables una gran cantidad de veces. Para este proceso, se necesita solamente un 5 % de energía que se consume para el aluminio primario.
- Ofrece bastante facilidad para ser trabajado con herramientas de arranque de virutas.
- Es un material no tóxico.
- Presenta una excelente capacidad de resistencia (desde 60 hasta más de 500 N/mm^2).
- Tiene una buena maleabilidad. Ningún otro metal admite un laminado más fino.
- Tiene una excelente colabilidad (capacidad para llenar en estado líquido moldes complicados.

Tabla 3.2. Comparativa entre el acero, aluminio y magnesio.

Propiedades	Acero	Aluminio	Magnesio
Densidad	7,87 kg/dm^3	2,69 kg/dm^3	1,74 kg/dm^3
Temperatura de fusión	1538 °C	660 °C	650 °C
Resistencia a la tracción	35-41 kg/mm^2	12 kg/mm^2	18-23 kg/mm^2
Límite elástico	23 kg/mm^2	10 kg/mm^2	7-10 kg/mm^2
Alargamiento	25-37 %	11 %	5 %
Dureza	50-67 HB	15 HB	25 HB

3.4.3. Aleaciones de aluminio

Mediante aleaciones adecuadas, la resistencia mecánica del aluminio se eleva considerablemente, a la vez que disminuye su coeficiente de dilatación. Asimismo, mediante tratamientos térmicos adecuados como el templado, también se logra mejorar otras características como la dureza.

Figura 3.78. Bloque motor fabricado en aluminio.

© Ediciones Paraninfo

En general, las aleaciones de aluminio son ligeras, fuertes y de fácil conformabilidad. Además, son fáciles de ensamblar, fundir o maquinar y aceptan gran variedad de acabados.

El proceso utilizado para la transformación del aluminio, origina dos grupos o familias diferenciadas:

- Aleaciones de aluminio para fundición.
- Aleaciones de aluminio para forja.

Aleaciones para fundición

Sus principales componentes son: aluminio-cobre, aluminio-cobre-silicio, etc., aunque normalmente pueden contener otros elementos como el cinc, magnesio, etc., que favorecen el llenado de los moldes para facilitar la fabricación de piezas fundidas y mejorar sus propiedades mecánicas.

Estas aleaciones se funden principalmente por varios procedimientos:

- Fundición de arena.
- Fundición inyectada.
- Fundición en coquilla.

Figura 3.79. Llanta fabricada en aluminio.

Aleaciones para forja

Además del aluminio, contienen otros elementos como el cobre, magnesio, manganeso, níquel, etc., que mejoran su resistencia mecánica y permiten la fabricación de piezas o componentes por procedimientos mecánicos como la forja, laminación, trefilado, etc. Este tipo de aleaciones suelen admitir tratamientos térmicos que modifican sus propiedades.

Las aleaciones de aluminio para forja pueden dividirse en dos grandes grupos:

▸ **Aleaciones de aluminio no tratables térmicamente (no bonificables).** Las aleaciones de aluminio no tratables térmicamente no pueden ser endurecidas por precipitación y solamente pueden ser trabajadas en frío para aumentar su resistencia. Se dividen, básicamente en tres grupos:

- Aleaciones Al-Fe-Si.
- Aleaciones Al-Mn.
- Aleaciones Al-Mg.

▸ **Aleaciones de aluminio tratables térmicamente (bonificables).** Al ser tratadas térmicamente, alcanzan valores más elevados de resistencia y dureza. Las principales aleaciones de este tipo son:

- Aleaciones Al-Cu.
- Aleaciones Al-Mg2Si.
- Aleaciones Al-Cu-Mg2Si (Duraluminio).
- Aleaciones Al-Zn-Cu-Mg.

3.4.4. El aluminio en la fabricación de carrocerías

El aumento de la seguridad, las prestaciones y el confort de los automóviles estaba conduciendo su evolución hacia vehículos cada vez más pesados, que como ya se ha mencionado, penalizan el consumo de combustible y las consiguientes emisiones de CO_2, por lo que, para conseguir el objetivo de fabricar vehículos más ligeros, se hace imprescindible la utilización de otros materiales más ligeros como el aluminio.

En la actualidad, el aluminio es el metal por excelencia que se emplea en la construcción de los aviones, de naves espaciales, de trenes de alta velocidad, etc. Desde hace algunos años, también ha comenzado a utilizase de forma más apreciable en la fabricación de carrocerías. Las ventajas que por su naturaleza aporta el aluminio en esta fase, pueden resumirse en:

- Ser más ecológico al ser reciclable en un 100 %, y al ser menos pesado consigue un menor consumo y por tanto, disminuye el nivel de emisiones contaminantes. De hecho, las nuevas directivas obligan a que el vehículo sea reciclable en un tanto por ciento muy elevado.
- Resulta más seguro al tener una deformación más controlada en caso de impacto y un peso más reducido que favorece la actuación del sistema de frenos.

Su bajo peso específico (hasta un tercio con respecto del acero), unido a su excelente relación resistencia mecánica-peso y su fácil y rentable reciclado, hacen del aluminio un material que se utiliza cada vez más en la industria del automóvil ya que puede sustituir al acero convencional en la fabricación de componentes del motor y carrocería principalmente. De hecho, algunas aleaciones de aluminio pueden desempeñar casi cualquier función en lugar del acero, como en el caso del bastidor.

© Ediciones Paraninfo

Figura 3.80. **Estructura de una carrocería de aluminio. Gracias a su relación resistencia/peso, puede conseguirse una reducción de hasta el 40 % del peso, respecto a una carrocería de acero convencional.**

La aparición de carrocerías de aluminio supone un cambio de concepto en cuanto a las tradicionales técnicas de fabricación, ya que por las características de este metal es necesario adaptar todas las fases del proceso productivo (técnicas de elaboración, sistemas de ensamblajes, tratamientos térmicos, etc.). En este sentido, la utilización del aluminio junto a otros metales, representa un gran esfuerzo de diseño para evitar la aparición de pares galvánicos, ya que los sistemas de unión tradicionales para el acero no resultan en todos los casos apropiados para el aluminio; lo que es necesario tener en cuenta en los procesos de reparación.

Piezas conformadas mediante estampación

Una vez obtenido el aluminio y aleado con los elementos correspondientes, las piezas, como los paneles exteriores de la carrocería, se conforman mediante estampación para darles su forma definitiva.

Para la fabricación de los paneles se utilizan principalmente materiales termofraguables, ya que responden al compromiso de contar con una buena maleabilidad, propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión.

La conformación se realiza en dos fases:

a. En una primera fase se lamina el material en bruto para producir las chapas. Esta operación se lleva a cabo mediante laminación escalonada, hasta alcanzar el espesor necesario de la chapa.

b. Seguidamente se da a las chapas la forma prevista mediante cortes y estampado.

Una vez realizado el estampado, las piezas de aluminio todavía resultan blandas, por ello es necesario aumentar su solidez por medio de un proceso de termofraguado. En síntesis, este proceso provoca que diversos ligantes se combinen con el aluminio dando una tensión previa a la estructura atómica lo que se traduce en una mayor solidez. Con ello se obtienen unas óptimas cualidades mecánicas; por ejemplo, un aumento del límite elástico y de la resistencia a la tracción, consiguiéndose unos valores comparables a los aceros convencionales con estampado profundo.

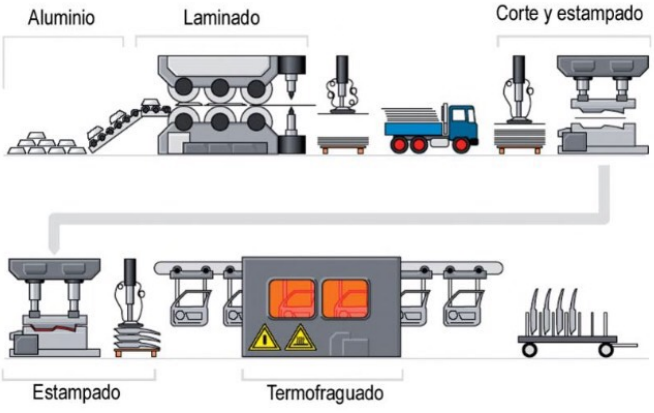


Figura 3.81. **Proceso de conformado de las piezas de aluminio**

El criterio que se sigue para calcular las dimensiones de los paneles exteriores de la carrocería, se basa en hacerlos lo más grandes posible sin que se vean afectados por las abolladuras provocadas por los golpes de granizo o por las presiones locales al pulir o cerrar las puertas, tapas o capós.

Cuando se necesitan ensamblajes cuyas tolerancias de montaje están entorno a +/- 0,2 mm, se recurre a fabricar las piezas mediante la técnica IHU (similar a los *tailored blank o la hidroconformación*). Mediante este procedimiento se puede fabricar un componente de la carrocería con diferentes secciones transversales. El proceso de fabricación es el siguiente (Figura 3.82):

© Ediciones Paraninfo

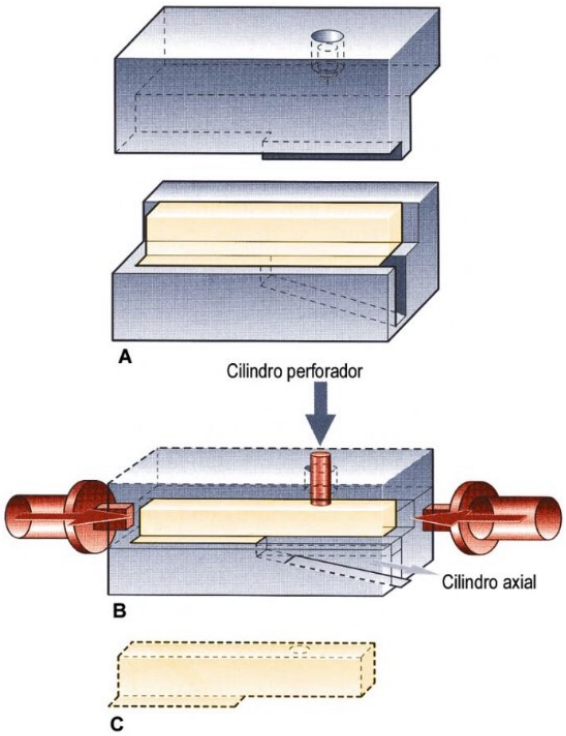


Figura 3.82. **Proceso de fabricación mediante la técnica IHU.**

1. El perfil cortado a medida se coloca en una herramienta (matriz) compuesta por un elemento superior y otro inferior (detalle a).
2. Al cerrar las dos mitades se realiza el recorte de la pieza. Al mismo tiempo se introducen los cilindros axiales y el perfil de llena de líquido (detalle b).
3. A continuación se genera una presión de 1700 bar aproximadamente, el perfil se expande hasta el molde de la herramienta y se calibra.
4. En cuanto se alcanza la presión final, se desplazan hacia fuera los cilindros perforadores que habían mantenido cerrados hasta ese momento los orificios para operaciones adicionales de perforación.
5. Con el cilindro perforador se expulsa de esa forma una parte definida del perfil, produciendo así el hueco de paso.
6. Después se puede retirar la pieza (detalle c).

Figura 3.83. **Lateral de aluminio fabricado mediante estampación.**

Piezas conformadas mediante fundición y extrusión

Entre los constructores que utilizan el aluminio en la fabricación de carrocerías, destaca un nuevo principio constructivo denominado ASF (*Audi Space Frame)* desarrollado por Audi.

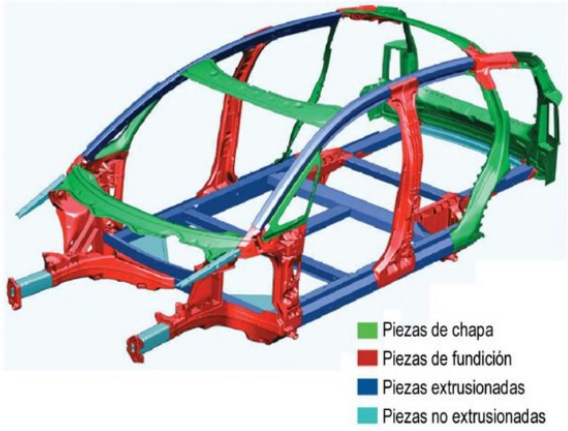


Figura 3.84. **Estructura de una carrocería *space frame*.**

La estructura de los modelos fabricados con este procedimiento está formada por perfiles extrusionados rectos y curvos que se juntan en los puntos de unión mediante piezas de fundición inyectada (nudos de fundición a presión en vacío) que rodean el compartimento de los pasajeros. Mediante un nervado de los nudos de fundición se consigue una alta rigidez local en los puntos transmisores de fuerza de los soportes del tren de rodaje y de los grupos propulsores.

Los nudos de fundición en los puntos de unión y los puntos transmisores de fuerza, crean un marco extraordinariamente estable, que forma junto con las chapas de aluminio, una carrocería sin superestructuras que se caracteriza por una extremada resistencia con un reducido peso (40 % menos respecto a otra similar de acero convencional) y un alto nivel de confort.

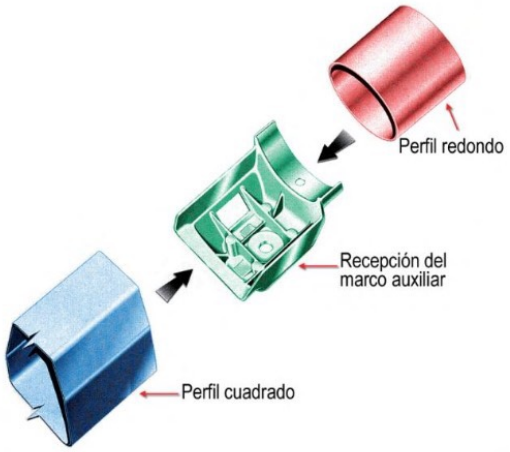


Figura 3.85. **Unión de perfiles extrusionados con formas diferentes.**

© Ediciones Paraninfo

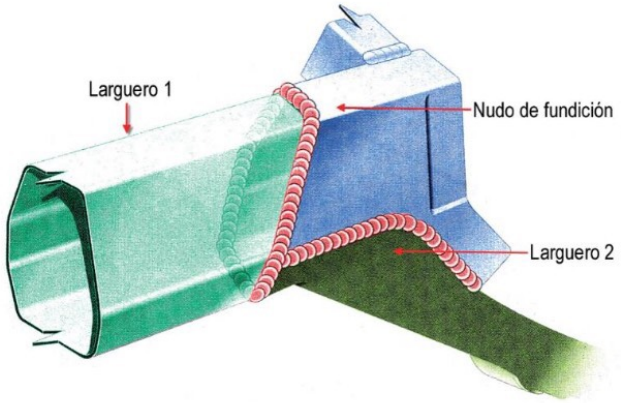


Figura 3.86. Nudo de fundición.

Al igual que en el caso de las chapas estampadas, una vez extrusionadas, las piezas se someten a un tratamiento térmico a 205 ºC para mejorar sus propiedades mecánicas (límite elástico y resistencia a la tracción, principalmente).

En este tipo de bastidor, se fijan todas las demás piezas de aluminio de la carrocería por soldadura con gas protector, remachado, pegado y clinchado (unión de dos chapas por embutido parcial).

Figura 3.87. Ubicación de los perfiles extrusionados y los nudos de fundición.

3.4.5. Reparación de carrocerías de aluminio

En los procesos de reparación de carrocerías se necesitan emplear unas técnicas, equipamiento, y productos muy diferentes a los usados con el acero; ya que el aluminio posee un comportamiento, propiedades y características distintas, y por lo tanto, los tratamientos mecánicos y térmicos han de ser diferentes, lo que supone el tener que realizar una actualización en los procesos de reparación clásicos.

En general los principales inconvenientes son:

- En las operaciones generales realizadas con el martillo (batido, recalcado, estirado, etc.) hay que tener presente, que al ser el aluminio un metal bastante blando, el golpeteo continuo produce fácilmente estiramientos indeseados del material.
- En las operaciones de soldadura, es necesario disponer de equipos adecuados de una intensidad más elevada que los convencionales, debido a que el aluminio es un material que presenta una gran conductividad térmica, por lo que es difícil localizar durante el tiempo adecuado un punto de calor para producir la fusión del material. A esto se suma que al tener poca resistencia eléctrica, debido a su alta conductividad eléctrica, el calor que se genera durante el proceso de soldadura por puntos de resistencia, es insuficiente para conseguir, asimismo, la fusión del material, por lo que es necesario aumentar sustancialmente la intensidad aportada (Ley de Joule).
- En las operaciones de estiraje, al ser un material menos resistente que el acero, la aplicación de esfuerzos para intentar reducir las deformaciones, ha de efectuarse bajo un control muy minucioso.
- Las herramientas que se utilicen para la reparación de aceros no se pueden utilizar en la reparación de piezas de aluminio para evitar contaminación por contacto.

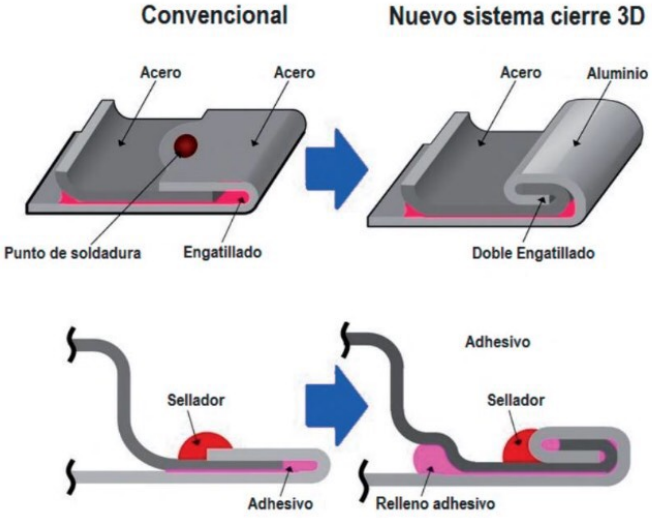


Figura 3.88. En la unión de piezas de distintos materiales se debe evitar la aparición de la corrosión galvánica. Para ello, fabricantes como Honda desarrollan nuevos sistemas de unión para impedir este efecto.

3.5. Aleaciones ultraligeras. El magnesio

Las aleaciones ultraligeras son las que tienen como base al magnesio (Mg) y algunos elementos de adición como el aluminio, que aumenta la dureza y la resistencia, y el cinc, que aumenta la ductilidad. Su característica principal es el bajo peso específico (aún menor que las aleaciones lige-

© Ediciones Paraninfo

ras), por lo que representa una alternativa muy interesante al aluminio. Con respecto al acero, el magnesio tiene una densidad casi cinco veces inferior y su potencial de ahorro de peso es un 60 % aproximadamente.

El magnesio, es un metal de color blanco que no se encuentra en estado puro, sino formando minerales o bien disuelto en agua de mar, y aquí radica su principal inconveniente, ya que conseguir magnesio puro es muy costoso al tener que utilizar procesos de electrólisis del agua de mar para su obtención.

Se caracteriza por su extraordinaria ligereza en relación al volumen. Con una densidad de 1,74 g/cm^3, el aluminio resulta 1,5 veces más pesado y el acero 4,5 veces más. Tiene un punto de fusión de 650 ºC, y presenta una rigidez óptima.

Aunque se utiliza principalmente para mejorar propiedades de otras aleaciones, cada vez se utilizan más las aleaciones de magnesio de alta pureza (90 %).

Una de las características más importantes de las aleaciones de magnesio es que, en estado fundido, son más fluidas que otros materiales. Esta característica aporta las siguientes ventajas:

- Disminución de peso, ya que permiten reducir el espesor de determinas piezas que no deben tener una gran resistencia, sino un espesor mínimo necesario para que el material fundido llene correctamente el molde.
- Facilitan el proceso de fundición, permitiendo fabricar de una sola vez piezas con formas complicadas, y conseguir un mejor acabado y mayor duración de los moldes.

Todas las aleaciones de magnesio son reciclables y, desde un punto de vista económico, resulta mucho más rentable reciclar que obtener material de primera generación, ya que para obtener material mediante el reciclaje solo hace falta un 3 % de la energía necesaria para el proceso de electrólisis.

Figura 3.89. Travesaño del panel de instrumentos fabricado de magnesio.

3.5.1. Conformado de piezas de magnesio

Las piezas de magnesio se obtienen principalmente por fusión o por forjado, aunque es un material difícil de moldear porque en estado fundido arde en el aire. Es un material inalterable en el aire seco, sin embargo en ambientes húmedos se produce una oxidación superficial.

El proceso de fabricación de piezas de magnesio es el siguiente:

El magnesio obtenido se combina al igual que el aluminio con ligantes que mejoran de forma importante sus propiedades para la fusión. Después de ello, la aleación fundida de magnesio se inyecta a altas presiones y velocidades en una matriz de moldeo. La pieza fundida así obtenida se enfría en la matriz y es expulsada al abrirse las dos mitades de dicha matriz. Durante esta operación, la matriz no se destruye, pudiendo ser utilizada para las siguientes piezas de fundición.

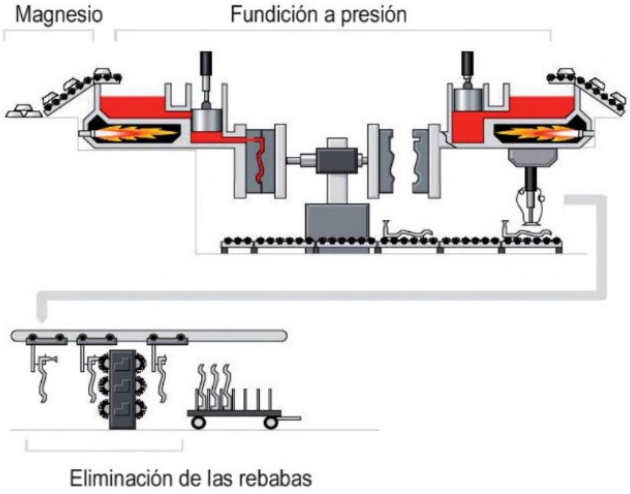


Figura 3.90. Proceso de fabricación de piezas de magnesio

El magnesio suele utilizarse con distintas aleaciones para fabricar piezas (por fusión o por forjado según los fabricantes) como: paneles exteriores e interiores de la carrocería, el travesaño de sujeción del panel de instrumentos, estructura de asientos, llantas, etc.

Figura 3.91. Llanta fabricada en aleación de magnesio.

© Ediciones Paraninfo

Las aleaciones ultraligeras, presentan una extraordinaria afinidad con el oxígeno, lo que representa una serie de ventajas para la realización de los procesos de soldadura. Para la realización de estos procesos deben utilizarse electrodos huecos con aporte de gas protector, para que el magnesio no entre en contacto con la atmósfera. Estas aleaciones tienen relativamente baja fuerza y pobre resistencia a la termofluencia*, fatiga y desgaste.

Las operaciones de reparación de este tipo de aleaciones han de realizarse en caliente (alrededor de 300 ºC).

En cualquier caso, ha de tenerse presente que las piezas de magnesio no deben mecanizarse debido al alto riesgo de incendio

Figura 3.92. Interior de tapa de maletero fabricado en aleación de magnesio. Este material es un 75 % más ligero que el acero y un 33 % más que el aluminio.

3.6. Plástico

Las características mecánicas de los materiales plásticos los hacen especialmente adecuados para la construcción de carrocerías, ya que dada su ligereza, permiten obtener una importante reducción de peso y conseguir vehículos energéticamente más eficientes. Otras características importes de los plásticos son su gran flexibilidad, aptitud para el moldeado, resistencia a la corrosión y durabilidad. El conjunto de estas propiedades permite a los fabricantes conseguir diseños más atrevidos, eficaces e innovadores.

En la actualidad, con este material se construyen gran cantidad de elementos interiores y exteriores de la carrocería: tableros de instrumentos, consolas, revestimientos, molduras, paragolpes, aletas, retrovisores, rejillas, elementos aerodinámicos, etc. Sin embargo su uso para la construcción integral de la carrocería solo se reduce a prototipos (sobre todo fibra de carbono y kevlar), aplicaciones deportivas que se montan sobre chasis multitubulares y vehículos de baja motorización "cuatriciclos".

* Termofluencia es la deformación de un material, dependiendo del tiempo, cuando ha sido sometido a carga o tensión constante.

Figura 3.93. El prototipo Hyundai QarmaQ concept es el resultado de un acuerdo de colaboración entre Hyundai y la división de Plásticos de General Electric para demostrar la durabilidad y las posibilidades del diseño utilizando solo materiales plásticos.

El uso del plástico en vehículos de serie se ve condicionado por su capacidad de resistencia al impacto, ya que la absorción de energía en caso de choque se ve penalizada por la elevada flexibilidad de estos materiales. En todo caso, últimamente se han conseguido notables resultados en pruebas de choque realizadas con prototipos fabricados con plásticos reforzados con fibra de vidrio y kevlar.

Entre las cualidades que hacen a los plásticos especialmente idóneos para su empleo en la construcción de carrocerías, pueden citarse:

- Excelente aptitud para el conformado (moldeado), que facilita los diseños más atrevidos.
- Gran ligereza (notable reducción de peso).
- Nula capacidad corrosiva.
- Alta inalterabilidad a los cambios de temperatura.
- Alto límite elástico (gran flexibilidad).
- Gran resistencia a productos como la gasolina, grasa y aceites.
- Perfecta aptitud para el reciclaje y reaprovechamiento de las piezas.

Figura 3.94. Vehículo con paneles exteriores de material plástico.

© Ediciones Paraninfo

Figura 3.95. Carrocería fabricada íntegramente con material plástico.

3.6.1. Nuevos materiales plásticos

La constante preocupación de los fabricantes por la reducción del peso, manteniendo unos niveles aceptables de resistencia, ha provocado una demanda de materiales plásticos para utilizarlos en revestimientos de la carrocería, con tolerancias de montaje relativamente reducidas en paneles más grandes y complejos, que posean propiedades que ya no pueden proporcionar los plásticos convencionales. Además, tradicionalmente, estas piezas han sido de base autocoloreada, y la tendencia es que se puedan pintar en la misma línea de ensamblaje.

Figura 3.96. Vehículo con panelería intercambiable de material plástico coloreado.

Los requisitos principales pueden resumirse en los siguientes:

- Deben permitir un aumento en las posibilidades de diseño e integración de estas piezas. También deben tener un proceso fácil de fabricación y buenas características en cuanto a su contribución resistente y a su rigidez estructural.
- Mayor estabilidad dimensional. De no ser así, especialmente los componentes horizontales, como los capós o los módulos para techo, difícilmente podrán producirse en serie. Para ello resulta fundamental un reducido coeficiente de expansión térmica.
- Capacidad de pintura "en línea" y "fuera de línea" con sistemas de pintura acuosa ecológicos.

Para conseguir estos resultados se han desarrollado varias tecnologías con materiales innovadores, como el plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP), que ofrecen propiedades con un alto rendimiento y un ahorro de peso considerable.

Como ejemplo de estos nuevos materiales se encuentran los siguientes grupos de compuestos:

Plásticos auto-reforzados

Los plásticos auto-reforzados son una familia de materiales compuestos, donde la matriz polimérica se refuerza con fibras poliméricas altamente orientadas, normalmente derivadas del mismo polímero.

Los plásticos auto-reforzados (SRP) han mejorado su resistencia y rigidez en comparación con los plásticos no reforzados, además de mejorar su reciclabilidad y reducir su peso en comparación con los plásticos reforzados con fibra de vidrio. También tienen una extraordinaria absorción de la energía producida por impactos y la ausencia de fibras abrasivas ofrece evidentes ventajas de manipulación.

Esta tecnología es aplicada básicamente al polipropileno, ya que tiene un buen balance de propiedades y un coste relativamente bajo.

Compuestos HMD (*High Modulus and Ductility* - módulos y ductilidad elevados)

Los materiales HMD se basan en una tecnología que deja muy atrás los termoplásticos existentes para paneles de carrocería de automóviles, ya que con unas densidades ligeramente superiores a las de polímeros anteriores, estos nuevos materiales presentan una rigidez que dobla o triplica la estándar. El módulo que se puede lograr es de 4.000 a 5.000 MPa, que se complementa con una gran ductilidad. Esto abre un gran potencial de integración para diseños de carrocerías en cuanto a forma y función, con ventajas que abarcan desde la integridad de los materiales y la mayor facilidad de montaje, hasta un reciclaje económico.

© Ediciones Paraninfo

Asimismo, esta tecnología también cumple requisitos de procesamiento mediante moldeado por inyección, ya que la fluidez de estos materiales es claramente superior a la de los polímeros cargados con minerales y prácticamente no existe post-contracción.

Compuestos HPPC (*High Performance Thermoplastic Composites* - compuestos termoplásticos de alto rendimiento).

Son materiales de alto rendimiento, que combinan un núcleo de compuestos de fibra vidrio con una película termoplástica. Estos materiales se emplean en piezas de carrocería horizontales de gran superficie, como los capós y los módulos de techo, así como sus estructuras internas.

La tecnología HPPC se basa en resinas patentadas y puede ofrecer excelentes alternativas al acero laminado, el aluminio y el SMC. El objetivo es posibilitar diseños ligeros pero de gran rigidez, basados en la gran resistencia a los impactos de estos polímeros. Tienen un bajo coeficiente de expansión térmica, que los sitúa entre el aluminio y el acero, y también presentan un alto módulo de elasticidad.

A diferencia del SMC, las piezas se pueden formar sin post-contracción ni deformación con una calidad de superficie excelente, lo que elimina la necesidad de un tratamiento posterior.

La gran rigidez y estabilidad dimensional de estos materiales ofrecen una considerable libertad de diseño. Aunque la utilización de la ingeniería termoplástica se ha limitado hasta la fecha a piezas de carrocería horizontales de superficie relativamente pequeña, el material HPPC está ampliando su aplicación a piezas más grandes, por ejemplo, capós que se extienden al área de la aleta. De igual forma, la estructura interna de soporte de estos componentes también puede ser de HPPC.

3.7. Nuevos materiales

Las últimas investigaciones en este campo se centran en los denominados "materiales activos" o "materiales con memoria". La peculiaridad fundamental de este tipo de material reside en el cambio que experimentan como respuesta a determinados estímulos controlados. Esto da lugar a características tan notables como el tener propiedades variables y cambios automáticos de forma. El material de partida puede ser una aleación de níquel y titanio, cuya principal característica es que si se calienta después de haber sufrido una deformación, recupera en gran medida su forma original. En otros casos, estos materiales son polímeros.

Figura 3.97. Polímero con efecto memoria.

3.8. Tendencias en el uso de materiales

En general, en términos comparativos, el acero sigue siendo el material más utilizado por los constructores, debido fundamentalmente a su resistencia y precio. Como inconvenientes más significativos frente a otros materiales como el aluminio, el magnesio o los materiales plásticos, pueden citarse su peso y su baja capacidad anticorrosiva. Para conseguir una mejora en estos aspectos, los aceros empleados en la construcción de carrocerías están en continua evolución presentando productos muy innovadores en períodos de tiempo muy cortos. Por otro lado, los constructores de vehículos demandan productos que pueden cambiar incluso a lo largo de la vida de un modelo determinado, de tal forma, que coexisten métodos de producción tradicionales con procedimientos de fabricación muy novedosos.

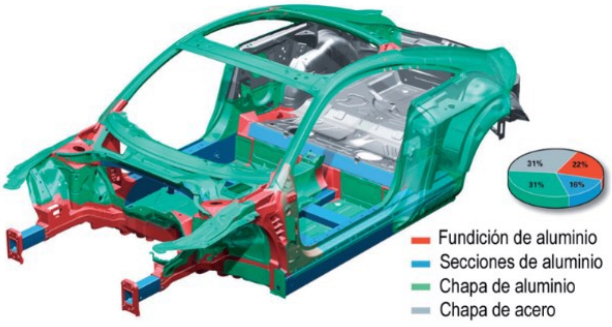


Figura 3.98. Carrocería con estructura fabricada con diferentes materiales.

Independientemente del tipo de material, para conseguir unos niveles óptimos de rigidez de la carrocería, sería

© Ediciones Paraninfo

necesario emplear chapas de alto espesor, ya que la carga que aguantará una pieza y la energía que habrá que aplicarle para producirle una deformación, dependerá directamente de su espesor. Como el empleo de estos espesores de chapa penaliza de forma apreciable el peso de la carrocería, se recurre a minuciosos estudios para calcular de manera eficiente los diferentes espesores de chapa empleados para que únicamente las partes más solicitadas mecánicamente cuenten con mayor sección. Por esta razón, no todas las piezas que forman una carrocería tienen el mismo espesor, sino que existe una clara diferencia entre aquellos elementos estructurales que van a soportar mayores esfuerzos, como largueros, traviesas, pilares, etc., y otro tipo de piezas, como capós, puertas, aletas, etc. Las primeras suelen tener espesores de 1,2 a 2 mm, mientras que las segundas suelen presentar espesores de 0,7 y 0,8 mm.

Como se mencionó en una unidad anterior, a través del diseño basado en el método de los elementos finitos se consigue optimizar la forma de las piezas de la carrocería sin necesidad de construir prototipos para ensayarlos físicamente, ya que el estudio estático y dinámico comprende: vibraciones, fatiga y choques. De este modo se obtiene la forma ideal de cada pieza, ya que para un material y una geometría de su sección útil concretos, la resistencia dependerá también de su forma.

Ya que cada material presenta una serie de características que hacen más relevante su utilización, una de las soluciones constructivas más interesantes consiste en la construcción "híbrida" de la carrocería, fabricándose con distintos materiales que, aunando sus características, consiguen una estructura sumamente ligera, muy rígida, y con grandes propiedades anticorrosivas.

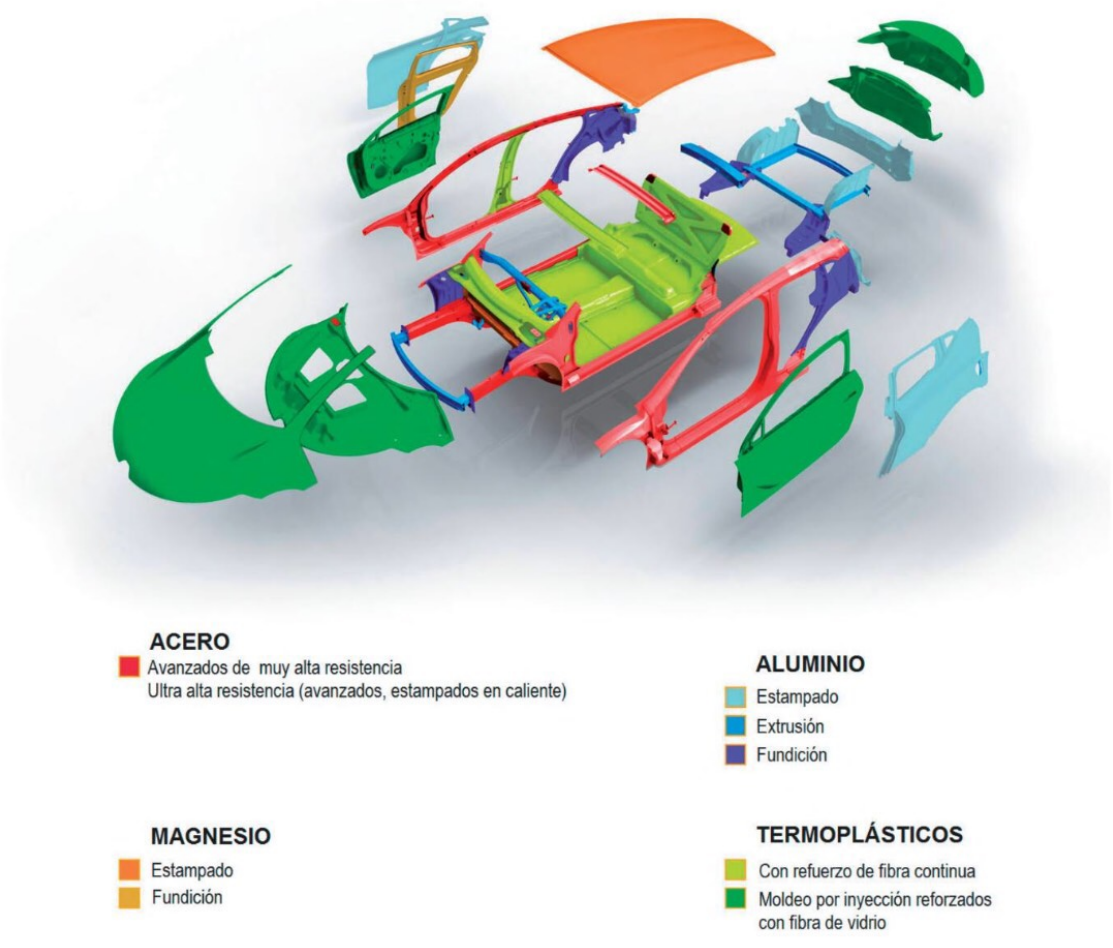
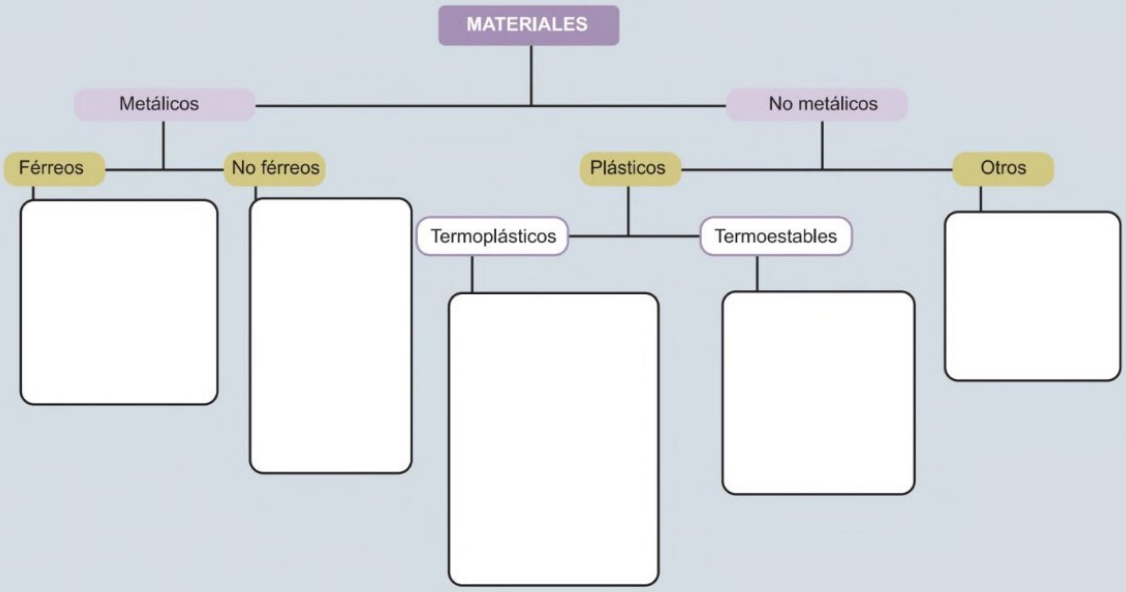


Figura 3.99. Vehículo fabricado con técnica híbrida.

© Ediciones Paraninfo

CUESTIONES

3.1. Completa el siguiente diagrama con los materiales más frecuentes utilizados en la construcción de carrocerías.



3.2. Cuanto mayor es el grano de un metal, sus propiedades mecánicas serán ¿peores o mejores? Razona la respuesta.

3.3. Enumera las propiedades más características de los metales (físicas, químicas y mecánicas).

3.4. La propiedad que da idea de la capacidad que tiene un metal de absorber energía antes de romperse, se denomina:

- Elasticidad.
- Plasticidad.
- Estricción.
- Tenacidad.

3.5. Indica los valores medios de resistencia a la rotura por tracción del acero y del aluminio (en N/mm^2).

- 880 y 1200 respectivamente.
- 80 y 20 respectivamente.
- 38 y 120 respectivamente.
- 380 y 120 respectivamente.

3.6. ¿En qué consiste el método de conformado de metales por estampación?

3.7. ¿Qué son las formas alotrópicos del hierro puro? Indica cuáles son y sus características más importantes.

3.8. Enumera los principales constituyentes del acero. Indica cuál de todos ellos es el más duro.

3.9. Enumera los principales elementos que se suelen alear con el acero, y las características más importantes que le confieren.

3.10. ¿Qué elementos de aleación predominan en los aceros denominados como "de fases múltiples"?

3.11. ¿En qué consiste la operación denominada como "calmado"? ¿Cómo se realiza en los aceros denominados Interstitial Free (IF)?

3.12. Indica la diferencia más importante entre los procesos de galvanizado en caliente y de electrocincado.

3.13. Enumera los cuatro grupos de aceros más utilizados en el automóvil, en función del valor de su resistencia a la rotura por tracción.

3.14. Asocia cada uno de los siguientes tipos de acero a los grupos indicados anteriormente: Acero al Boro (Bor), Microaleado (HSLA), Doble Fase (DP), Refosforado (RP), Bake Hardening (BH), Martensíticos (MS), Aceros (IF), Plasticidad Inducida por Transformación (TRIP), Fase Compleja (CP).

© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

Materiales utilizados en la fabricación de carrocerías

3.15. Indica el tipo de acero que tiene las siguientes características: "se caracteriza por un gran equilibrio entre resistencia y estampabilidad, además de tener capacidad de consolidación considerable. Este elevado nivel de resistencia mecánica se traduce en una resistencia a la fatiga excelente y una capacidad de absorción de la energía muy buena, lo que hace que estos aceros sean muy adecuados para piezas estructurales y de refuerzo".

3.16. Enumera los principales elementos que se suelen alear con el aluminio, y las características más importantes que le confieren.

3.17. Indica cuáles son los principales métodos de conformación de las piezas fabricadas con aluminio.

3.18. En relación a su empleo en la fabricación de carrocerías, compara las principales ventajas e inconvenientes del empleo de los siguientes materiales: acero, aluminio y magnesio.

3.19. Explica en qué consiste el método de fabricación de carrocerías denominado Space Frame.

3.20. ¿Qué son y qué ventajas ofrecen las carrocerías híbridas?

ACTIVIDADES PROPUESTAS

3.1. Utilizando varias probetas (trozos iguales) de acero dulce, somételas a distintos esfuerzos de deformación utilizando los medios adecuados (prensa, cilindro hidráulico, aporte de calor, etc.) y analiza los cambios dimensionales que se hubiesen producido. Analiza, asimismo, los cambios en la estructura del metal (con microscopio metalográfico). Realiza la misma actividad utilizando probetas de aluminio.

3.2. Utilizando los vehículos de tu centro educativo, intenta localizar puntos de agresión química externa, diferenciando las zonas oxidadas de las que presenten corrosión. Procura, asimismo, analizar las causas que lo han provocado.

3.3. Utilizando una muestra de chapa y un dinamómetro adecuado, intenta analizar el concepto de límite elástico.

3.4. Utilizando una carrocería lo más desmontada posible, identifica los materiales con que están fabricadas las diferentes piezas que la componen (especialmente las de carácter estructural). Usa como apoyo la documentación técnica adecuada.

3.5. Si tu centro educativo dispone de una carrocería híbrida, intenta diferenciar los materiales constructivos de la misma.

3.6. Mediante el acceso a internet, navega por páginas de diferentes fabricantes de productos siderúrgicos y localiza los productos que comercializan para el sector del automóvil. Realiza una comparación de los resultados obtenidos.

3.7. Mediante el acceso a internet, intenta localizar las últimas innovaciones que se han producido en el campo de los materiales aplicados al automóvil.

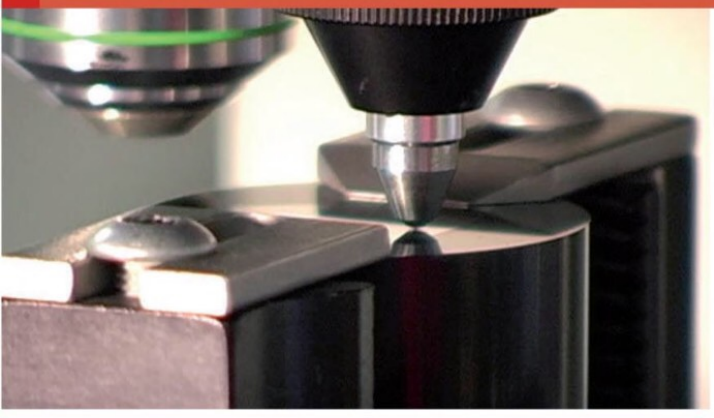
3.8. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre el proceso de producción del acero.

3.9. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre el proceso de producción del aluminio y de fabricación de piezas con este material.

3.10. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre el proceso de producción del magnesio y de fabricación de piezas con este material.

© Ediciones Paraninfo

Ensayos y tratamientos de materiales



Unidad 4

CONTENIDOS

Introducción
4.1 Ensayos de materiales
4.2 Tratamientos de los materiales
Cuestiones
Actividades propuestas

OBJETIVOS

- **Conocer los diferentes tipos de ensayos que existen para determinar las características y propiedades de los materiales metálicos, así como su naturaleza y desarrollo.**
- **Conocer la finalidad y las características de los diferentes tratamientos aplicados a los materiales metálicos.**

Introducción

Los metales y sus aleaciones en estado sólido están formados por un número elevado de cristales asociados formando granos y separados entre sí por los denominados límites de grano.

El estudio de la estructura de los materiales metálicos para relacionarla con sus propiedades físicas y mecánicas se conoce con el nombre de *metalografía*.

Figura 4.1. Laboratorio de ensayo de materiales.

Las propiedades de los materiales metálicos dependen de su microestructura que a su vez está condicionada por la composición química de la aleación y los tratamientos térmicos y termomecánicos que ha sufrido el material. Para estudiar el efecto de la composición química y de los tratamientos térmicos en la microestructura, se recurre al estudio en microscopio óptico de probetas metalográficas obtenidas de las aleaciones hierro-carbono (aceros), indicando cómo varía la estructura con el contenido en carbono y por efecto de los tratamientos térmicos de temple y revenido principalmente.

Mediante estos estudios pueden definirse características estructurales como el tamaño de grano, la forma y distribución de las fases que constituyen la aleación y de las inclusiones no metálicas, así como la presencia de heterogeneidades de composición química y de estructura que tan profundamente pueden modificar las propiedades mecánicas y el comportamiento general de los metales en condiciones habituales de trabajo. Estos estudios resultan de vital importancia para calcular la forma, tamaño y material de las diferentes piezas y conjuntos del vehículo.

4.1. Ensayos de materiales

Con el nombre genérico de ensayos se designan una serie de procedimientos que tienen por objeto conocer o comprobar las características y propiedades de los materiales o descubrir los defectos en las piezas fabricadas.

Entre los tipos de ensayos más usuales se encuentran los de:

a) Conformación. Se utilizan para conocer la mayor o menor aptitud de los materiales para fabricar piezas mediante los diferentes procesos de conformado (plegado, embutición, forja, etc.).

b) Características. Como su mismo nombre indica, mediante estos ensayos se determinan las características propias del material. Existen tipos de ensayos de esta categoría:

- Químicos. Se realizan para conocer la constitución de los metales, se denominan también *ensayos metalográficos*.
- Estructuras. Con ellos se determina el tipo de estructura del material (grano, cristalización, etc.).
- Térmicos. Para determinar el punto de fusión, puntos críticos, etcétera.

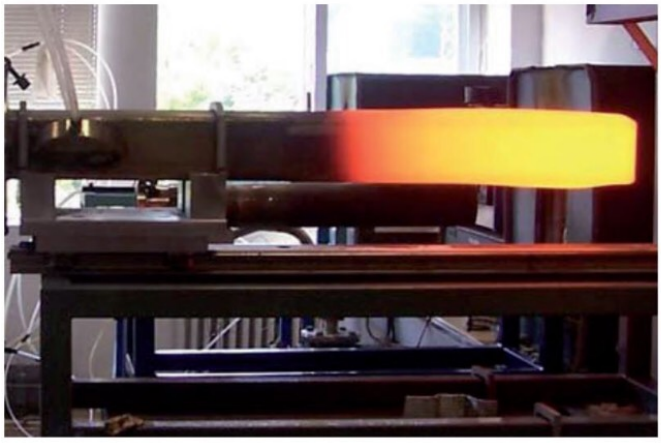


Figura 4.2. Ensayo de tratamientos térmicos.

c) Mecánicos. Son ensayos destructivos que permiten determinar las propiedades mecánicas de los materiales, entre otras: la dureza, la tenacidad, el límite elástico, etc. Se clasifican en:

- Ensayos estáticos.
- Ensayos dinámicos.

d) De defectos. Se utilizan para verificar que no existan fallos que reduzcan las características y propiedades de las piezas fabricadas.

En general, la realización de ensayos tiene como fines:

- Determinar las propiedades de los aceros para estudiar sus posibilidades de aplicación.
- Efectuar controles de calidad en los procesos de fabricación.
- Determinar los tratamientos, composiciones o tipos de acero más apropiados para un uso determinado.
- Para el estudio de nuevos tipos de aceros.
- Para el desarrollo de nuevos procesos de fabricación.

© Ediciones Paraninfo

4.1.1. Ensayos metalográficos

Los ensayos más adecuados para conocer la estructura macrográfica y micrográfica de los aceros son los ensayos metalográficos. La identificación de los constituyentes se realiza observando la superficie de una muestra (probeta), debidamente preparada para este objeto, con ayuda de un microscopio. Con ellos, se consiguen observar: grietas superficiales, disposición de las fibras, forma y tamaño del grano, etcétera.

Los procesos de ensayos metalográficos comprenden las siguientes fases:

- Toma de muestras.
- Desbaste y pulido de las mismas.
- Ataque micrográfico.
- Observación con equipos adecuados.

Toma de muestras

Es la primera de las operaciones a realizar, y tiene por objeto elegir las muestras de la zona de la pieza que más información proporcione, en función de la causa del estudio. El corte de la muestra puede realizarse con sierra o con disco abrasivo, mediante una cortadora metalográfica, cuidando en este último caso que la refrigeración sea intensa, para evitar que el calentamiento modifique la constitución original de la pieza. El tamaño adecuado de la muestra suele ser de 25 mm de ancho por 50 mm de largo y 10 mm de espesor

Figura 4.3. Cortadora metalográfica.

Desbaste

Esta operación tiene por objeto preparar convenientemente las superficies cortadas a fin de conseguir reducir las irregularidades superficiales. La forma de los cristales, el tamaño y su disposición mutua en los metales y sus aleaciones debe estudiarse sobre probetas preparadas de forma especial, que consiste en un proceso de desbaste y posterior pulido, utilizando abrasivos de tamaño de partícula decreciente, hasta alcanzar una superficie plana especular. Una preparación defectuosa puede alterar las características microestructurales del material y generar una estructura, al menos en la superficie de observación, que no guarda ninguna relación con la verdaderamente representativa y característica del metal. Es evidente que el examen de una superficie incorrectamente preparada puede dar lugar a interpretaciones erróneas y a conclusiones inadmisibles.

Figura 4.4. Pulidora metalográfica.

El desbaste debe realizarse utilizando una pulidora de discos, acoplando los discos de papel metalográfico sobre el plato de lijado. Normalmente se utilizan, de forma consecutiva, tres tipos de discos de lijado de grano distinto (180-400-600) para los materiales más comunes, de forma que los discos de grano más fino eliminen las irregularidades que dejan los anteriores. Para materiales blandos es conveniente cambiar el disco de 180 por el de 280. Una vez colocado el disco, se dirige el chorro continuo de agua hacia el centro del plato y se regula la velocidad de giro a unas 500 rpm, presionando fuertemente la muestra contra el disco, orientándola de tal forma que se eliminen la rayas producidas en el proceso de corte. Según avanza el proceso de lijado, conviene ir disminuyendo progresivamente la fuerza ejercida sobre la muestra, a la vez que se cambia su orientación respecto al disco para tratar de eliminar las marcas dejadas por el lijado. La última etapa es conveniente realizarla a 200 rpm. Y con poca presión para evitar una excesiva deformación del material.

Pulido

Con esta operación se pretende dar un perfecto acabado a la superficie de la pieza, eliminando de la superficie de la muestra las irregularidades que aún quedan después de realizar el proceso de lijado. Básicamente, es un proce-

© Ediciones Paraninfo

so muy parecido al lijado. Los discos de lijado se sustituyen por paños humedecidos e impregnados de pasta abrasiva muy fina.

Una vez que ha finalizado la operación de pulido, es necesario lavar abundantemente con agua la muestra, teniendo la precaución de no tocar la superficie pulida. El secado se realizará con alcohol o mediante aire caliente. Por último, y a fin de eliminar los restos de metal distorsionados por la operación de lijado, es conveniente sumergir la muestra en un reactivo apropiado a la naturaleza del material.

Figura 4.5. Discos para el pulido metalográfico.

Ataque micrográfico

Esta operación tiene por objeto "aclarar" la muestra para mejorar su observación. A la hora de poner de manifiesto la estructura metalográfica hay que generar un relieve o teñir de distintos colores los componentes o fases estructurales de la aleación. Para poner de manifiesto los detalles estructurales se recurre habitualmente al ataque de la superficie pulida de una probeta, que ocasiona una destrucción selectiva de la superficie. La forma de diferenciar los constituyentes del material se debe a la disolución preferente de los límites de grano por ser las zonas donde la microestructura presenta mayor número de defectos, y a que las distintas fases, en una aleación polifásica, tienen distintas velocidades características de disolución. A este efecto se suma para algunos reactivos de ataque la propiedad de que manchan o colorean de diferente forma a las distintas fases presentes. Básicamente, las funciones que cumplen estos reactivos son:

- Atacar las impurezas que rodean al grano.
- Atacar la superficie del grano para que cambie su aspecto.
- Atacar a los constituyentes para modificar su aspecto o color.

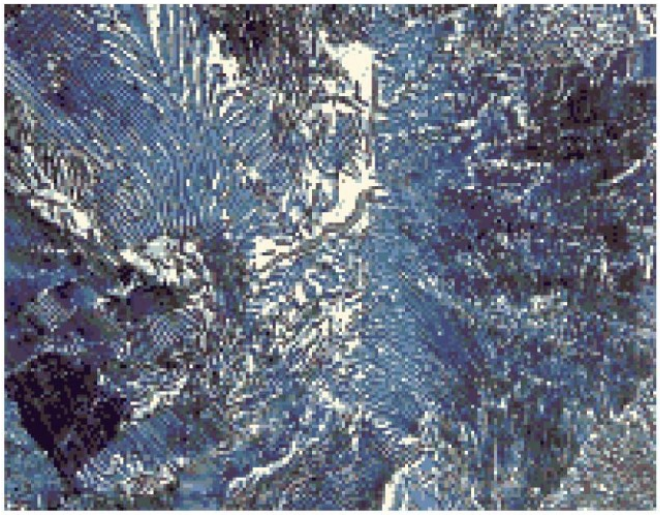


Figura 4.6. Resultado del ataque micrográfico de una muestra de acero. El grano donde predomina la cementita es violeta y donde hay más perlita es azul.

Observación de las muestras

Una vez realizadas las operaciones anteriores, el análisis de las muestras se deberá realizar por medio de microscopios especiales en los que el rayo de luz procedente del foco luminoso se refleja en la probeta y pasa a través del objetivo (situado junto al objeto) y del ocular (situado junto al ojo del observador) dando el aumento correspondiente.

Figura 4.7. Microscopio metalográfico.

Aunque se emplean aumentos que varían entre 100 y 1500 aproximadamente, el microscopio óptico no es un equipo capaz de resolver detalles estructurales de cualquier tamaño. Su poder de resolución (distancia mínima entre dos detalles que pueden observarse distintamente) es del orden de 0,5 µm. Para el estudio de detalles más pequeños de la estructura cristalina se recurre a microscopios electrónicos cuyo poder de resolución es del orden de 1 nm (del orden

© Ediciones Paraninfo

de 30 000 aumentos o más), en función del tipo de análisis (macrográfico o micrográfico). Los microscopios adecuados para estos ensayos deben estar dotados de unidades de iluminación de gran intensidad con posibilidad de registrar, mediante fotografías, película de vídeo o soporte informático, las muestras observadas.

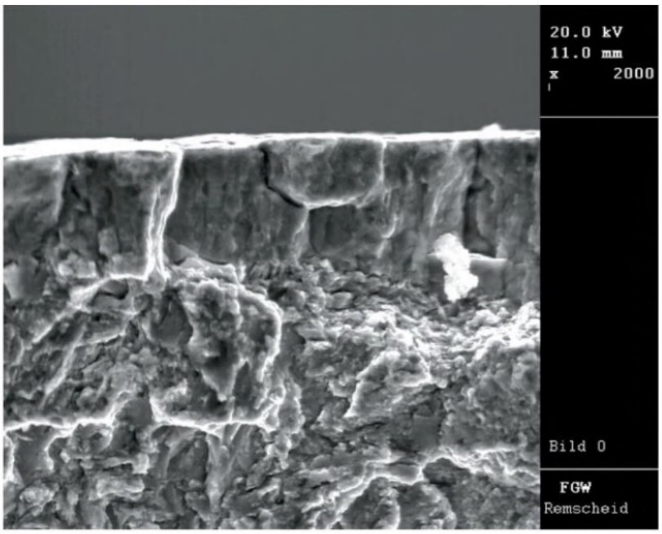


Figura 4.8. Ensayo metalográfico para determinar el tamaño del grano.

4.1.2. Ensayos de propiedades mecánicas (estáticos)

Ensayos de dureza

Una forma de estimar la resistencia mecánica de las aleaciones metálicas es el ensayo de dureza. La dureza implica, en general, una resistencia a la deformación, y para los metales es una medida de su resistencia a la deformación permanente. Hay tres tipos generales de medidas de dureza, la dureza de rayado, la de penetración y la de rebote o dinámica.

Dureza al rayado

Los primeros procedimientos que se idearon para medir la dureza se basaron en la resistencia que oponen los cuerpos a ser rayados.

El método Mohs estableció la escala de dureza, mediante una tabla de diferentes minerales que se ordenan en orden creciente según su capacidad para rayar al elemento anterior de la relación. Según esta clasificación, la fundición gris está entre 8 y 9; el hierro dulce en el 5; y los aceros entre 6,7 y 8.

Figura 4.9. El corindón rojo (rubí) tiene el valor 9 en la escala de Mohs.

Tabla 1. Escala de Mohs (dureza).

Orden	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
Mineral	Talco	Yeso	Calcita	Fluorita	Apatito	Feldespato	Cuarzo	Topacio	Corindón	Diamante

Dureza a la penetración

La determinación de la dureza se hace, generalmente, mediante los ensayos de penetración. Estos ensayos consisten en hacer una huella con un penetrador de forma de bola, cono de diamante o pirámide de diamante en la superficie del metal bajo la acción de una carga externa, y medir el área o la profundidad de dicha huella después de retirada la carga. La relación de la carga de ensayo al área o a la profundidad de huella proporciona la medida de la dureza.

Los métodos más utilizados son los de:

- *Brinell* (HBS). Consiste en comprimir una bola de acero templado extraduro, de un diámetro determinado, sobre el material a ensayar, por medio de una carga y durante un tiempo determinado. En este ensayo, la carga de la bola así como su diámetro dependen del tipo y espesor del material a probar. La medida del área de la huella, en función de la carga aplicada, determina la dureza del material. Normalmente, cuanto menos duro sea el material, esta área será tanto mayor. Los ensayos Brinell no se utilizan para durezas superiores a 500 (aceros templados), porque se deforman las bolas (Figuras 4.10 y 4.11).

© Ediciones Paraninfo

Figura 4.10. Equipo para ensayo de dureza Brinell.

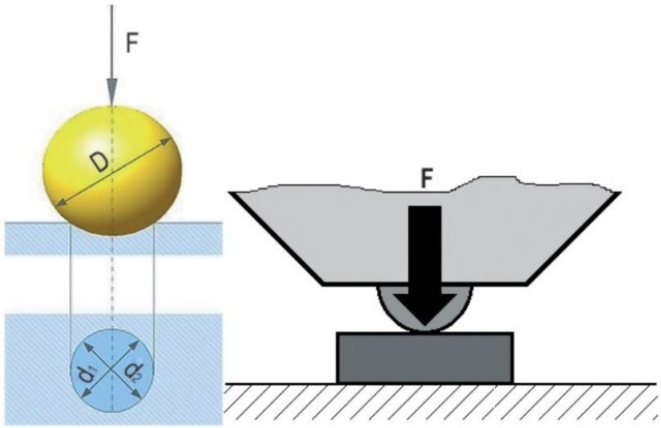


Figura 4.11. Forma de realizar el ensayo de dureza Brinell.

Tabla 2. Dureza Brinell de algunos materiales.

Material	Acero al carbono	Acero de baja aleación	Acero inoxidable	Hierro dúctil	Aluminio
Dureza Brinell	235	220	250	167	40

- *Rockwell* (HRx). Cuando el metal a ensayar es más duro que la bola de acero, se utiliza una punta cónica de diamante (de 120º) para materiales duros (aceros templados), y una punta esférica para materiales blandos (1/16" de diámetro). En este caso, lo que se mide es la profundidad de la huella. El ensayo se realiza en tres fases. En la primera, se aplica la carga previa y se pone a cero la escala del aparato denominado *durómetro*. En la segunda, se aplica la carga adicional durante unos 10 s. En la tercera y última fase, se retira la carga adicional, dejando, únicamente, la carga previa; realizando la lectura, que determina el valor numérico de la dureza del material, sobre la escala del durómetro.

Cuanto mayor es la profundidad residual de la huella, menor es la dureza Rockwell.

Figura 4.12. Durómetro.

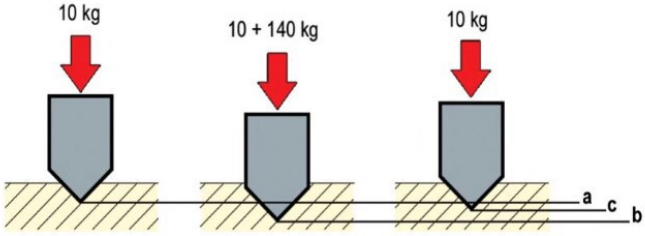


Figura 4.13. Forma de realizar el ensayo de dureza Rockwell.

En la denominación *Rockwell* (HRx), las letras HR identifican este tipo de ensayo y el espacio "x" se reserva para una letra que indica la denominación del ensayo, aportando datos sobre si se utiliza bola o cono y sobre la carga aplicada.

© Ediciones Paraninfo

Denominación	Carga (kg)	Penetrador	Materiales
A	60	Cono de diamante	Materiales duros en extremo, carburos de wolframio, etc.
B	100	Bola de 1/16”	Materiales de dureza media, aceros al carbono bajos y medios, latón, bronce, etc.
C	150	Cono de diamante	Aceros endurecidos, aleaciones endurecidas y revenidas.
D	100	Cono de diamante	Acero superficialmente cementado.
E	100	Bola de 1/8”	Hierro fundido, aleaciones de aluminio y magnesio.
F	60	Bola de 1/16”	Bronce y cobre recocidos.
G	150	Bola de 1/16”	Cobre al berilio, bronce fosforoso, etc.
H	60	Bola de 1/8”	Placa de aluminio.
K	150	Bola de 1/8”	Hierro fundido, aleaciones de aluminio.
L	60	Bola de 1/4”	Plásticos y metales suaves, como el plomo.

Por medio de una lima en buen estado, se puede determinar de forma aproximada la dureza de un acero templado: si no entra la lima, la dureza del acero será superior a 60 HRC, y si entra, la dureza será inferior a 58 HRC.

- *Vickers* (HV). Deriva directamente del método Brinell, pero utiliza como cuerpo penetrante, en vez de una bola de acero, un diamante de punta piramidal con base cuadrada y ángulo de 136º en el vértice de las caras opuestas. Con este método se consiguen determinar durezas más elevadas al aplicar cargas que pueden variar entre los 10 gf (gramos/fuerza) y los 100 Kgf, ya que la bola Brinell se deforma al aplicar cargas altas. Este método se suele emplear para piezas delgadas y templadas, con espesores mínimos hasta de 0,2 mm. Para determinar el valor de la dureza, se miden las longitudes de las diagonales de la huella, calculándose el valor medio.

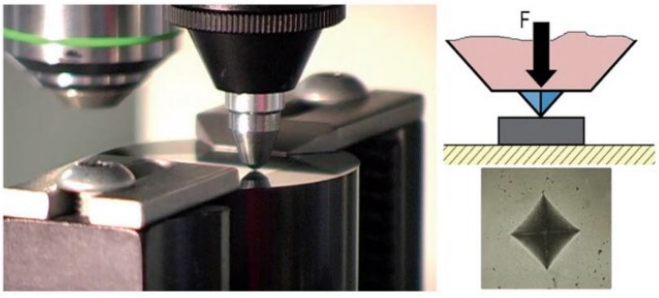


Figura 4.14. Forma de realizar el ensayo de dureza Vickers.

Ensayo de tracción

Este ensayo es uno de los más empleados para conocer la resistencia o carga de rotura, límite de elasticidad, alargamiento y estricción de los metales y aleaciones.

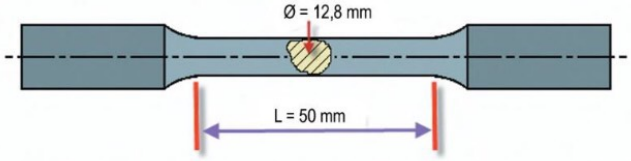


Figura 4.15. Probeta normalizada del ensayo de tracción.

Consiste en someter una muestra, de forma y dimensiones determinadas, a un esfuerzo axial de tracción creciente en la dirección de su eje hasta romperla. Las muestras empleadas son generalmente barras de sección uniforme, a las que se hacen dos marcas, entre las cuales se mide la longitud que se denomina calibrada. Esta longitud puede dividirse en partes iguales para medir las deformaciones a lo largo de la muestra. Los ensayos se realizan en una máquina cuyo émbolo, movido hidraúlicamente, produce tracciones, compresiones y flexiones, aplicando las cargas deseadas. Como resultado de la prueba se obtiene una gráfica en la que se aprecia el alargamiento que se produce (en milímetros) al aplicar la fuerza de tracción creciente (en newtons). El sistema de sujeción de la probeta suele realizarse mediante mordazas en cuña, por ello, los extremos de las probetas suelen ser de mayor sección para facilitar la fijación a la máquina.

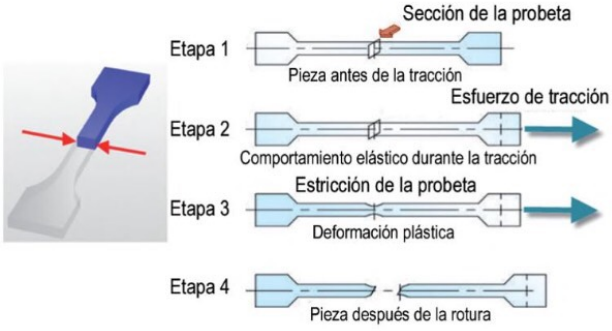


Figura 4.16. Fases del ensayo de tracción.

Ensayo de compresión

Estos ensayos resultan interesantes para evaluar las características de los metales moldeados y de las aleaciones metálicas. Con este ensayo, se trata de comprobar la carga de compresión que soporta una probeta antes de su rotura (aparición de grietas). En el momento en que la resistencia de la probeta rebasa la resistencia a la compresión de las placas de presión de la máquina, se produce la rotura. Se utilizan probetas cuya altura no exceda el triple de su diámetro para evitar el efecto de pandeo.

© Ediciones Paraninfo

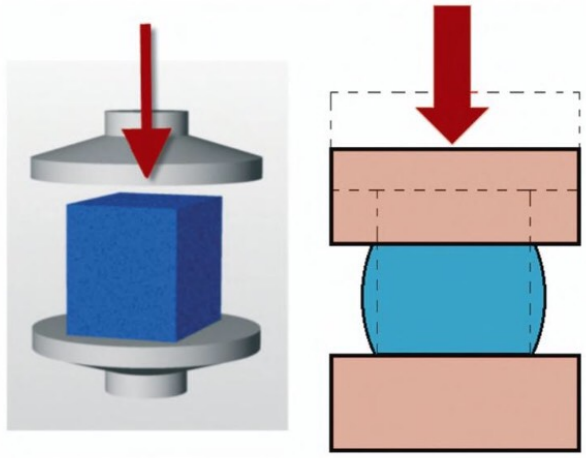


Figura 4.17. Ensayo de compresión.

Ensayo de flexión

El ensayo de flexión se realiza colocando la probeta sobre dos apoyos, aplicando posteriormente una fuerza única en su punto medio. Se origina entonces un par de fuerzas que da lugar a que se formen tensiones de tracción y de compresión en la misma sección, aunque su magnitud no es la misma en toda la estructura de la probeta. En este ensayo se verifica el alargamiento experimentado por la probeta antes de la rotura (aparición de fisuras) o las tensiones correspondientes al límite de elasticidad.

Cuando el material es sometido a la acción de la carga, la línea neutra se irá flexionando denominándose *flecha* a la distancia vertical entre la posición inicial de dicha línea y las posiciones instantáneas que tome, medidas en el lugar de mayor flexionamiento de la probeta.

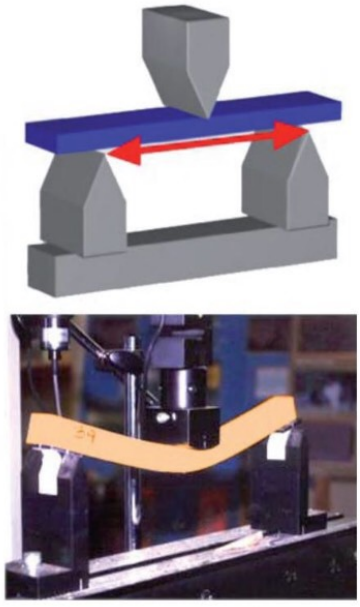


Figura 4.18. Ensayo de flexión.

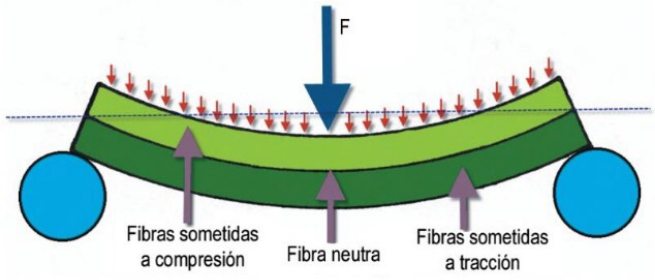


Figura 4.19. Ejecución del ensayo de flexión.

Ensayo de torsión

El ensayo de torsión consiste en someter una probeta de sección redonda a un momento de torsión gradualmente creciente hasta que se produzca la rotura de la misma. Con este ensayo se determina el comportamiento de un material ante dos esfuerzos de igual intensidad y de sentido contrario. Los ensayos de torsión resultan útiles para probar la resistencia de ejes y otras piezas que deben trabajar a torsión.

Figura 4.20. Barras de torsión de una suspensión.

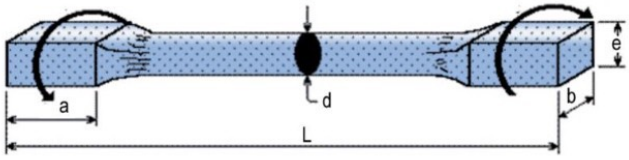


Figura 4.21. Ensayo de torsión.

Ensayo de cizalladura

Consiste en someter un material a esfuerzos crecientes y progresivos hasta llegar a la rotura. Se realiza sobre ma-

© Ediciones Paraninfo

Figura 4.22. Ensayo de torsión mediante ordenador.

teriales que van a estar sometidos a fuerzas de corte (chavetas, lengüetas, espárragos, tornillos, pernos, etc.).

En los aceros, el coeficiente de cizalladura es 0,8 veces el valor del coeficiente de resistencia a la tracción.

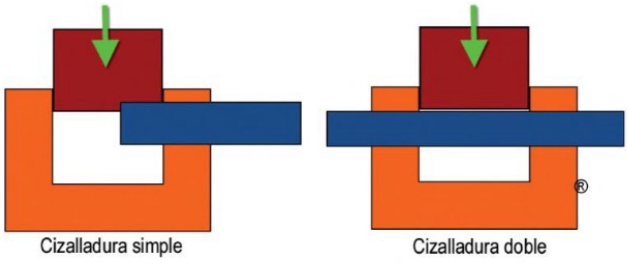


Figura 4.23. Ensayos de cizalladura.

4.1.3. Ensayos de propiedades mecánicas (dinámicos)

Ensayo de fatiga

La resistencia a la fatiga es la aptitud de un metal para resistir cargas variables sin romperse. Con estos ensayos se determina la resistencia que presentan piezas o ensamblajes que en su funcionamiento normal se ven sometidos a vaivenes bruscos o a fuerzas repentinas que reciben el nombre de cargas cíclicas. Se denomina *duración de fatiga* al número de ciclos que puede resistir un metal sin romperse. La rotura por fatiga puede ocurrir a una tensión menor que la resistencia a la tracción o el límite elástico para una carga estática. Este factor es muy importante ya que es la primera causa de rotura de los materiales metálicos (aproximadamente el 90 %).

Figura 4.24. Tipos de rotura por fatiga.

Entre los diferentes ensayos de fatiga existentes se encuentran:

- El ensayo de fatiga *por voladizo*. Está especialmente indicado para chapas y planchas finas. El ensayo consiste en sujetar firmemente un extremo de la muestra, mientras el otro se mueve arriba y abajo por la acción de una leva, hasta que aparece la fatiga y la muestra termina por romperse. La tensión y el número de ciclos determinan la resistencia ofrecida.

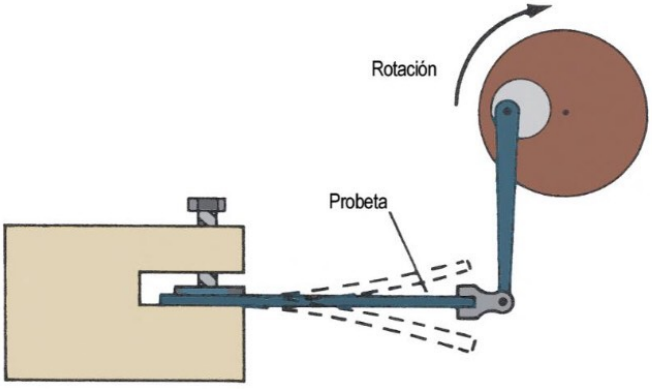


Figura 4.25. Ensayo de fatiga por voladizo.

- El ensayo de fatiga *con probeta giratoria*. En este tipo de ensayo una probeta se hace girar por medio de un motor, mientras se le aplica una carga conocida. La probeta queda sometida a una flexión alterna, que se traduce en que un punto cualquiera de la probeta queda sometido a un ciclo de cargas que va de tracción a compresión. Esto produce fisuras que se van propagando lentamente, reduciendo el área hasta un punto tal en que la probeta no pueda resistir la carga aplicada y se rompe.

© Ediciones Paraninfo

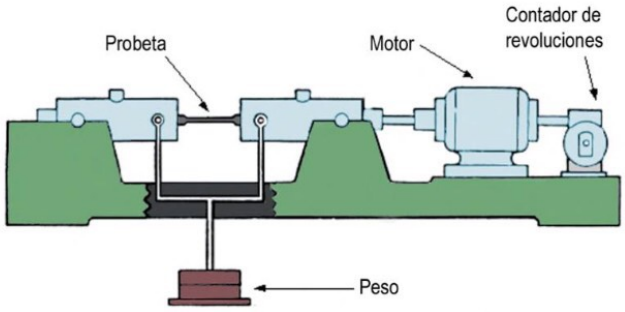


Figura 4.26. Ensayo de fatiga con probeta giratoria.

Ensayos de resistencia al choque (resiliencia)

Estos ensayos tienen por objeto comprobar el grado de tenacidad o de fragilidad de un material, o dicho de otra forma, la resistencia que opone un material a la rotura por choque.

Los ensayos más importantes son:

- Péndulo. El ensayo consiste en romper de un solo golpe, con ayuda de una máquina (péndulo *charpy*) cuyo martillo se mueve en trayectoria pendular, una muestra de dimensiones determinadas provista de un rebaje para facilitar la rotura. Para realizar el ensayo se levanta el péndulo a una altura determinada, a continuación se suelta mediante un dispositivo de disparo y se toma lectura de la energía absorbida en la rotura.

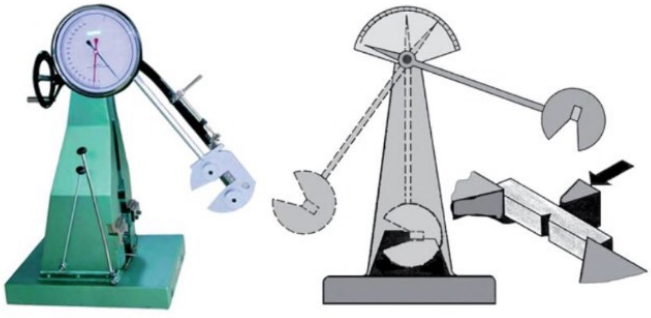


Figura 4.27. Péndulo *charpy*.

- Este ensayo también puede realizarse mediante la caída, desde una altura "h", de una masa, de peso determinado, sobre una probeta. El ensayo calcula la energía de la masa, una vez rota la muestra, obteniéndose de esta manera la medida de su *resiliencia*.

4.1.4. Ensayos de conformación

El objeto de estos ensayos es conocer el comportamiento de los materiales cuando se les somete a procesos de conformación. Hay que tener en cuenta que al deformar mecánicamente un metal mediante martillado, laminado, etc., los granos se deforman alargándose en el sentido de la deformación (al igual que las impurezas y los defectos) modificándose las estructuras y las propiedades del metal. Cuando se produce un cambio en la estructura debido a la deformación de los granos y las tensiones originadas, se dice entonces que el metal tiene acritud (cuanto más deformación, más dureza). Un metal con acritud solo debe usarse cuando no importe su fragilidad o cuando los esfuerzos solo actúen en la dirección de la deformación. En general, con los procesos de conformación en frío aumenta la dureza y la resistencia a la tracción, disminuyendo la plasticidad y la tenacidad.

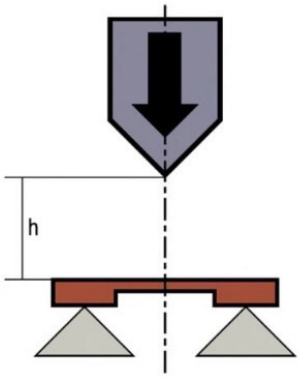


Figura 4.28. Ensayo de resistencia al choque mediante caída.

Entre los ensayos de conformación más importantes se encuentran los de:

Plegado

Consiste en someter el material a un plegado simple, doble o alternativo, para observar la aparición de grietas.

- El *plegado simple* consiste en colocar la muestra sobre dos puntos fijos (generalmente rodillos) y ejercer una presión mediante un mandril curvo u otro rodillo, hasta que la probeta se doble el ángulo deseado.

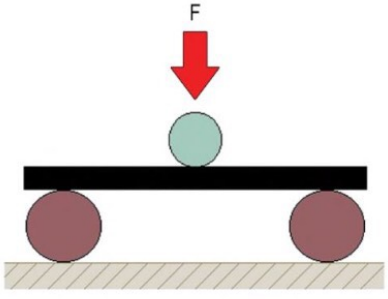


Figura 4.29. Ensayo de plegado simple.

© Ediciones Paraninfo

- El *plegado doble* consiste en someter al material a dos plegados sucesivos en direcciones perpendicuares.
- El *plegado alternativo* consiste en doblar el material en ángulo de 90º a un lado y a otro hasta conseguir que se rompa, contándose el número de doblados que ha resistido.

Embutición

Es uno de los ensayos más utilizados y tiene por objeto conocer la aptitud de las chapas para ser conformadas por embutición. Para realizar el ensayo se usa generalmente la máquina Erichsen (prensa), que mide el avance de un punzón desde que toca la chapa hasta que esta se rompe. El punzón tiene cabezas intercambiables para conseguir diferentes conformaciones.

Hay tres tipos de ensayos:

- Embutición simple.
- Embutición profunda por vasito.
- Embutición con ensanchamiento del agujereo.

Las chapas deben tener como mínimo una superficie de 70 × 70 mm.

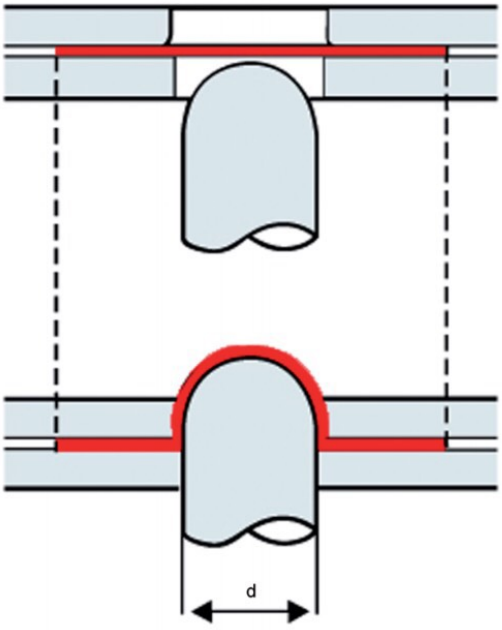


Figura 4.30. Ensayo de embutición.

Forja

Consiste en determinar la aptitud de los metales para modificar su forma o dimensiones mediante golpes continuos de martillo, sobre una muestra previamente calentada, hasta la aparición de grieta.

Existen los siguientes tipos:

- *Estirado o platinado*. Estos ensayos consisten en aumentar la longitud o anchura, a golpes de martillo, de la muestra a ensayo puesta a la temperatura de forja, hasta que aparecen grietas en las aristas. Se mide el alargamiento o ensanchamiento de la pieza antes de agrietarse en las aristas.

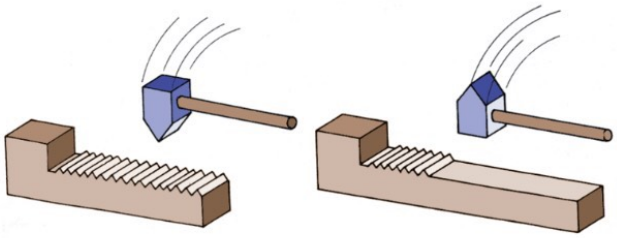


Figura 4.31. Ensayo de estirado o platinado.

- *Recalcado*. Esta operación consiste en someter a muestras cilíndricas probetas cilíndricas (de doble longitud que de diámetro) a la temperatura de forja, a un acortamiento mediante golpes de martillo hasta que aparezcan las primeras grietas. Se mide el acortamiento experimentado.

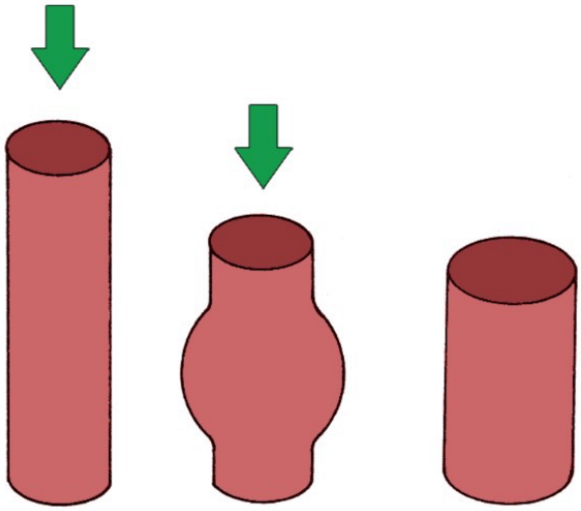


Figura 4.32. Ensayo de recalcado.

- *Punzonado o mandrilado*. Se utiliza para determinar la capacidad de perforación de las chapas. Esta operación consiste en perforar una muestra, previamente calentada a la temperatura de forja, con un punzón o mandril, hasta la aparición de grietas, midiéndose el diámetro de la perforación antes de la aparición de las mismas.

© Ediciones Paraninfo

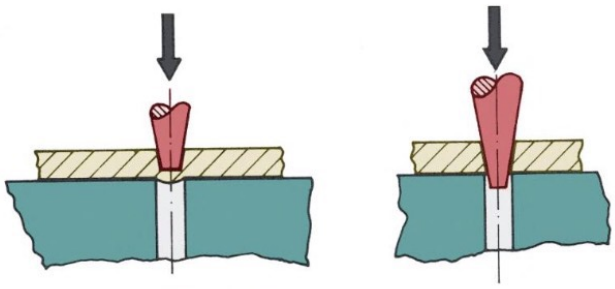


Figura 4.33. Ensayo de punzonado.

- *Corte*. Los ensayos de corte o cizallamiento se utilizan para determinar la resistencia de los materiales a la separación de dos secciones contiguas.

4.2. Tratamientos de los materiales

En ocasiones, y dependiendo de las condiciones de trabajo, es necesario proteger a los metales frente a la corrosión o al desgaste. Para ello se recurre a los tratamientos de superficie que modifican la composición química (tratamientos termoquímicos) o la microestructura del material (tratamientos térmicos) en sus capas más externas, o a la obtención de recubrimientos de superficie que protegen al material base del medio ambiente agresivo, como el de galvanización.

En general, los tratamientos engloban a todos los procesos a que se someten los diferentes materiales para alterar su estructura por la transformación de sus constituyentes o por la modificación de la forma y tamaño del grano.

Los tratamientos más usuales a los que se suele someter a los metales son:

- Térmicos.
- Mecánicos.
- Termoquímicos.
- Electrolíticos.

Figura 4.34. Horno eléctrico para tratamientos térmicos.

4.2.1. Tratamientos térmicos de los aceros

Los tratamientos térmicos se basan en las transformaciones que sufren los metales en estado sólido, obteniéndose constituyentes distintos en función de las condiciones en que se realicen las citadas transformaciones.

El objeto de estos tratamientos térmicos es restablecer las cualidades iniciales que pierden los aceros, o mejorar las características y propiedades mecánicas de los mismos, obteniendo algunas veces mayor dureza y resistencia mecánica, otras, mayor plasticidad para facilitar la conformación (ablandamiento), y en otras ocasiones se consiguen eliminar las tensiones internas.

Figura 4.35. Horno de templado en atmósfera gaseosa protectora con enfriador de la pieza en baño de aceite.

Son tratamientos realizados con aporte de calor mediante un horno y consisten en llevar al acero a una temperatura de referencia (distinta para cada tratamiento) durante un cierto tiempo, para después enfriarlo de una forma más o menos brusca (según la finalidad que se desea alcanzar).

Los hornos utilizados en los tratamientos térmicos pueden ser de Mufla o de baño de sales. En ambos casos existen las siguientes variedades:

- De combustibles derivados del petróleo, como el gasóleo.
- De gas, como el butano o el propano.
- Eléctricos (por resistencia).

Estos últimos son cajas metálicas que en su interior van recubiertas de material refractario para evitar pérdidas de calor. Estas cajas llevan incorporadas varias resistencias eléctricas que producen el calentamiento de las piezas a la

© Ediciones Paraninfo

temperatura requerida y llevan incorporado un reloj programador para el control del tiempo de calentamiento y un pirómetro para saber la temperatura que hay en el interior del horno.

Habitualmente, disponen de una chimenea de evacuación de gases y una entrada de gas de tratamiento.

La velocidad de enfriamiento es la operación más importante del tratamiento. De ella depende el tipo de constituyente que se consigue y, por tanto, las propiedades finales del acero.

Un enfriamiento lento permite que la transformación de los constituyentes sea normal, en cambio, un enfriamiento rápido genera constituyentes especiales. En el caso de los aceros, las transformaciones que se realizan son:

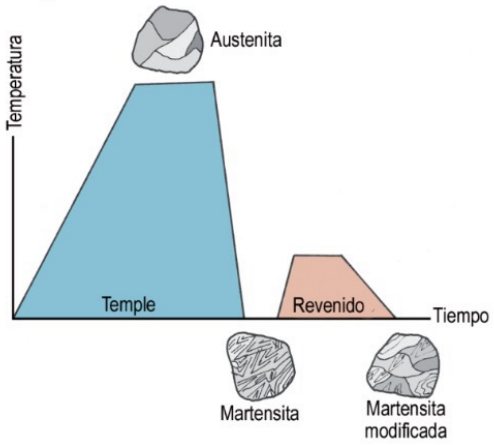


Figura 4.36. **Fases y constituyentes de los tratamientos térmicos.**

Austenita	⇨	Enfriamiento lento	⇨	Perlita-Ferrita (en aceros con < del 0,9 % de C)
			⇨	Perlita (con un 0,9 % de C).
			⇨	Perlita y Cementita (con > del 0,9 % de C).
Austenita	⇨	Enfriamiento rápido	⇨	Martensita.

Transformaciones que sufren los aceros en función del tipo de enfriamiento.

La temperatura y el tiempo son dos factores esenciales que es necesario programar con antelación en función de la composición del acero, la forma y tamaño de las piezas y las características que se desean obtener.

Los tratamientos térmicos no modifican la composición química de ⇨ la aleación, pero pueden aportar modificaciones en cuanto a:

- Su constitución ⇨ Estados alotrópicos del hierro.
- Su estructura ⇨ Reparto de elementos constituyentes y tamaño del grano.
- Su estado mecánico ⇨ La diferencia de temperatura en la pieza, puede provocar la aparición de tensiones que causen deformaciones externas.

Los tratamientos térmicos más importantes son:

- Temple.
- Recocido.
- Revenido.
- Normalizado.

Temple

Consiste en calentar el acero a la temperatura adecuada para transformar todo el acero en austenita, para después enfriarlo con tal rapidez que toda la masa se transforme en martensita, consiguiendo un constituyente anormal con su estructura cristalina deformada y cuya tensión de deformación aumenta su dureza.

Figura 4.37. **Piezas de una caja de cambios que se templan para aumentar su dureza y resistencia mecánica.**

El objetivo del temple es aumentar la dureza del acero y su resistencia mecánica, aunque también aumenta su fragilidad y la dificultad para el mecanizado. La dureza alcanzada es tanto mayor cuanto más brusco y rápido es el enfriamiento.

El temple también aumenta el magnetismo remanente y el valor de la resistencia eléctrica.

En una pieza determinada, la constitución del metal después del temple puede ser muy variable en diversos puntos situados en el interior de la pieza; dependiendo de varios factores:

- Medio de enfriamiento.
- Naturaleza del metal.

© Ediciones Paraninfo

- Tamaño del grano de la austenita antes del temple.
- Superficie de la pieza.
- Heterogeneidad química.
- Impurezas.

La influencia de estos factores determina la aptitud de un acero para el temple.

Tipos de temple

Hay dos tipos de temples, uno de ellos es el que se templa la totalidad de la pieza, incluyendo su núcleo, y otro es el que solo se templa su superficie externa, dejando el núcleo menos duro para que sea más flexible. A este segundo temple se le llama "temple superficial" y existen dos tipos de este según la manera de calentar: "a la llama" (en desuso) y el temple por inducción.

Figura 4.38. **Temple por inducción, del diámetro interior de un rodillo.**

Fases del temple

En el tratamiento de temple se pueden distinguir tres fases:

1.ª **Calentamiento del metal.** Se realiza en horno. Primeramente el calentamiento es lento hasta los 500 ºC y posteriormente es rápido hasta la temperatura de temple.
2.ª **Homogeneización de la temperatura.** Se mantiene a la temperatura de temple durante un determinado tiempo a la pieza para que se consiga la misma temperatura en todas las zonas.
3.ª **Enfriamiento rápido.** Se saca la pieza del horno y se enfría el material en un fluido denominado medio de temple.

Incidencia de la temperatura del temple sobre el color del material

Cuando no se dispone de pirómetros para medir la temperatura alcanzada por el acero en las sucesivas etapas de los tratamientos térmicos, es posible determinarla mediante la observación de las diferentes tonalidades que va adquiriendo el material durante el proceso. Esta evaluación resulta bastante subjetiva, ya que depende de factores tales como: la capacidad visual del operario, las condiciones de luminosidad del recinto, etcétera.

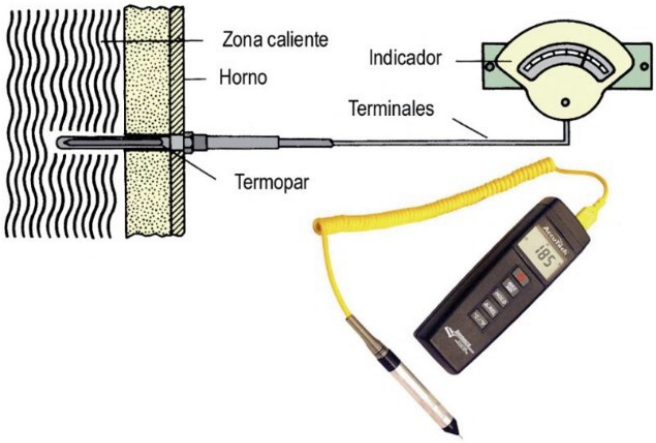


Figura 4.39. **Medida de la temperatura en un horno de tratamientos.**

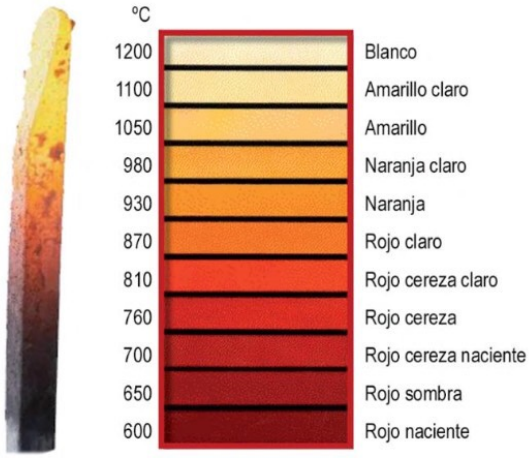


Figura 4.40. **Tonalidades usuales que presenta el acero a las temperaturas correspondientes de temple, teniendo en cuenta que puede haber una diferencia de unos 30 ºC.**

Medios de enfriamiento del temple

Como ya se ha mencionado anteriormente, el enfriamiento debe ser lo suficientemente rápido para que toda la masa de austenita se transforme en martensita. Los fallos

© Ediciones Paraninfo

que ocurren debido a una incorrecta selección de la velocidad de enfriamiento, se producen cuando:

- El enfriamiento es demasiado rápido. En estos casos, la superficie de la pieza se enfría antes que el interior, lo que origina tensiones internas que dan lugar a la aparición de grietas y/o deformaciones. Las tensiones internas son producidas por las variaciones exageradas que se le hace sufrir al acero, primero elevándola a una temperatura muy alta y luego enfriándola. Estas tensiones y grietas son consecuencia del cambio de volumen que se produce en el interior del acero debido a que el núcleo enfría a menor velocidad. A las piezas templadas hay que darles un tratamiento posterior, llamado *revenido*, para eliminar las tensiones internas.
- El enfriamiento es más lento. Cuando esto sucede, el constituyente final que se obtiene no es martensita, por lo que el acero queda sin templar. Normalmente cuanto más rápido es el enfriamiento, más dureza y resistencia se obtiene.

Los medios de enfriamiento más empleados en el temple de los aceros son:

▶ **Agua.** Se utiliza para templar aceros al carbono o de baja aleación en grandes espesores. Es conveniente que el agua no supere la temperatura de 30 ºC durante el temple, para evitar la formación de estructuras blandas en cierto tipo de aceros.

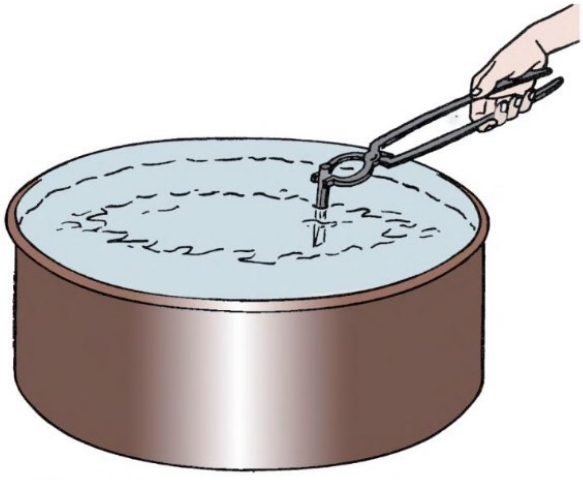


Figura 4.41. Enfriamiento al agua de una pieza templada.

▶ **Aceite.** Se utiliza para templar los aceros de alta aleación. Los aceros ordinarios altos en carbono y de baja aleación también se templan en este medio, pero solo en pequeños espesores. El aceite para temple debe tener las siguientes propiedades:

- Su viscosidad debe ser la adecuada, ya que si es demasiado elevada se corre el riesgo de carbonización de la película de aceite próxima a la superficie del acero. Por el contrario, si es baja, el aceite se volatiliza rápidamente.
- No debe ser demasiado volátil, porque en este caso, el baño de enfriamiento se espesa, con lo que conlleva una disminución en la velocidad de enfriamiento.
- Las temperaturas de inflamación y combustión deben ser lo más altas posible (> 180 ºC) para evitar el peligro de inflamación del baño de enfriamiento.
- Deben tener una gran resistencia a la oxidación.

▶ **Aire.** Se utiliza para templar aceros de muy alta aleación. Las piezas se enfrían por radiación, convección y conductividad. En este último caso, la superficie de la pieza determina el grado de enfriamiento; las superficies negras favorecen la conductividad y las brillantes la dificultan.

▶ **Sales fundidas.** Son baños que se forman al mezclar cantidades variables de cloruros, carbonatos, nitratos, cianuros, etc. Unas veces, se usa como medio de enfriamiento y sustituyen con ventaja al aceite y otras veces se utilizan para calentar las piezas a una temperatura determinada o también para cementarlas o nitrurarlas. El tratamiento térmico de aceros en sales fundidas proporciona una transferencia de calor perfectamente uniforme. Con esto, se preveen deformaciones en las piezas generadas por una mala distribución del calor.

▶ **Plomo fundido.** Se emplean para templar aceros especiales que necesitan poca velocidad de enfriamiento. Las temperaturas de estos baños oscilan entre 400 y 600 ºC.

Tipo de templado	Refrigerantes		
Templado vivo	Agua fría	Agua carbonatada	Agua salada
Templado medio	Aceite	Agua y capa de aceite	Agua tibia
Templado suave	Aire	Plomo fundido	

En las instalaciones para realizar el enfriamiento, el refrigerante debe mantenerse a una temperatura constante, bien por renovación en el caso de fluidos perdidos (aire, agua), o bien por enfriamiento del baño refrigerante (circulación de agua alrededor del baño).

Forma de introducir las piezas en el baño de enfriamiento

Para lograr un enfriamiento uniforme, es muy importante prestar atención a la forma en que se debe introducir la pieza caliente en el baño de temple y la forma correcta de agitarla. Como ejemplo pueden citarse:

- Figuras alargadas. Hay que introducirlas con su eje en posición vertical, y agitarlas de arriba abajo (Figura 4.42).

© Ediciones Paraninfo

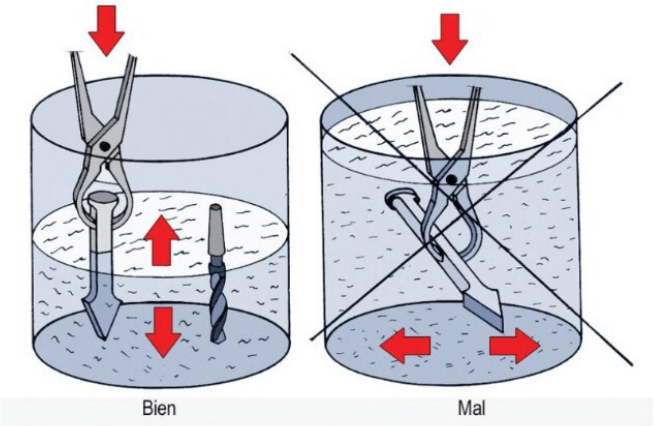


Figura 4.42. Forma de introducir las piezas alargadas en el baño de enfriamiento.

- Figuras planas. Hay que introducirlas verticalmente y agitarlas haciéndolas girar sobre un eje vertical a derecha e izquierda respectivamente.
- Figuras huecas. Hay que introducirlas con su eje vertical, agitándolas de arriba abajo o a derecha e izquierda indistintamente (Figura 4.43).

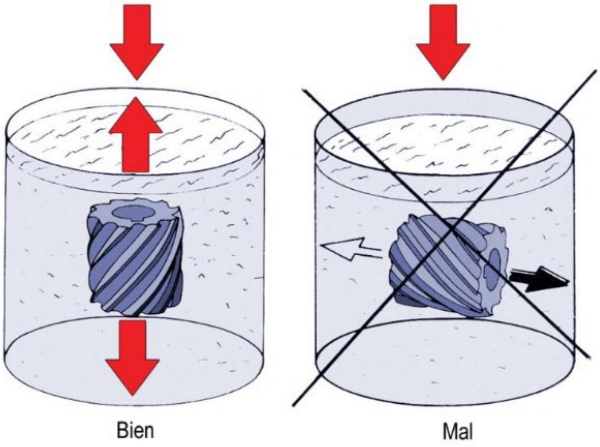


Figura 4.43. Forma de introducir las piezas huecas en el baño de enfriamiento.

- Figuras cóncavas. Introducirlas verticalmente con la concavidad hacia arriba para evitar que se formen bolsas de gases. Hay que agitarlas girando alrededor de un eje vertical (Figura 4.44).

Revenido

Es un tratamiento exclusivo del temple y se aplica a los aceros templados. Consiste en un calentamiento por debajo de la temperatura de templado (temperatura inferior a la de austenización), seguido de un enfriamiento más o menos rápido, normalmente al aire. Los objetivos fundamentales del revenido son eliminar las tensiones internas

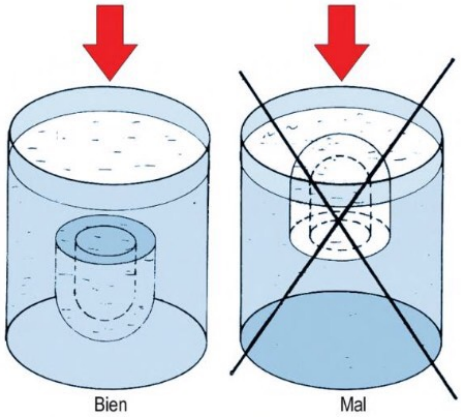


Figura 4.44. Forma de introducir las piezas cóncavas en el baño de enfriamiento.

y suavizar los efectos del temple, aumentando su tenacidad y disminuyendo, ligeramente, su dureza y resistencia mecánica.

Al conjunto de las operaciones de temple y revenido se denomina *bonificado*.

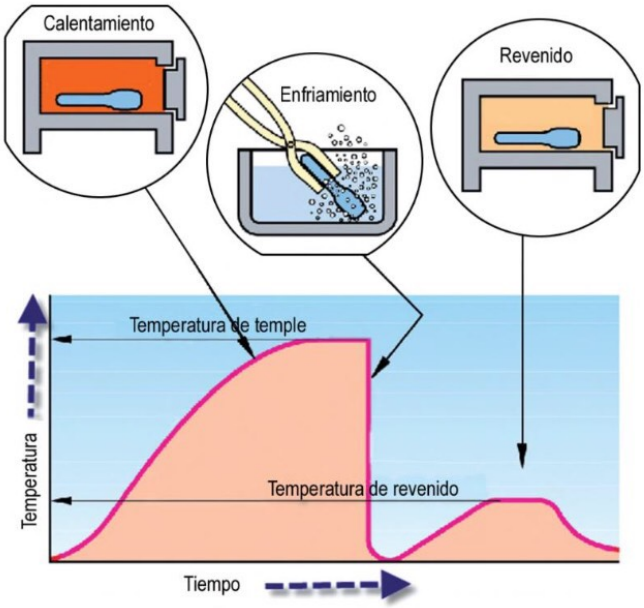


Figura 4.45. Curvas características de los tratamientos de temple y revenido.

El revenido depende, esencialmente, de tres factores:

- Del estado inicial.
- De la duración.
- De la temperatura.

Cuanto más alta es la temperatura de revenido, menores serán la dureza y resistencia obtenidas, y mayores la ductilidad y resiliencia. En la práctica, la velocidad de enfriamiento no tiene demasiada importancia en los resulta-

© Ediciones Paraninfo

dos obtenidos, pudiendo hacerse al aire, en agua o en aceite; aunque es más conveniente hacerlo al aire para evitar el desarrollo de tensiones internas en la pieza.

Con el revenido se logra transformar una cantidad variable de martensita en constituyentes como la ferrita y perlita.

Esta transformación se puede lograr básicamente de dos formas:

- Elevando mucho la temperatura.
- Manteniendo mucho tiempo a una temperatura determinada.

Nunca se debe calentar tanto como para formar austenita, porque en ese caso se destruye toda la martensita y consecuentemente todas las características del temple.

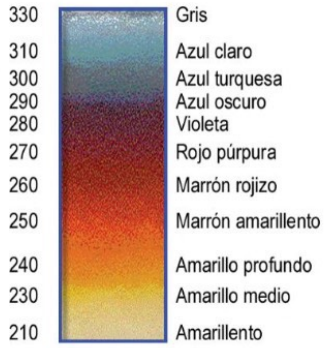


Figura 4.46. Colores que adquiere el acero con las temperaturas que alcanza en el tratamiento de revenido. Estos colores, al igual que en el temple, son debidos al óxido que se forma en la superficie del acero.

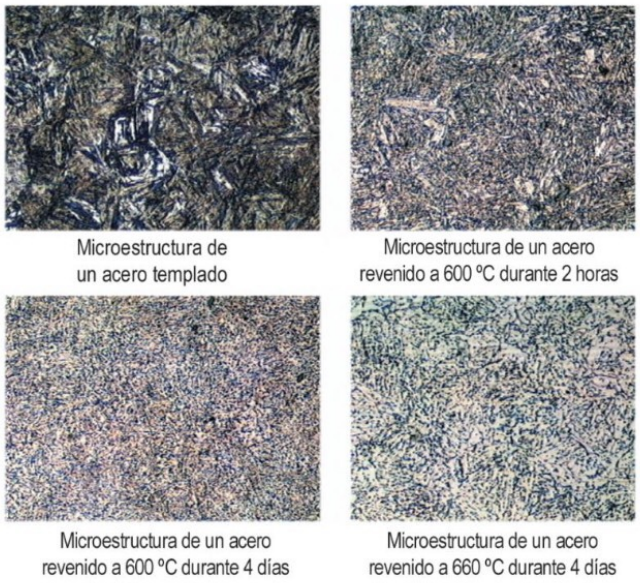


Figura 4.47. Diferentes microestructuras de un acero al carbono del 0,35 % C al ser sometido a diferentes tratamientos térmicos.

Las temperaturas del revenido oscilan entre 150 ºC y el punto de transformación del mismo.

Los revenidos efectuados entre 150 y 220 ºC influyen poco en la dureza pero mejoran la resistencia, eliminando una parte de las tensiones producidas durante el enfriamiento. Esta clase de revenido se utiliza sobre todo en aceros para herramientas que requieren una gran dureza.

En los revenidos entre los 450 y 600 ºC, el acero templado pierde parte de la dureza conseguida pero se aumenta la resistencia y la elasticidad.

Recocido

Básicamente, es un tratamiento térmico que consiste en un calentamiento, a temperaturas llamadas de recocido y de una de duración variable, seguido de un enfriamiento lento de la pieza.

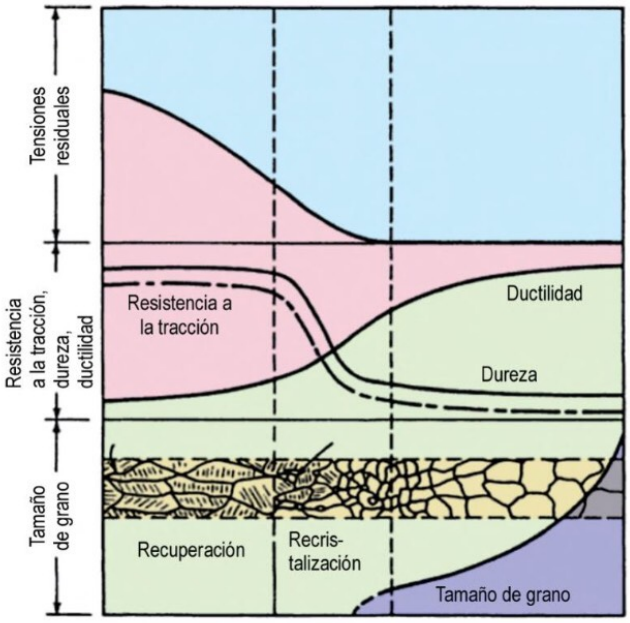


Figura 4.48. Representación esquemática de los efectos del recocido.

El fin principal de los recocidos del acero es hacer desaparecer los estados de desequilibrio resultantes de tratamientos anteriores, térmicos o mecánicos, con el fin de:

- Ablandar al acero.
- Regenerar su estructura.
- Eliminar tensiones internas.
- Homogeneizar la estructura de los aceros, eliminando la heterogeneidad química.

El recocido disminuye la dureza natural de un acero para hacerle más maleable y, por ello, más fácil de trabajar. Si se quiere volver a darle la dureza anterior, es preciso proceder a una operación de templado.

© Ediciones Paraninfo

Figura 4.49. Hilo de cobre recocido.

Los diversos tipos de recocidos se diferencian en las temperaturas máximas a que debe calentarse el acero y en las condiciones y velocidades de enfriamiento. Entre ellos se encuentran:

▶ **Recocido de ablandamiento.** Tiene por objeto ablandar o permitir el mecanizado de los aceros templados o conformados en frío. El proceso se realiza calentando lentamente la pieza a una temperatura de, aproximadamente, unos 700 ºC, durante unas dos horas; al cabo de las cuales se procederá al enfriamiento lento de la pieza.

▶ **Recocido de estabilización.** Tiene por objeto eliminar las tensiones internas que aparecen en las piezas, después de fundidas, forjadas o soldadas. Para ello, se mantienen las piezas a una temperatura que oscila entre los 300 y los 500 ºC, durante unas cinco horas, y después se enfrian muy lentamente.

Otros recocidos son:

- Recocido de homogeneización.
- Recocido total o de regeneración.
- Recocido globular.
- Recocido contra acritud (de recristalización).
- Recocido isotérmico.

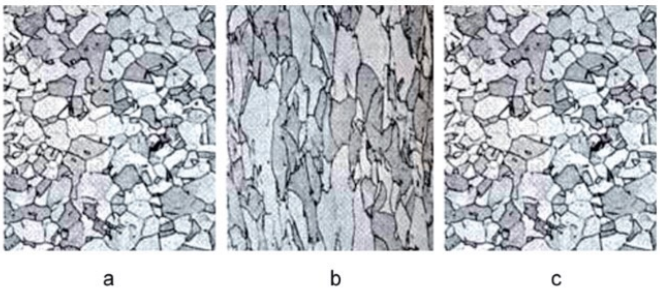


Figura 4.50. Efecto del recocido en la microestructura de un acero ferrítico: a) Antes de la deformación. b) Después de la deformación. c) Después de un tratamiento de recocido de recristalización.

Como procedimiento básico, es necesario tener en cuenta que:

- Si el metal está endurecido, hay que calentar la pieza a unos 800 ºC y después dejarla enfriar lentamente.
- Si la pieza está templada, es preciso calentarla a una temperatura superior a la del templado y dejarla, asimismo, enfriar lentamente.

Medios de enfriamiento del recocido

La principal diferencia entre el recocido y el temple es, básicamente, la velocidad de enfriamiento. En el recocido la velocidad de enfriamiento debe ser menor para que la austenita pueda transformarse, en función del tipo de acero, en ferrita, perlita o cementita.

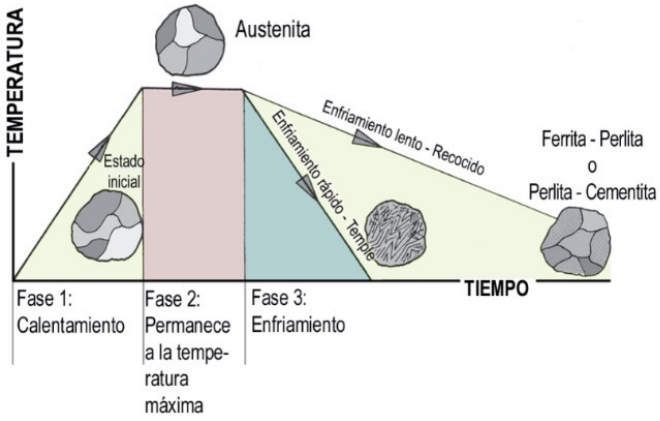


Figura 4.51. Esquema comparativo entre los procesos de temple y recocido de un acero.

El enfriamiento puede realizarse al aire o en horno, aunque también se emplea un baño de agua a unos 20 ºC de temperatura constante.

Color	Temperatura	Color	Temperatura
Rojo cereza oscuro	750	Rojo cereza claro	800
Rojo claro	840	Amarillo	1100
Blanco amarillo	1300		

Tonalidades que adquiere el acero en las distintas temperaturas que se alcanzan durante los procesos de recocido.

Cuando se supera la temperatura adecuada, el acero se denomina *recalentado*, pudiéndose regenerar calentándolo nuevamente en presencia de carbono. Si se supera en demasía la temperatura idónea, el acero se dice que está *quemado*, no pudiéndose someter a proceso de regeneración alguno.

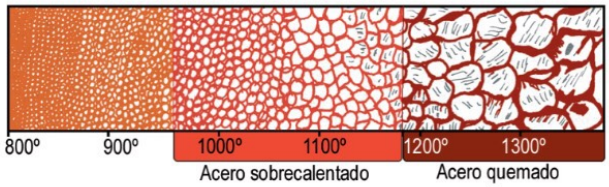


Figura 4.52. Acero sobrecalentado y quemado.

© Ediciones Paraninfo

Normalizado

Este tratamiento tiene por objeto volver al acero al estado que se supone normal y característico (en función de su composición), después de haber sufrido calentamientos o enfriamientos irregulares, tal y como sucede en los procesos de soldadura, o bien después de haber sido trabajado en caliente o frío por procesos de conformación: forja, corte, laminación, etc. Se consigue así afinar su estructura, eliminar tensiones internas y destruir tratamientos anteriores.

Figura 4.53. Sección de piezas en las que se aprecia el efecto del proceso de normalizado.

Es un tratamiento que solamente se da a los aceros al carbono. El normalizado es una mezcla del recocido y el temple, ya que el enfriamiento es más rápido que en el recocido pero más lento que en el temple; por ello también suele considerarse como una variedad de recocido de regeneración, pero la fase tercera se hace enfriando al aire ambiente.

Consiste en calentar el acero a una temperatura ligeramente superior a la crítica (unos 780 ºC), y una vez que se haya transformado todo el metal al estado austenístico, se deja enfriar al aire reposadamente.

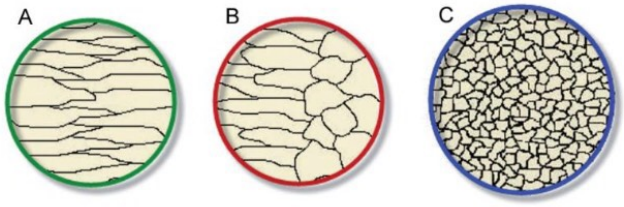


Figura 4.54. Efecto del normalizado en la microestructura de un acero: A) Microestructura de un acero laminado en frío en la que se aprecia el alargamiento producido en el grano. B) Microestructura de un acero conformado en caliente. C) Microestructura de un acero sometido a un proceso de normalizado.

Fases del normalizado

1.ª Calentar de 50 a 80 ºC por encima de la temperatura de temple (formación de austenita).
2.ª Mantenimiento de la temperatura hasta alcanzar la homogeneidad externa e interna de la pieza.
3.ª Enfriamiento muy lento con calor residual (horno apagado).

RESUMEN

- Cuando un acero está formado por un solo constituyente, sus características son las del constituyente.
- Cuando está formado por varios, que es lo más común, entonces sus propiedades son un promedio de las propiedades de los mismos constituyentes.
- Los tratamientos cambian los constituyentes de los aceros y por consiguiente cambian también sus propiedades mecánicas. En líneas generales se puede decir:
  - Del temple: que aumenta la dureza, la resistencia a la tracción, el límite elástico, y que disminuye la resiliencia y el alargamiento.
  - Del recocido: que aumenta el alargamiento y la resiliencia y disminuye la resistencia y la dureza.
  - Del revenido: que disminuye la resistencia, el límite elástico y la dureza; mientras que aumenta el alargamiento y la resiliencia. Hay que cuidar mucho la temperatura, entre los 200 y 400 ºC para evitar efectos contrarios en la resistencia.

4.2.2. Tratamientos mecánicos

Estos tratamientos consisten en someter a un metal a procesos de deformación en frío o en caliente para modificar sus propiedades mecánicas y conformarlo adecuadamente.

Tratamientos mecánicos en caliente (forja)

La forja consiste en un procedimiento de conformación de metales mediante una serie de esfuerzos repetidos (golpes) o continuos de compresión, que se aplican una vez calentada la pieza a la temperatura adecuada (superiores a las de recristalización).

Hay que tener la precaución de no elevar excesivamente la temperatura, ya que existe el peligro de que el material se queme. Asimismo, no conviene golpear el metal ya frío porque este adquiere dureza y fragilidad.

El enfriamiento de la pieza suele hacerse al aire aunque en casos como el de los aceros duros, resulta aconsejable enfriar lentamente en un horno mediante calor residual.

La forja puede considerarse como un tratamiento que mejora las propiedades mecánicas de los metales, consiguiéndose:

© Ediciones Paraninfo

Figura 4.55. Tratamiento mecánico de forja por compresión.

- Un afino del grano, debido a que los golpes trituran los granos, que vuelven a recomponerse con un tamaño más pequeño.
- Una eliminación de defectos interiores, ya que por efecto de la fundición, las piezas suelen presentar huecos o zonas de impurezas que es necesario eliminar.
- Formación de fibras, por efecto del cambio de orientación de los granos debido a la deformación que sufre el metal.

Tratamientos mecánicos en frío

En general, los procesos de deformación en frío producen un cambio en la estructura de los materiales que se traduce en un aumento de la dureza y la resistencia a la tracción de los metales y aleaciones, disminuyendo su plasticidad y tenacidad.

Este cambio en la estructura (no en la constitución) se debe a la deformación de los granos y a las tensiones que se originan. Habitualmente, cuando un metal ha recibido estos tratamientos se dice que tiene acritud. Como se mencionó anteriormente, la acritud se caracteriza porque el metal adquiere un aumento de dureza tanto más considerable cuanto mayor haya sido la deformación (dentro de ciertos límites). Estos tratamientos producen fragilidad en el sentido contrario a la deformación, y debido a la falta de homogeneidad de la deformación, se ocasionan tensiones internas en las diversas capas del metal.

4.2.3. Tratamientos termoquímicos

Bajo este nombre se distinguen una serie de tratamientos que tienden a mejorar las propiedades mecánicas de la superficie de las piezas, y sobre todo su resistencia al desgaste endureciendo las superficies de las mismas sin alterar su estructura interna. Con estos tratamientos no solo se producen cambios en la estructura del acero sino también en su composición química, añadiendo diferentes productos químicos durante el proceso del tratamiento.

Estos tratamientos requieren el uso de calentamiento y enfriamiento en atmósferas especiales.

Clasificación de lo tratamientos termoquímicos:

- Cementación.
- Nitruración.
- Cianuración.
- Carbonitruración.
- Sulfinización.

Cementación

La cementación es un tratamiento termoquímico en el que se aporta carbono a la superficie de una pieza de acero mediante difusión, modificando su composición, impregnado la superficie y sometiéndola a continuación a un tratamiento térmico.

Figura 4.56. Grupo cónico sometido a temple y cementado.

Es, por tanto, una operación de endurecimiento (enriquecimiento) superficial de carbono. Se logra calentando el acero a unos 900 °C, en presencia de sustancias ricas en carbono y capaces de cederlo, para unirse al hierro y formar carburo de hierro. Una vez terminada la operación se templa y se reviene la pieza, obteniéndose, además de una gran dureza superficial, una buena tenacidad en el núcleo. Los materiales empleados son de bajo contenido en carbono (no superior al 0,30 %). Una vez absorbido por la capa periférica del carbono tiene lugar un proceso de difusión del carbono hacia el interior de la pieza.

A medida que aumenta la temperatura, el proceso es más rápido, pero existe el peligro de sobrecalentamiento. La proporción de carbono de la capa cementada aumenta con la temperatura de cementación, pudiendo llegar hasta el 1,76 % de carbono a 1120 °C (en general las proporciones de carbono más adecuadas oscilan entre el 0,50 y

© Ediciones Paraninfo

el 0,90 %). La mayor o menor penetración, desde algunas décimas hasta 2 o 3 mm de este enriquecimiento, depende de la duración de la operación, de la energía de las sustancias y de la temperatura alcanzada (la duración puede ser de pocos minutos y hasta de varias horas).

El mecanismo de la cementación depende del cementante utilizado. Los materiales cementantes pueden ser sólidos, líquidos (a temperatura de cementación) y gaseosos. En función del medio cementante utilizado existen diferentes procedimientos para realizar la cementación, como:

- Cementación en cajas.
- Cementación con gases.
- Baño de cementación.
- Espolvoreado.

El proceso se termina con una segunda fase que consiste en aplicar un temple. Con él se logra que la capa exterior adquiera gran dureza mientras el núcleo permanece sin cambios. Cuando la primera fase ha sido muy larga, se suele intercalar entre la primera y la segunda un recocido de regeneración.

Nitruración

Al igual que la cementación, es un proceso de endurecimiento superficial del acero (aunque lo hace en mayor medida), incorporando nitrógeno en la composición de la superficie de la pieza. Por absorción de nitrógeno a una temperatura adecuada, se obtiene una fina capa de nitruros de hierro de gran dureza. Las piezas a nitrurar se introducen en cajas, herméticamente cerradas, dentro de un horno eléctrico a unos 570 ºC aproximadamente, durante un período de tiempo comprendido entre 20 y 90 horas, según el espesor de la capa deseada. Durante el proceso, se hace pasar a través de las cajas una corriente de amoniaco gaseoso que cede el nitrógeno y se combina con el hierro. En otros casos, las piezas se introducen en un baño de sales nitradas que contiene cianuro.

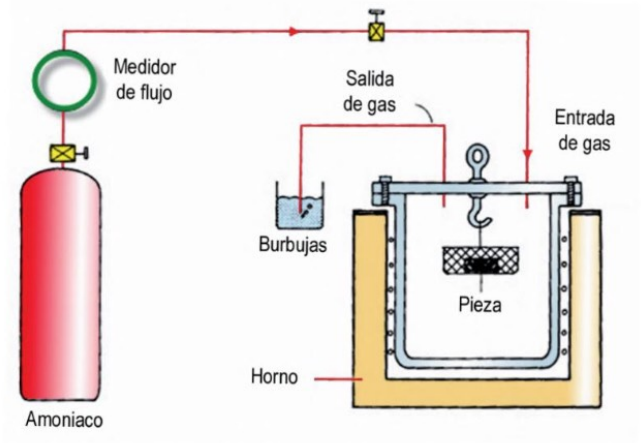


Figura 4.57. Proceso de nitruración.

Figura 4.58. La capa nitrurada da una protección superficial para el mejor deslizamiento del vástago de la válvula.

Otro de los procedimientos para nitrurar es el denominado *nitruración por plasma*. Se conoce también como nitruración iónica. En este método la pieza a tratar (que debe ser de un material conductor) se coloca en el cátodo o actúa como él, y enfrentado se encuentra el ánodo, colocado a potencial de tierra. El cátodo está a potencial negativo, de forma que los iones del plasma sean atraídos hacia él. El plasma se genera en una mezcla de gases puros (O_2, N_2, H_2, Ar, CO_2, CH_4) a través de la aplicación de una diferencia de potencial. Al principio se remueve el óxido de la superficie, así como otras impurezas. A continuación los iones de nitrógeno penetran la superficie y quedan atrapados en la estructura cristalina, a lo que se debe el endurecimiento. Muchas veces, por este tratamiento, se mejoran incluso la resistencia a la corrosión y el coeficiente de fricción. Mediante la nitruración a través del plasma se pueden endurecer, además de materiales de acero inoxidable, superficies de titanio o aluminio.

Figura 4.59. Piezas sometidas a un proceso de nitruración por plasma.

En general, los espesores de las capas nitruradas más usuales oscilan entre 0,20 y 0,80 mm según la duración de

© Ediciones Paraninfo

la operación. Las piezas nitruradas se templan y revienen antes de iniciar el tratamiento para poder soportar las elevadas presiones que sobre el núcleo ejerce la capa nitrurada. Con la nitruración se obtienen: durezas muy elevadas, una gran resistencia a la corrosión y una buena resistencia al desgaste. Cuando el tratamiento se realiza a temperaturas no muy elevadas, normalmente no se producen deformaciones en las piezas. El inconveniente más importante es el elevado coste de las instalaciones para realizar este tipo de tratamiento.

La nitruración se aplica sobre todo a los aceros aleados y en algunos casos a las fundiciones de aluminio.

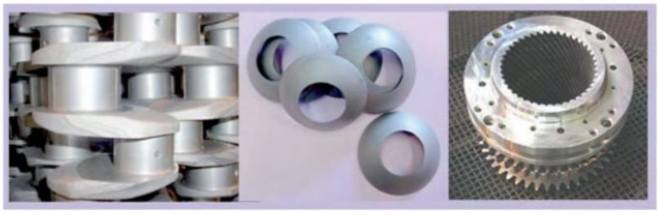


Figura 4.60. **Piezas nitruradas.**

Carbonitruración

Es un tratamiento que combina las características de la cementación y la nitruración. Consiste en una difusión simultanea de carbono y nitrógeno en el hierro γ, acompañada de un temple.

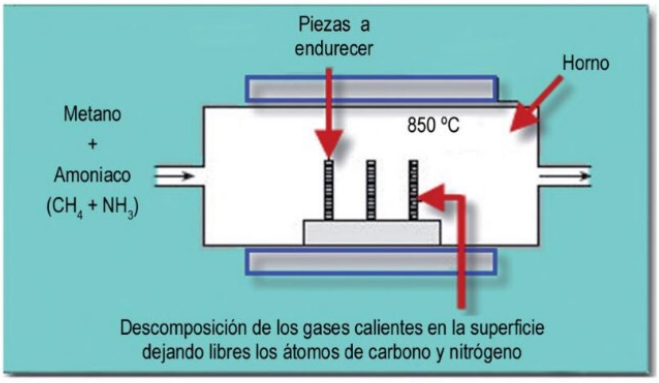


Figura 4.61. **Proceso de carbonitruración.**

El proceso se realiza calentando el acero a temperaturas próximas a los 900 ºC durante varias horas en una atmósfera formada por amoniaco, hidrocarburos y óxido de nitrógeno.

La carbonitruración puede considerarse como un caso particular de la cementación, donde la adición de nitrógeno acelera la difusión de carbono y disminuye la velocidad crítica de temple, reduciendo así las deformaciones ocasionadas por este tratamiento.

Además, la proporción de nitrógeno en la superficie confiere algunas propiedades de la nitruración tales como: alta dureza y resistencia al desgaste, mantenimiento de la dureza en caliente, resistencia a la fatiga y protección contra la oxidación.

Generalmente, los espesores de capa varían entre 0,1 a 0,6 mm y la dureza superficial está comprendida entre 700 y 850 HV.

Cianuración

Este tratamiento es una variante de la cementación y nitruración, por la que las sustancias ceden nitrógeno y carbono, endureciendo la capa superficial del acero. Consiste en calentar el metal a unos 800 ºC en un baño de sales que contiene cianuro sódico, carbonato sódico, cloruros, etc. La duración de este baño es de una hora como máximo y se acompaña de un tratamiento de temple posterior aprovechando el calor de la primera fase.

Con este tratamiento se obtienen pequeñas penetraciones, por lo que se utiliza normalmente para pequeñas piezas de bajo contenido en carbono.

Sulfinización

Consiste en calentar el acero en un baño de sales de cianuro y de carbonita fundidas. Con este tratamiento se obtiene una gran dureza superficial, lo que se traduce en una mayor resistencia al desgaste y permite soportar mayores fricciones en seco a temperaturas próximas a los 1000 ºC. Las ventajas más significativas de este tratamiento son:

- Por tener azufre no se produce el gripado.
- Se puede hacer en todos los aceros, incluso en los aleados.

4.2.4. Tratamientos superficiales

Los tratamientos superficiales de los metales son aquellos tratamientos que protegen la superficie de los componentes del metal para protegerles de la oxidación y de la corrosión. Debido a la facilidad que tienen algunos metales (por ejemplo, el hierro y el acero) para oxidarse cuando entra en contacto con la atmósfera o con el agua, es necesario y conveniente protegerlo mediante un recubrimiento exterior formado por una capa de un metal que mejore las propiedades del metal base (dureza, capacidad anticorrosiva, antioxidante, etc.).

Con los recubrimientos superficiales se logra que una pieza fabricada en acero sin alear cumpla las mismas especificaciones de funcionamiento que otra pieza de acero aleado, resultando mucho más económica.

Entre los procedimientos para realizar la capa de recubrimiento podemos citar los que se realizan mediante electrólisis. Este proceso consiste en depositar una capa de un metal autoprotector sobre la superficie de las piezas. Para ello se utiliza un baño electrolítico de una solución de cia-

© Ediciones Paraninfo

nuros o sulfatos del metal que se ha de depositar, siendo la pieza el cátodo (+) y el metal el ánodo (–). Al pasar la corriente eléctrica, las partículas de metal se separan del baño de revestimiento y se depositan sobre la pieza.

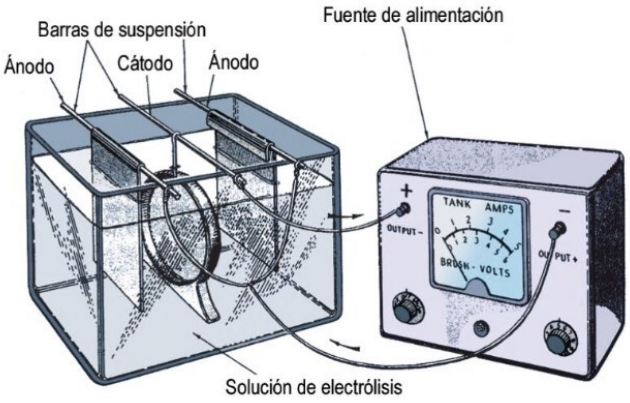


Figura 4.62. Proceso de recubrimiento electrolítico.

Los recubrimientos más utilizados son:

- Cromado.
- Niquelado.
- Cincado.
- Cobreado.
- Anodizado.

Cromado

El cromado es un galvanizado, basado en la electrólisis, por medio del cual se deposita una fina capa de cromo metálico sobre objetos metálicos e incluso sobre material plástico. El recubrimiento electrolítico con cromo es extensivamente usado en la industria para proteger metales de la corrosión, mejorar su aspecto y sus prestaciones.

Figura 4.63. Elementos cromados en un motor.

El llamado cromo duro son depósitos electrolíticos de espesores relativamente grandes (0,1 mm) que se depositan en piezas que deben soportar grandes esfuerzos de desgaste. Se realizan este tipo de depósitos especialmente en asientos de válvulas, cojinetes, cigüeñales, árboles de levas, pistones, ejes de pistones hidráulicos y en general en lugares donde se requiera bastante dureza y precisión.

El cromo se aplica bien sobre el cobre, el níquel y el acero, pero no sobre el zinc o la fundición.

Niquelado

El niquelado es un recubrimiento metálico de níquel, realizado mediante baño electrolítico, que se da a los metales para aumentar su resistencia a la oxidación y a la corrosión y mejorar su aspecto en elementos ornamentales.

Figura 4.64. Pistola de pintar con cuerpo niquelado.

Los componentes que se utilizan en el niquelado son: sulfato de níquel, cloruro de níquel, ácido bórico y humectante.

Cincado (galvanizado)

El galvanizado es el proceso electroquímico por el cual se puede cubrir un metal con otro. La función del galvanizado es proteger la superficie del metal sobre el cual se realiza el proceso. El galvanizado más común consiste en depositar una capa de zinc (Zn) sobre hierro (Fe); ya que, al ser el zinc más oxidable que el hierro y generar un óxido estable, protege al hierro de la oxidación al exponerse al oxígeno del aire.

Existen dos tipos de galvanizado: en caliente y en frío.

El proceso de galvanizado en caliente ya se ha descrito en el tema anterior. Por su parte, el galvanizado en frío es un

© Ediciones Paraninfo

Figura 4.65. Bobinas de chapa electrocincadas.

recubrimiento de zinc que se aplica sobre acero mediante pistola, brocha o rodillo. Para que este tipo de producto tenga una resistencia a la corrosión equivalente al galvanizado en caliente se requiere que la película seca contenga un mínimo de 95 % de zinc. Además es necesario que la capa sea conductora eléctricamente, solamente con estas dos características es capaz de proteger al acero galvánicamente (protección catódica).

El galvanizado en frío se utiliza para lo siguiente:

- En estructuras de acero. Aplicando el galvanizado en frío en un espesor mínimo de 75 micras se logra la misma protección que el galvanizado en caliente.
- En reparación de galvanizado dañado. Se utiliza para reparar galvanizado en caliente dañado por soldadura, corte, cizallamiento, etc.
- En regeneración de superficies galvanizadas. Se utiliza para regenerar superficies galvanizadas en caliente erosionadas por el tiempo.
- En protección de soldaduras. Las soldaduras son susceptibles de corroerse dado que el área soldada tiene un potencial eléctrico distinto al del metal base. Al aplicar el galvanizado en frío sobre las costuras de soldaduras y sus alrededores, inhibe la corrosión de estas mediante protección galvánica.

Cobreado

El cobreado es un proceso que deposita una película de cobre dúctil muy brillante con bajas tensiones internas. Se utiliza tanto como recubrimiento intermedio para el estañado de las piezas de latón (para evitar la difusión del zinc), como tratamiento final para mejorar la conductividad de las piezas.

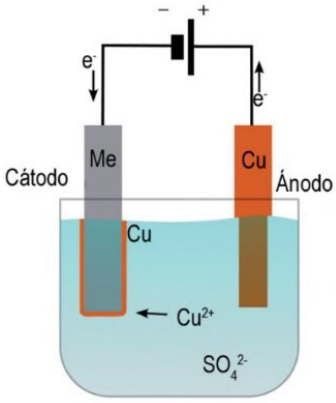


Figura 4.66. Proceso de cobreado.

Anodizado

Se conoce como anodizado al tratamiento que genera una capa de protección artificial sobre el aluminio mediante el óxido protector del aluminio, conocido como alúmina. Esta capa se consigue por medio de procedimientos electroquímicos, de manera que se consigue una mayor resistencia y durabilidad del aluminio. La protección del aluminio frente a la abrasión y a la corrosión dependerá en gran medida del espesor de esta capa (en micras).

Tal como su nombre indica, en este tratamiento la pieza a tratar hace de ánodo en el circuito eléctrico de este proceso electrolítico.

La evolución de las técnicas de anodizado han permitido que la capa de alúmina (tradicionalmente con el color gris propio de este óxido) pueda tener colores tales como oro, bronce, negro y rojo. Asimismo, las últimas técnicas basadas en procesos de interferencia óptica pueden proporcionar acabados tales como azul, gris perla y verde.

Figura 4.67. Piezas de aluminio anodizado con diferente coloración.

© Ediciones Paraninfo

Para realizar el proceso de anodizado será necesario:

- Una fuente de alimentación.
- Un recipiente de vidrio.
- Electrolito (ácido).
- Un cátodo (planchas de níquel o plomo).
- Piezas de aluminio para anodizar.
- Ganchos o alambres para sujetar las piezas.

El proceso consiste en someter al aluminio a una inmersión de ácido (generalmente sulfúrico). Al pasar la corriente eléctrica se observa un desprendimiento de hidrógeno en el cátodo y ningún desprendimiento en el ánodo. Se observa, por otra parte, que el ánodo de aluminio se ha recubierto de una película de alúmina. El oxígeno procedente de la disociación electrolítica del agua ha sido utilizado para oxidar el aluminio del ánodo. El espesor de la capa de óxido varía con el tiempo de paso de la corriente. Por último, para cerrar los poros que presenta la superficie del aluminio anodizado se lo sumerge en agua caliente.

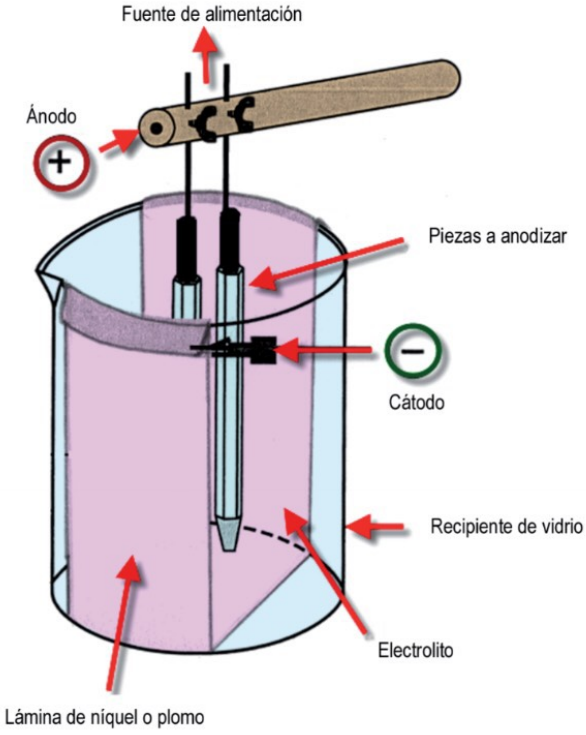


Figura 4.68. Proceso de anodizado del aluminio.

© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

Ensayos y tratamientos de materiales

CUESTIONES

4.1. Indica cuáles son los tipos de ensayos más usuales a los que se somete a los materiales metálicos.

4.2. Resume brevemente las diferentes fases de un ensayo metalográfico.

4.3. Ordena de mayor a menor grado de dureza los siguientes minerales: cuarzo, calcita, diamante, talco, corindón, yeso, apatito, topacio, fluorita y feldespato.

4.4. ¿Con qué objeto se realizan los ensayos mecánicos de dureza a la penetración? Enumera los más habituales.

4.5. ¿Cuál es el valor usual de dureza HBS (método Brinell) del acero al carbono y del aluminio?

- 200 y 80 respectivamente.
- 35 y 80 respectivamente.
- 235 y 40 respectivamente.
- 80 y 235 respectivamente.

4.6. Describe cómo se realizan los ensayos de flexión, indicando cómo se determina el valor de la capacidad de flexión del material sometido a ensayo.

4.7. ¿Qué se entiende por resistencia a la fatiga de un material? ¿La rotura por fatiga de un material aparece una vez superado el valor máximo de resistencia a la tracción o al superar su límite elástico?

4.8. Describe brevemente en qué consiste el tratamiento térmico de temple.

4.9. Describe las modificaciones que aportan al acero los diferentes tratamientos térmicos, en cuanto a sus constituyentes y su estado mecánico. Utiliza para ello la siguiente tabla.

Tipo de tratamiento	Modificaciones que sufre el acero	
	Constitución	Estado mecánico

4.10. ¿Qué proceso recibe el nombre de "bonificado"?

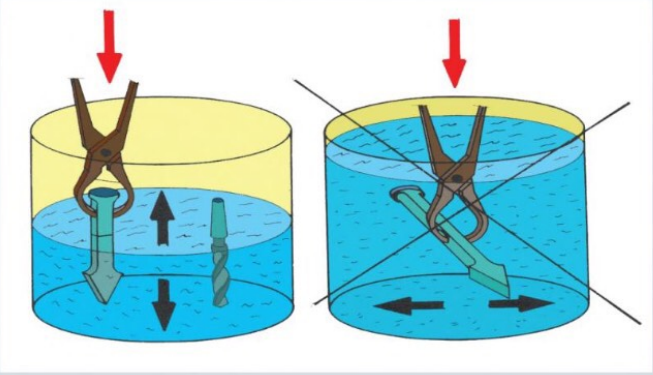
4.11. ¿Explica qué son y por qué aparecen las tensiones internas en un material? ¿Cuál es el tratamiento más recomendable para eliminarlas?

4.12. Si un acero, que se ha calentado hasta conseguir que su constituyente principal sea la austenita, sufre un enfriamiento rápido, la austenita se transformará en:

- Perlita.
- Ferrita.
- Perlita + ferrita.
- Martensita.

4.13. ¿Cuál es el mejor medio para conseguir un enfriamiento más rápido? Razona la respuesta.

4.14. Determina las razones por las que el enfriamiento de la pieza representada en la siguiente figura ha de realizarse según se describe en la misma.



4.15. En el tratamiento de normalizado, el acero se enfría:

- Lentamente en el interior del horno.
- Al aire ambiente.
- Bruscamente en aceite.
- Bruscamente en agua.

4.16. ¿Un acero "quemado" puede regenerarse mediante un proceso de recocido? Razona la respuesta.

4.17. Indica los tres factores principales de los que depende el tratamiento de revenido.

- Estado inicial, duración y temperatura.
- Estado final, duración y temperatura.
- Duración, enfriamiento y temperatura.
- Duración, temperatura y constituyentes.

4.18. ¿Resulta conveniente realizar un tratamiento de revenido después del recocido? Razona la respuesta.

4.19. Enumera los principales tratamientos termoquímicos.

4.20. El tratamiento superficial que genera (por medio de procedimientos electroquímicos) una capa de protección artificial sobre el aluminio, se denomina:

- Galvanizado.
- Anodizado.
- Cincado.
- Niquelado.

© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES PROPUESTAS

4.1. Si tu centro educativo cuenta con los medios adecuados para realizar ensayos metalográficos, selecciona una probeta de acero de una pieza cualquiera y sométela a un proceso completo de este tipo.

4.2. Fabrica varias probetas de una misma pieza y somételas a continuación a diferentes procesos de calentamiento-enfriamiento (cada probeta de forma diferente). Una vez enfriadas, aplica sobre ellas diferentes operaciones de conformado. A la vista de los resultados obtenidos, ¿ofrecen la misma facilidad para el conformado?, ¿muestran el mismo grado de ablandamiento? Razona la respuesta.

4.3. Somete a una probeta de acero a un tratamiento de temple. Una vez enfriada, intenta limar la pieza. ¿Puedes hacerlo con facilidad? Razona la respuesta.

4.4. Utilizando los vehículos de tu centro educativo, intenta localizar piezas que se hayan sometido a diferentes tratamientos para mejorar sus propiedades (cromadas, cementadas, nitruradas, etc.).

4.5. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre las propiedades, el grano y la estructura del acero.

4.6. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre procesos de ensayos metalográficos.

4.7. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre tratamientos térmicos de los aceros.

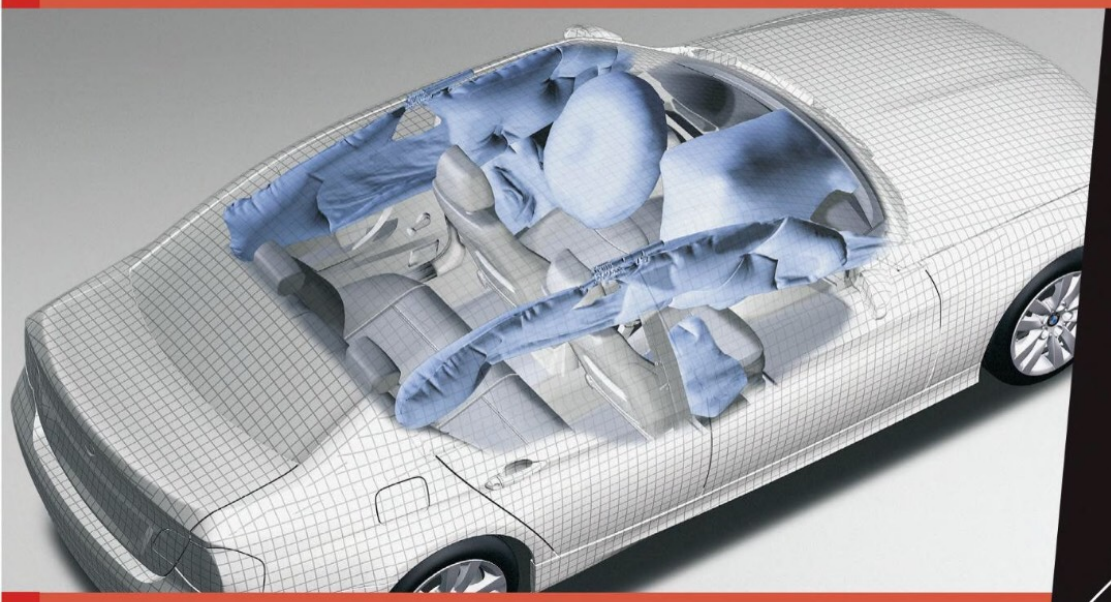
4.8. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre tratamientos mecánicos de los aceros.

4.9. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre tratamientos termoquímicos de los aceros.

4.10. Mediante el acceso a internet, navega por páginas que alojen vídeos sobre tratamientos superficiales de los aceros.

© Ediciones Paraninfo

Seguridad pasiva



Unidad 5

CONTENIDOS

Introducción
5.1 Plan de seguridad pasiva de la carrocería autoportante
5.2 Dispositivos de seguridad pasiva
5.3 Seguridad de los peatones
5.4 Seguridad infantil
5.5 Denominaciones de dispositivos de seguridad pasiva
Cuestiones
Actividades propuestas

OBJETIVOS

- Conocer los distintos aspectos que repercuten en el concepto global de seguridad del vehículo.
- Conocer las distintas soluciones que suelen utilizar los fabricantes para reforzar las zonas o los elementos cuya función resulta más relevante en caso de choque.
- Analizar el comportamiento de un vehículo en función de la deformación sufrida como resultado de un choque.
- Conocer los dispositivos de seguridad pasiva más frecuentemente utilizados.

Introducción

Uno de los principales cometidos de la industria del automóvil es el de desarrollar soluciones técnicas que puedan crear condiciones óptimas de conducción, contribuir a evitar los accidentes, reducir al máximo las consecuencias de un choque y proporcionar la inviolabilidad del vehículo.

Para garantizar un comportamiento seguro del vehículo es necesario diseñar los diferentes componentes de los ejes de modo que las ruedas efectúen movimientos direccionales previsibles y que el conductor se encuentre en condiciones de controlar el vehículo incluso en casos extremos. En este sentido, dispositivos que aumentan la seguridad son, por ejemplo, un equipo de frenos de alto rendimiento o los sistemas modernos de estabilidad y tracción como ETS, ASR, ESP, etcétera.

Figura 5.1. Categorías de seguridad existentes en el automóvil, con algunos ejemplos representativos de cada categoría.

Asimismo, la conducción en el tráfico denso de las ciudades modernas exige del conductor un alto grado de atención. Determinadas medidas constructivas pueden contribuir a mantener la forma física del conductor, a fin de que no disminuya su concentración, por ejemplo: una carrocería rígida, exenta de vibraciones, equipada con asientos ergonómicos, una climatización agradable del habitáculo y una buena insonorización.

Para poder circular con seguridad es esencial ver y ser visto. Por ello son necesarios una serie de sistemas para aumentar la seguridad de percepción mutua, por ejemplo: faros autoadaptables que iluminan la calzada de modo ideal, sistemas que eliminan los puntos ciegos de visibilidad periférica, sistemas que detectan cuándo frena el vehículo precedente, limpiaparabrisas con una gran superficie de barrido que generan un campo visual amplio, brazos limpiaparabrisas que no se levanten a altas velocidades, retrovisores exteriores con calefacción y con un gran campo visual, y medidas para evitar que se ensucien los retrovisores y ventanillas laterales, etcétera.

También es importante que el conductor se encuentre cómodo dentro del automóvil y que no tenga que buscar continuamente los mandos ni estudiar su manejo.

En términos generales, el concepto de seguridad aplicado al automóvil engloba a un elevado conjunto de sistemas, dispositivos y soluciones de vanguardia, que para su estudio pueden agruparse en varias categorías diferentes:

- **Seguridad pasiva.** Las medidas de seguridad pasiva evitan o minimizan las lesiones de los pasajeros ante un impacto o colisión.
- **Seguridad activa.** Las medidas de seguridad activa evitan situaciones potencialmente peligrosas, y por lo tanto contribuyen a evitar los accidentes.
- **Seguridad preventiva.** Las medidas de seguridad preventivas reducen las posibles condiciones de peligro además de crear un clima confortable en el habitáculo que reduzca el estrés y el cansancio.
- **Sistemas de ayuda a la conducción.** Estos sistemas ayudan al conductor mejorando las condiciones de circulación.
- **Seguridad de uso.** Esta serie de medidas tienen por objeto reducir las posibilidades de robo del vehículo.

Por seguridad pasiva se entiende el conjunto de características y dispositivos que interactúan para reducir o evitar las consecuencias de un choque sobre los ocupantes del vehículo. A través de los estudios estadísticos realizados sobre la accidentabilidad en los vehículos, pueden realizarse las siguientes consideraciones:

- Los choques frontales representan aproximadamente un 64 % sobre el total de las colisiones (completa y con cobertura del lado izquierdo).
- Los choques laterales representan el 20 %.
- El choque posterior es prácticamente irrelevante en porcentaje y casi nunca pone en peligro la integridad de los ocupantes.
- El resto de accidentes más significativos está formado por el vuelco (que aún sucediendo raramente, es

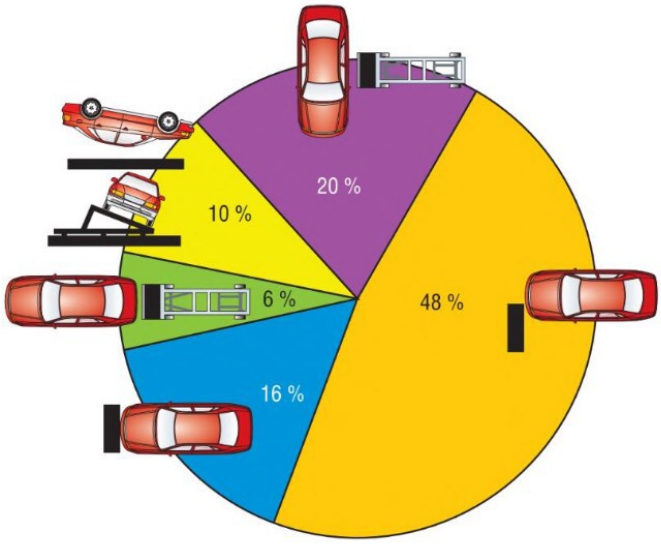


Figura 5.2. Estudio porcentual de los tipos de colisión más frecuentes.

© Ediciones Paraninfo

muy peligroso), y por el incendio como consecuencia de un accidente.

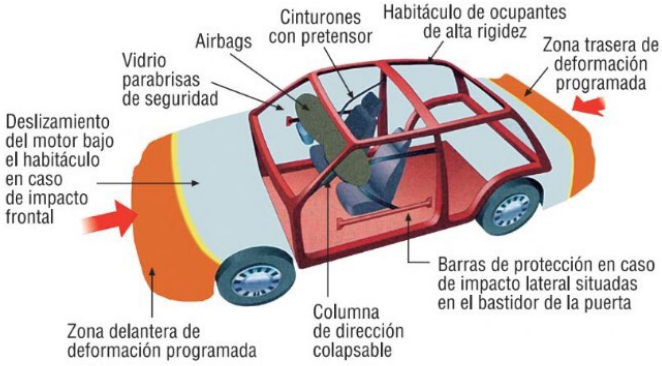


Figura 5.3. Dispositivos y aspectos a tener en cuenta en el equipamiento de seguridad de un automóvil.

Tomando como base estos estudios, los ingenieros de diseño se han ocupado de los pasajeros dotándoles de sistemas de retención, como los cinturones de seguridad y el airbag. También se presta especial atención a la configuración del habitáculo empleando materiales que absorben la energía. Otras zonas problemáticas son la columna de dirección y el volante. Asimismo, el diseño de las puertas resulta de vital importancia puesto que deben permanecer cerradas incluso en caso de deformación grave (lateral), pero facilitando a la vez el acceso al interior.

Además, la deformabilidad preestablecida de la carrocería en la parte delantera y trasera ha prestado una contribución fundamental a la seguridad dentro de la célula de pasajeros. La energía de choque debe encontrar vía libre sin perjudicar gravemente el habitáculo. Con ello se reducen también la aceleración y las fuerzas que actúan sobre los ocupantes en caso de colisión. Disponiendo el tanque de combustible en un lugar situado fuera de la zona de deformación se contribuye, por último, al programa de protección antiincendios.

Como complemento a este estudio, mención aparte merecen los datos relativos a los riesgos que corren la categoría de personas menos protegidas en caso de accidente: los niños y los usuarios de las vías de circulación sin protección (peatones y ciclistas). A este respecto, los materiales escogidos, la forma y el diseño funcional del exterior del automóvil pueden contribuir considerablemente a aumentar la seguridad pasiva. Ejemplos de una minimización constructiva de las consecuencias de accidentes son las canaletas y los limpiaparabrisas escamoteados, los parachoques blandos y los faros desplazables.

Por todo lo anterior se deduce que uno de los aspectos que más se cuidan en la fase de diseño y experimentación de un nuevo modelo es el conjunto de medidas en materia de seguridad pasiva que contribuyan a reducir los daños de un accidente. Estas medidas, según la gama del vehículo y su nivel de equipamiento, pueden ser:

1. Cinturones delanteros y traseros con pretensores y limitadores de esfuerzo.
2. Cinturón con limitador de esfuerzo en la plaza trasera central.
3. Hebilla de cinturón.
4. Airbags laterales para proteger abdomen, tórax y pelvis.
5. Airbag frontal adaptativo.
6. Airbag antidesplazamiento.
7. Airbags de cortina para cabeza delantero y trasero.
8. Captador de posición del asiento.
9. Reposacabezas con absorción de energía.
10. Desactivador de airbag de pasajero (excepto airbag de cortina).
11. Unidad de control de airbags y pretensores.
12. Doble captador de choque lateral (en pilar B y puertas delanteras).
13. Anclaje de sistema Isofix.

Figura 5.4. Dispositivos de seguridad pasiva.

- Elementos y dispositivos de seguridad como: parabrisas laminado, la columna de dirección retráctil o colapsable, el material de fabricación del volante, la estructura de los pedales, etc.
- Configuración del habitáculo. Por lo que respecta al diseño de interiores, hay que procurar que en caso de accidente si algún pasajero se ve desplazado de su asiento (por efecto de la inercia), no se golpee contra aristas o dispositivos que puedan causarle algún daño. Para comprobar estos aspectos, el diseño de tableros de abordo redondeados, los respaldos de asientos delanteros, el volante, la palanca de cambios, el freno de mano, la ubicación y forma de los accionadores, etc., deben chequearse un gran número de veces en simulación numérica y contrastarse con ensayos reales sobre vehículos equipados con maniquíes. Asimismo, los revestimientos interiores deben cumplir las normas internacionales en materia de inflamabilidad (principalmente no deben arder por contactos accidentales con llama, y ante un recalentamiento fuerte que origine su combustión no deben originar llama sino realizar una combustión que en la mayoría de los casos genere un humo fuerte y denso).
- Sistemas de retención como la resistencia, anclaje y forma de los asientos, los reposacabezas, los cinturones de seguridad (con pretensores) y los airbag. Hay que tener en cuenta que en caso de colisión, el cuerpo del conductor se ve sometido a una inercia fruto de la fuerza actuante a lo largo del tiempo, tal como establece la fórmula del impulso ($f \cdot t = m \cdot v$). El cuerpo

© Ediciones Paraninfo

del pasajero (en caso de colisión frontal), se proyectará en sentido de la marcha a una velocidad inversamente proporcional a su masa. Como ejemplo, de lo anterior se deduce que el cuerpo de un niño, en caso de accidente, se convierte en un proyectil con la fuerza de un autobús.

- Concepción de la estructura. En este campo la carrocería se diseña con resistencia diferenciada con una célula de habitabilidad lo más rígida posible y con la parte delantera y trasera deformables de forma programada para absorber gradualmente la energía del choque.

Figura 5.5. Zonas de deformación programada delantera y trasera.

Para su estudio, el conjunto de medidas a nivel de seguridad pasiva pueden dividirse en dos grandes conjuntos:

- Plan de seguridad pasiva de la carrocería autoportante.
- Dispositivos de seguridad pasiva.

5.1. Plan de seguridad pasiva de la carrocería autoportante

Con el fin de mejorar la estructura portante en materia de seguridad pasiva, los fabricantes de vehículos utilizan diferentes soluciones constructivas que responden a variados criterios en cuanto a finalidad de la evolución se refiere: aumento de la rigidez de la carrocería, disminución de peso (sin merma alguna de la seguridad estructural), mejora del plan de deformación programada, mejora del sistema de reparabilidad, mejora de las prestaciones de marcha del vehículo, etcétera.

El plan de seguridad pasiva presta especial atención a varios aspectos fundamentales:

- Características constructivas.
- La deformación programada.
- Comportamiento de la estructura delantera.
- Comportamiento de la estructura trasera.
- Las protecciones laterales.
- Las protecciones antivuelco.
- Los paragolpes absorbentes.
- La antintrusión de la mecánica.
- El habitáculo.

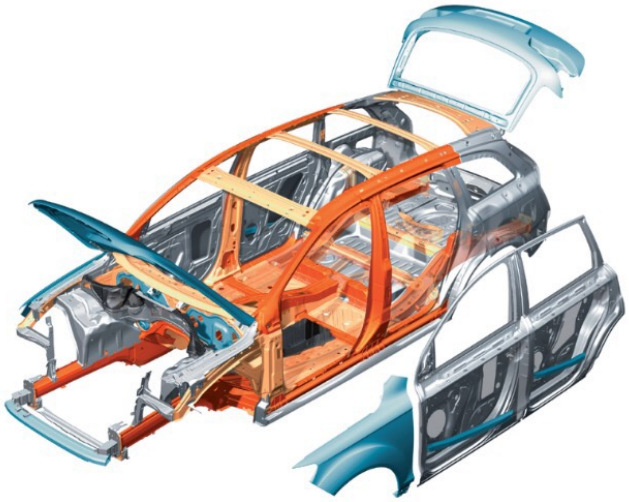


Figura 5.6. Estructura de un vehículo Audi Q7.

5.1.1. Características constructivas

Para conseguir unos niveles óptimos de resistencia estructural se suele recurrir al empleo de chapas multiespesor o a la utilización de refuerzos especiales. En el primer caso, esta tecnología consiste en la soldadura láser de láminas de chapa de distintos espesores, trabajadas posteriormente por moldeo con métodos tradicionales (*tailored blanks*). De esta forma se obtienen zonas de resistencia elevada sin necesidad de añadir elementos de refuerzo, limitando al mismo tiempo el peso del conjunto. Las zonas más críticas de la estructura se refuerzan con barras de acero de alta resistencia para garantizar una adecuada seguridad en caso de impacto.

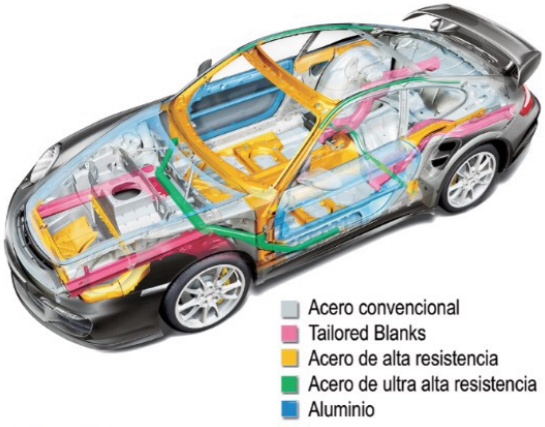


Figura 5.7. Materiales y soluciones técnicas utilizadas en la estructura de una carrocería.

Por lo que respecta a los distintos refuerzos que se pueden aplicar a una carrocería para mejorar su resistencia, destacan también los situados en la parte delantera y central inferiores, zonas donde generalmente se anclan los subchasis portadores de las suspensiones, tirantes de reac-

© Ediciones Paraninfo

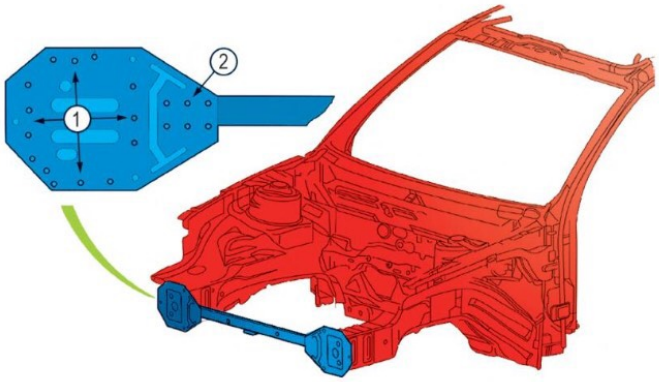
ción, diferenciales y árboles de transmisión. Los subchasis, en su unión a la carrocería, tienen cierta elasticidad ya que para su sujeción se emplean soportes de goma encastrada en metal (*silentblocks*), precisamente por el esfuerzo al que se ve sometido el punto de unión en la carrocería. La presencia de refuerzos es inevitable y estos se aplican con chapas suplementarias de gran grosor unidas por medio de costuras de soldadura.

Figura 5.8. Subchasis.

En algunos modelos utilitarios, estos refuerzos aplicados a la carrocería en las zonas de anclaje de los subchasis llegan a ser solidarios con los refuerzos que se aplican en las torretas de la suspensión. Estos últimos son unos puntos de la carrocería que tienen que soportar grandes esfuerzos y torsiones, ya que son las piezas donde está atornillada la parte superior de la suspensión. Este mismo refuerzo se aplica de forma independiente en automóviles de mayor tamaño y está especialmente sobredimensionado en los vehículos que montan suspensión independiente tipo McPherson.

Figura 5.9. Refuerzo de la torreta de la suspensión.

En los vehículos tipo berlina también se suelen aplicar refuerzos en los anclajes a la carrocería de los ejes traseros, ya sean vehículos de tracción delantera o propulsión trasera. En los primeros, en las uniones de los ejes a la carrocería; independientemente del sistema que empleen: eje rígido, semirígido o suspensión independiente; y en los segundos para soportar el puente y el grupo.



1. Soldadura por puntos 2. Uniones a presión

Figura 5.10. Sistema de unión del travesaño delantero.

Además, los fabricantes, suelen incorporar otros refuerzos puntuales localizados en diferentes puntos de la estructura:

- Los arcos de las puertas laterales, los montantes centrales, y los travesaños del techo, para aumentar la seguridad del habitáculo en caso de vuelco.
- Refuerzo de los puntos de anclaje de los asientos y cinturones de seguridad.
- En algunos casos el travesaño delantero tiende a fabricarse con diferentes materiales y de distinto espesor en sus secciones. Las zonas de unión con los largueros suelen ser de acero, uniéndose a estos mediante soldadura por puntos de resistencia. La fijación al tubo central de sección cuadrangular se realiza mediante un sistema de ensamblaje a presión Pressjoining (unión mediante una conformación en frío del propio material).
- El subchasis delantero. Para atenuar los efectos de un impacto frontal.
- Paragolpes delantero. En su unión a la estructura de la carrocería en muy común utilizar piezas anticolisión *crash box,* que absorben energía para proteger a los largueros sobre los que se fijan, y a otros componentes sensibles del vehículo, como el sistema de refrigeración del motor.

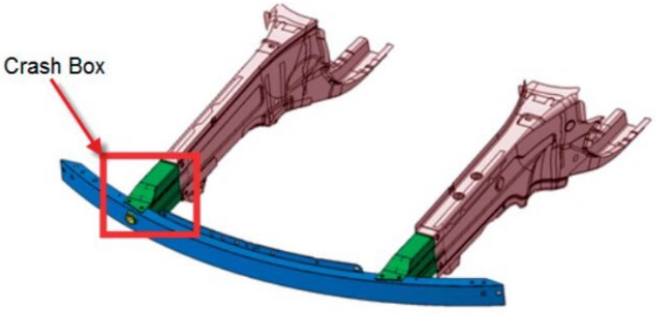


Figura 5.11. Elemento "anticolisión" en el soporte del paragolpes delantero.

© Ediciones Paraninfo

- Paragolpes trasero. También en este caso el sistema paragolpes consta de dos elementos de deformación unidos a un travesaño de acero.

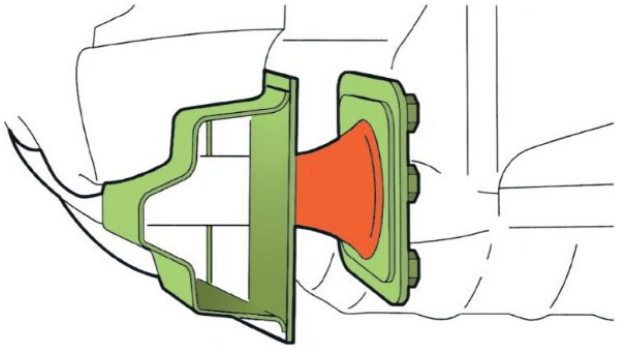


Figura 5.12. Elemento deformable en la unión del paragolpes trasero.

Por lo que respecta a los vehículos con bastidor conviene destacar que para aumentar la seguridad en las carrocerías sustentadas sobre un chasis, además de utilizar bastidores en escalera con gruesos largueros transversales de sección en caja, el bastidor se integra dentro de la estructura monocasco para aumentar la rigidez.

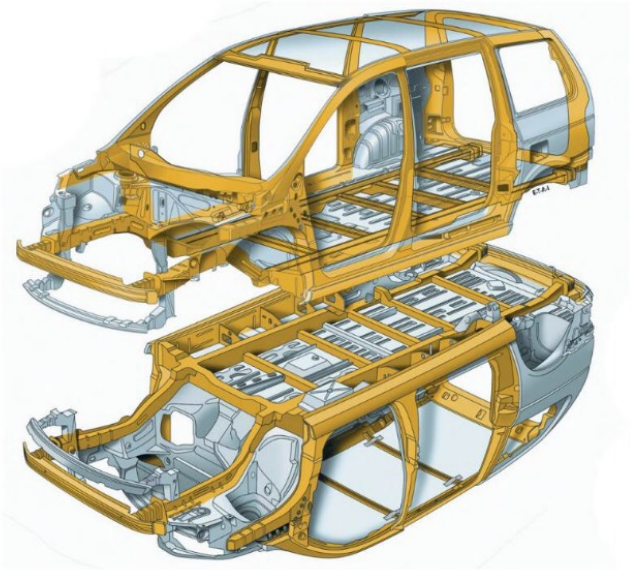
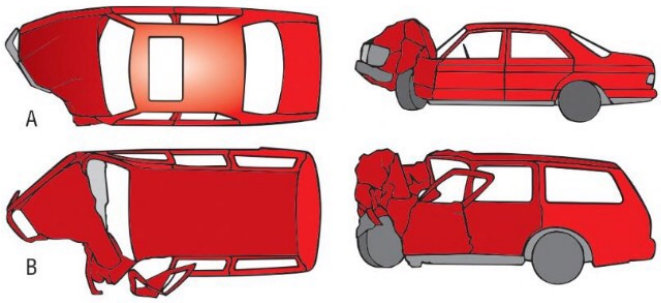


Figura 5.13. Bastidor integrado en la estructura del monocasco de un Citroën C8.

5.1.2. La deformación programada

En cuanto a seguridad pasiva se refiere, la función principal de la carrocería en caso de choque debe ser la de permitir una deceleración suave del habitáculo de pasajeros, conservando la máxima integridad del mismo. Aunque el choque se produzca a baja velocidad, las estructuras deben deformarse con progresividad para absorber la energía del impacto.



A. Vehículo bien diseñado para el choque frontal:
Mantenimiento total del habitáculo.
Mínimo desplazamiento del tablero y dirección.
Mínima penetración de la pared frontal.
Se mantiene la pared lateral.
Todas las puertas se abren fácilmente.

B. Vehículo mal diseñado para el choque frontal:
Ningún espacio de supervivencia.
Conductor aplastado por el volante y tablero.
Penetración de la rueda en la pared frontal.
Pared lateral destruida.
Puerta del conductor bloqueada.

Figura 5.14. Ejemplo de colisión frontal de dos vehículos: con y sin plan de deformación programada.

Figura 5.15. Diseño de la carrocería del vehículo para que la deformación no afecte a los ocupantes.

La deformación programada consigue absorber una gran cantidad de la energía generada en un choque, sacrificando todos los componentes de la carrocería perimetrales al habitáculo. Lo que se pretende con ello es una retención progresiva de la energía liberada en el choque para evitar la transmisión de cargas extremas a los ocupantes del vehículo.

Las piezas que normalmente tienen programada su deformación suelen ser los elementos estructurales que configuran las zonas resistentes, que a su vez son los que soportan la mayoría de los esfuerzos. Desde el punto de vista de la seguridad, su diseño se centra en la geometría y la disposición de los puntos fusibles.

Las secciones extremas están diseñadas para que se deformen progresivamente, absorbiendo la energía de la colisión y evitando así su transmisión a los ocupantes. Por su parte, la sección central de la carrocería está reforzada y es muy rígida y resistente al desalineamiento. En caso de impacto, se asegura una célula de supervivencia a los pasajeros.

En el inicio de la colisión, la carrocería se comporta como un bloque compacto y homogéneo. A medida que va

© Ediciones Paraninfo

evolucionando (en décimas de segundos), cada una de esas secciones comienza a actuar de forma independiente, afectadas por su propia masa y fuerza de inercia.

Figura 5.16. Puntos fusibles de una carrocería.

Entre los componentes de cada sección, cuya contribución es más importante, se encuentran:

- Largueros delanteros inferiores. Son dos vigas paralelas que parten del travesaño delantero. En estas piezas, la mayor parte de la energía que se produce en un impacto frontal es absorbida por las zonas de deformación progresiva situadas en los extremos delanteros de los largueros, de forma que el larguero se repliega arrugándose sobre sí mismo. Estas zonas son las que primeramente se deforman si la magnitud de los daños supera la capacidad de absorción de dicho elemento. En la Figura 5.17 pueden apreciarse las zonas de deformación en la parte exterior del larguero, y las de la parte interior del mismo.

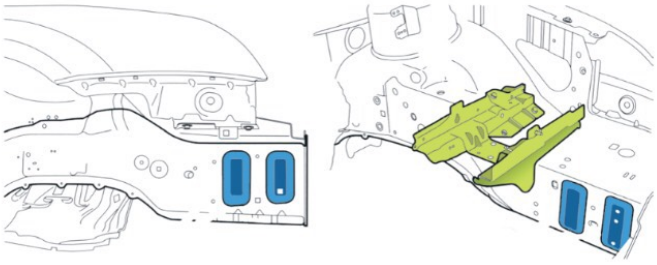


Figura 5.17. Zonas de deformación del larguero delantero inferior.

- Largueros delanteros superiores. Suelen ser de tamaño reducido y se encuentran ubicados por encima de los pasos de rueda sirviendo de base de sustentación de las aletas delanteras. Habitualmente se apoyan sobre los refuerzos de los montantes delanteros, de forma que el larguero se comprima sobre sí mismo absorbiendo energía al hacer presión sobre la base de apoyo de dichos montantes que, a su vez, son los que protegen de ciertas deformaciones al habitáculo gracias a su gran resistencia.
- Travesaño delantero. Es el elemento de unión de los largueros delanteros y suele ser muy rígido (resistente a la flexión). Su misión es la de repartir las cargas para que la deformación sea uniforme en toda la estructura, ya que en caso de que se produzcan fuerzas de deformación asimétricas, el reforzamiento de este travesaño contribuye a que la parte más alejada del choque también quede implicada en el proceso de deformación y absorción de energía.
- Pilares. Refuerzan lateralmente la estructura y, junto a los largueros del techo, forman el arco que configura el habitáculo.
- Largueros traseros. Absorben también energía en los impactos traseros debido a su estructura reforzada. Además, mantienen la integridad del depósito de combustible.
- Largueros laterales inferiores. Son piezas de gran tamaño que aportan gran rigidez a la carrocería, ya que su estructura suele estar formada por chapas con costuras de soldadura por compresión. La combinación de su estructura con espesores de aumento progresivo (chapas multiespesor), así como su anclaje sobre los refuerzos de la parte baja de la carrocería, dan como resultado un gran aumento de rigidez en el conjunto de la estructura, ya que se aumenta la rigidez en las zonas críticas y se mantienen las zonas de deformación programada. Bajo las puertas se encuentran los estribos, que también juegan un papel muy importante en materia de aplicación de refuerzos para mantener la integridad del habitáculo. Estos refuerzos contribuyen junto al travesaño de seguridad dispuesto bajo el tablero de instrumentos, el travesaño montado debajo de los asientos delanteros y la protección interior de las puertas, a aportar rigidez de la configuración del habitáculo, permitiendo adicionalmente la apertura de las puertas en caso de impacto.
- Vigueta transversal (del salpicadero). Proporciona rigidez al habitáculo, además de sustentar al parabrisas y los airbags delanteros.
- Travesaño de techo. Asegura el espacio de seguridad en caso de vuelco. En este caso, en la integridad del habitáculo también contribuyen los refuerzos (a modo de estructuras adicionales) de los montantes de la carrocería. Las traviesas superiores provistas de una serie de nervios le aportan mayor rigidez.
- Barras laterales. Evitan o minimizan las consecuencias de los golpes laterales. A veces se sustituyen por estructuras de puerta reforzadas.

© Ediciones Paraninfo

5.1.3. Comportamiento de la estructura delantera

A nivel estructural, la parte delantera de rigidez diferenciada está diseñada para deformarse y sacrificarse, haciendo de escudo a un habitáculo que configura una célula de protección (habitáculo) muy rígida e indeformable mediante la adopción de una serie de refuerzos. Como se ha mencionado anteriormente, en muchas ocasiones lo habitual suele ser que los largueros delanteros se doblen de forma preestablecida, atenuando y absorbiendo la energía del choque. Asimismo, los largueros suelen unirse por uno o dos travesaños delanteros que tienen la misión de distribuir la energía del choque a todo el frontal cuando el impacto se produce solo en un lado del vehículo. Si a la configuración anterior se le une un diseño estudiado del capó y los pases de rueda, se obtienen como resultado unas estructuras que además de absorber energía en caso de choques contra una barrera fija perpendicular (poste), obtiene excelentes resultados en choque contra obstáculos rígidos, paredes, postes y objetos deformables como otros vehículos, limitando al máximo las fuerzas y las aceleraciones que llegan a la célula de protección.

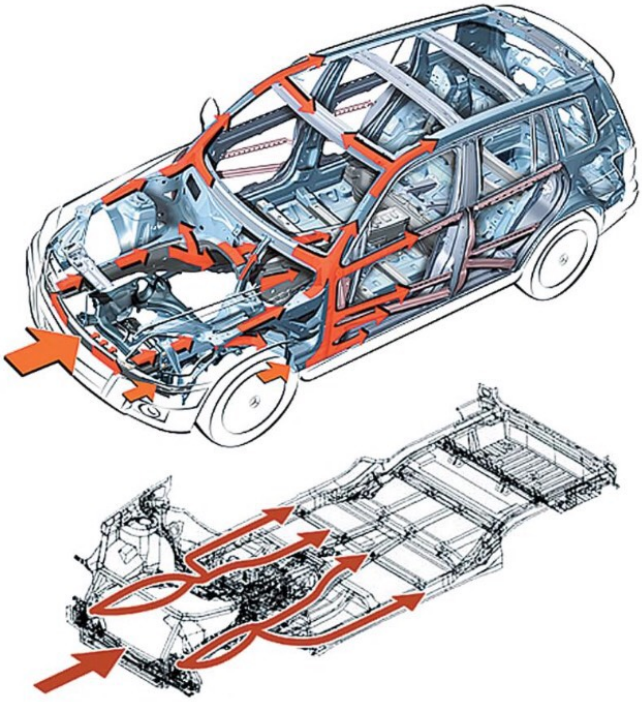


Figura 5.18. **En caso de una colisión frontal, el recorrido de la fuerza de choque es el siguiente:**

- **Traviesa del parachoques con *crash box*.**
- **Largueros delanteros inferiores y superiores.**
- **Traviesas delanteras.**
- **Subchasis.**
- **Travesaño de sujeción del panel de instrumentos.**
- **Pilares delanteros (montantes A).**
- **Largueros laterales, barras laterales de puerta, travesaño de techo.**

La fuerza de choque, ya notablemente mitigada al ceder la parte delantera, al avanzar encuentra la célula de protección que le bloquea el paso. Para hacerla indeformable, los largueros delanteros suelen anclarse al costado del vehículo con elementos específicos de unión que reparten la energía a otras partes de la estructura, mientras que el subchasis de las suspensiones en su caso, descarga las fuerzas en puntos oportunamente cajeados. Asimismo, los refuerzos longitudinales en los largueros situados debajo de la puerta, reforzados con tabiques interiores, garantizan un sólido apoyo a las ruedas.

De igual modo, la estructura del habitáculo también es muy rígida. Los refuerzos de las puertas y su acoplamiento a los montantes garantizan altos valores de resistencia al aplastamiento; los travesaños longitudinales y transversales aportan más solidez al piso y limitan al máximo las deformaciones del conjunto pedalier. El cajeado debajo del parabrisas y el soporte de anclaje del panel de instrumentos (vigueta transversal) aseguran el refuerzo transversal del habitáculo, haciendo completamente solidarios los costados a la altura de los cinturones. Por último, los montantes delanteros y centrales, y los travesaños del techo son sumamente robustos y contribuyen también a mantener íntegro el habitáculo.

Como resumen, entre las diferentes soluciones que adoptan los fabricantes para conseguir el comportamiento deseado de la parte frontal en caso de impacto, cabría destacar las siguientes:

- La adopción de largueros delanteros en horquilla que distribuyen equitativamente la fuerte energía de choque hasta los componentes sustentadores del habitáculo, principalmente: el suelo, los estribos y el túnel (en vehículos de propulsión trasera o 4 × 4). Además, el diseño de horquilla del bastidor alrededor del vehículo ayuda a mantener la integridad del habitáculo y a mantener operativas las puertas tras el impacto.

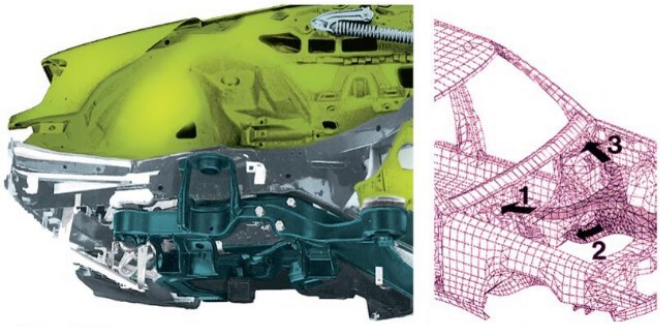


Figura 5.19. **Larguero de horquilla que desvía la energía del choque en tres direcciones: 1) Túnel. 2) Piso. 3) Estribos.**

- Con una configuración adecuada de la traviesa inferior, largueros y subchasis, se consigue que en casos de colisiones frontales tipo "offset" (descentradas), el piso del lado opuesto al choque también participe en la absorción de energía.
- La disposición de refuerzos en los largueros y en los montantes laterales conectados por un travesaño es-

© Ediciones Paraninfo

tructural hueco situado debajo del parabrisas garantizan la rigidez transversal del habitáculo haciendo solidarios los laterales, a la altura de la línea de la cintura.

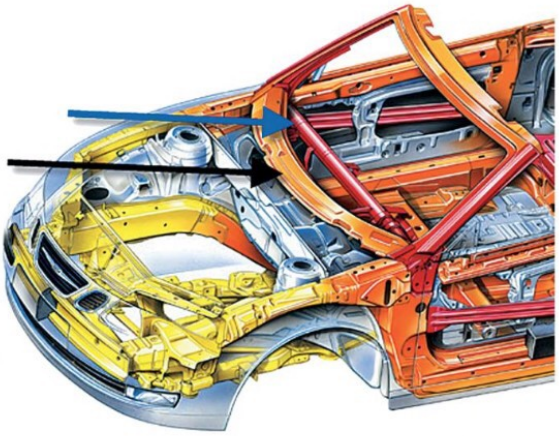


Figura 5.20. Travesaño estructural hueco bajo el parabrisas y barra de apoyo del panel de instrumentos.

- Con la utilización de refuerzos debajo del piso y en el soporte de la palanca del cambio, se aumenta la solidez y la rigidez del piso limitando al máximo las deformaciones.
- Una geometría y ubicación estudiada de los anclajes del motor consiguen que, en caso de choque, estos descarguen las fuerzas sobre el armazón delantero, evitando cargas excesivas sobre el habitáculo.
- Una forma cónica o piramidal en la sección de los largueros conseguirá que estos absorban energía progresivamente mediante su autoembutición. Cuando se utilizan largueros octogonales, estos se deforman según el principio de "plegado de abolladuras", con la consiguiente reducción de la energía del choque.

Figura 5.21. Zonas fusibles "cajeadas".

- Determinados elementos de la estructura (principalmente largueros, traviesas y refuerzos de los pasos de ruedas) disponen de puntos fusibles (acanaladuras longitudinales, taladros, zonas curvas, muescas o pliegues), mediante las cuales se conseguirá que se deformen de forma controlada. Estos puntos fusibles se incorporan a la pieza en el proceso de estampación.

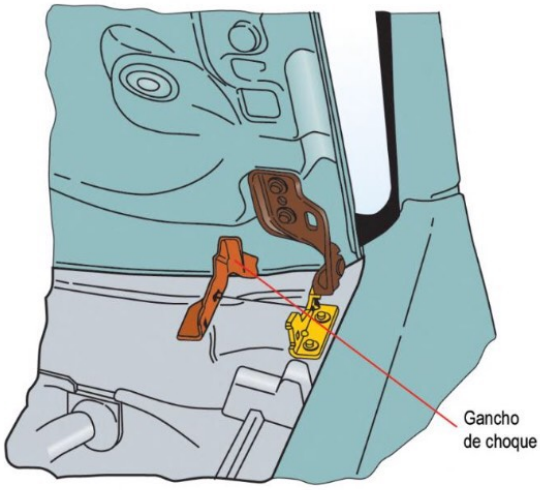


Figura 5.22. Sistema de autorretención del capó.

- Los refuerzos de los capós delanteros suelen disponer de puntos fusibles que, en caso de colisión frontal, hacen que los capós se doblen por su parte media, evitando su desplazamiento para que no se incrusten en la luna parabrisas. En algunos vehículos las bisagras incorporan un sistema de autorretención (gancho), cuya función es evitar que las mismas se separen en caso de choque.
- En algunos vehículos, las aletas se fijan con grapas fusibles, que se sacrifican en caso de impacto, disminuyendo el riesgo de rotura y deformación de las aletas.

Figura 5.23. Refuerzos del capó con zonas fusibles.

5.1.4. Comportamiento de la estructura trasera

En un choque posterior la deformación se inicia con el impacto en el paragolpes trasero que mediante los soportes de fijación distribuye la energía hacia los largueros traseros, y estos comienzan a deformarse, consiguiendo que la deformación sea uniforme y progresiva. A la vez, también comienzan a deformarse los anillos de seguridad central y superior cerrados por la cintura de las puertas y los pilares reforzados C (traseros), también se deforma la base del piso por las zonas con pliegues para deformación programada. En un choque posterior ha de conseguirse que el depósito

© Ediciones Paraninfo

de combustible se mantenga ileso, y que las puertas se puedan abrir fácilmente después del impacto.

Figura 5.24. En caso de una colisión trasera, el recorrido de la fuerza de choque es el siguiente:

- **Traviesa del paragolpes trasero.**
- **Largueros traseros.**
- **Travesaño del piso trasero.**
- **Piso trasero.**
- **Pilar trasero (montante C).**
- **Estructura del techo.**
- **Panel y bandeja trasera.**
- **Largueros laterales.**

Figura 5.25. Deformación en un impacto trasero.

En general, sobre todo para los vehículos tipo berlina o sedán, el aumento de seguridad puede conseguirse mediante varios procedimientos:

- Para aumentar la capacidad de deformación y absorción de energía se sustituyen los perfiles abiertos de los largueros traseros por perfiles cerrados (en forma de cajón) con chapa de mayor espesor.
- Se refuerzan las fijaciones entre el travesaño trasero y los montantes.
- Se refuerzan los armazones de los laterales y los pasos de ruedas traseros.
- La rueda de repuesto suele encontrarse en el centro (bajo el piso del maletero) para incrementar la seguridad al actuar como elemento distribuidor de fuerzas, ejerciendo una función similar al motor en la parte delantera.
- El depósito de combustible se encuentra lo más protegido posible y lejos del parachoques trasero (encima del eje trasero en su caso).

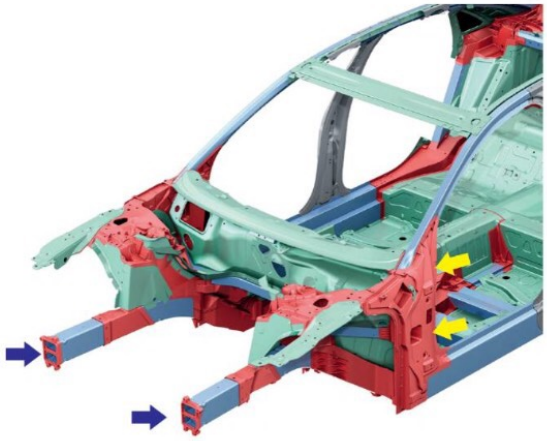


Figura 5.26. Utilización de perfiles cerrados en forma de cajón.

- La configuración de las bisagras de la tapa del maletero debe evitar la intrusión de la misma en el habitáculo.
- Los largueros traseros suelen unirse mediante un travesaño con el fin de distribuir las fuerzas de manera similar a como se distribuyen en la parte frontal del vehículo.
- En carrocerías de tres volúmenes, la protección se completa (según fabricantes) con la función del travesaño situado bajo la luneta, la bandeja trasera y por el tabique posterior del respaldo, que también cumple la función de protección de movimiento de la carga transportada en el maletero durante el choque.

5.1.5. Protecciones laterales

Durante una colisión frontal o trasera, la carrocería puede deformarse de modo controlado para absorber y disipar la energía del impacto. En cambio, en un choque lateral esto

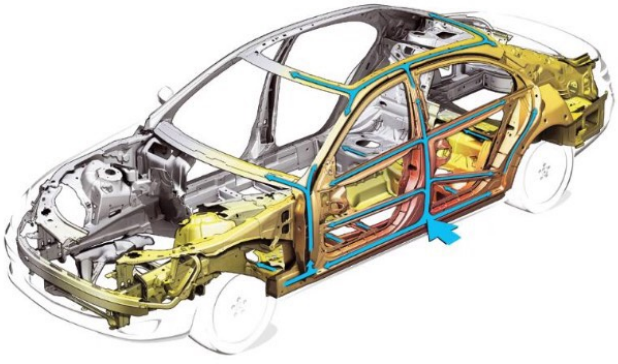
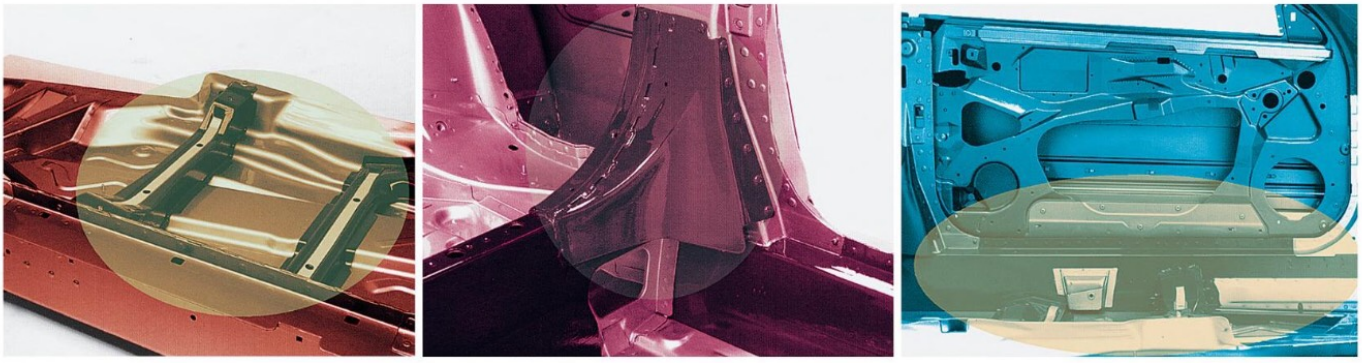


Figura 5.27. En el caso de una colisión lateral, el recorrido de la fuerza de choque es el siguiente:

- **Largueros laterales, barras laterales de puerta.**
- **Travesaños del piso del habitáculo.**
- **Travesaño del piso trasero.**
- **Pilares A, B y C.**
- **Travesaño de sujeción del panel de instrumentos.**
- **Travesaños y largueros del techo.**
- **Bastidores de asiento.**

© Ediciones Paraninfo



A) Travesaños de los asientos delanteros, resistentes a la presión.

B) Integración de gran volumen del pilar central en la plataforma del piso.

C) Largueros inferiores y estribos de las puertas de gran resistencia.

Figura 5.28. Ejecuciones para la mejora de la protección lateral.

no es posible, debido principalmente a que los laterales son zonas débiles, disponen de amplios huecos escasamente reforzados, y además la separación entre las puertas y los pasajeros es reducida. En impactos de este tipo la estabilidad de la carrocería debe evitar deformaciones e impedir intrusiones que puedan resultar peligrosas para los ocupantes, ya que las posibilidades de protección en el choque lateral son más limitadas.

En este tipo de colisiones, la estructura entra fácilmente en contacto con los pasajeros. Por tanto, la protección se centrará en reforzar dicha estructura para evitar el hundimiento de las puertas y el alcance de los pasajeros.

Las principales soluciones que pueden adoptarse para lograr un óptimo grado de protección lateral pueden resumirse en términos generales:

- Reforzando y fabricando con unas generosas dimensiones los largueros colocados bajo la puerta.
- Con transiciones amplias de las columnas o montantes al marco del techo y a los largueros laterales, para distribuir eficazmente las fuerzas que se originan en caso de choque.
- Con el alto nivel de rigidez transversal del montante delantero.
- Reforzando los montantes centrales y posteriores en los puntos de anclaje a los largueros, en los puntos de enganche de los cinturones de seguridad y en las zonas de los resbalones de las cerraduras.
- Un diseño especial de los montantes centrales para atenuar los efectos de los choques laterales. Un pilar central reforzado (puede alcanzar espesores del orden de 4,3 mm) consigue una rigidez que permite un mejor reparto de la energía en el travesaño del techo y en la traviesa del piso. Asimismo, la zona central se diseña con la máxima rigidez para que no se deforme y se desplace hacia el interior.
- Con travesaños de elevada resistencia debajo de los asientos.
- Reforzando la célula de ocupantes con traviesas muy rígidas, para que el lado contrario al que recibe el impacto participe también en la resistencia total de la estructura del habitáculo.
- Con armazones de asientos capaces de soportar incluso las presiones laterales.
- Utilizando tapizados interiores de las puertas con absorción de energía y con perfil estudiado específicamente.

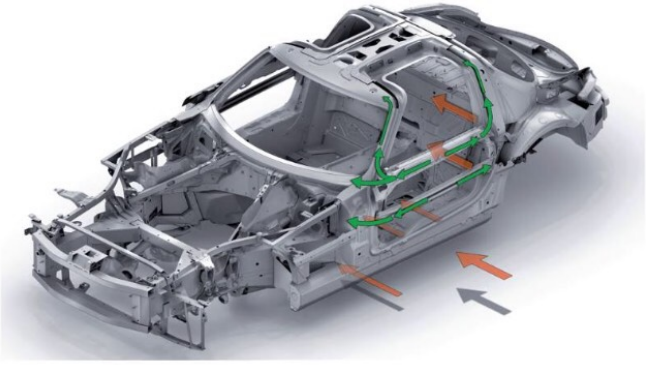


Figura 5.29. Filtración de un golpe lateral.

Figura 5.30. Refuerzos en la estructura lateral.

© Ediciones Paraninfo

- Utilizando elementos altamente resistentes en la unión de las puertas (bisagras, cerraduras, resbalón), con ello se consigue que las puertas permanezcan cerradas y contribuyan en la transmisión de fuerzas.

La estructura de las puertas tiene una importancia fundamental en la seguridad de los pasajeros en caso de colisiones laterales y, por tanto, debe diseñarse de forma que la geometría y la rigidez de los paneles de la puerta sean las adecuadas para mantener los espacios de supervivencia del lateral y para reducir al mínimo las posibles lesiones de los ocupantes. La normativa contempla que las puertas deben diseñarse para poder realizar su apertura después de una colisión frontal o trasera.

Básicamente, para aumentar la resistencia de las puertas y evitar la intrusión dentro del habitáculo se utilizan refuerzos de chapa embutida, unos diseños apropiados de las cerraduras y de las bisagras, y una buena unión y ajuste de la parte inferior de las puertas y el estribo. Además, un amplio solapamiento de las puertas con los pilares garantiza un buen apoyo que facilita su apertura en caso de colisión. Determinados constructores diseñan la parte superior de la puerta para que en el caso de colisión actúe como una "bisagra" y logre mantener su posición, en tanto que todo el resto de la puerta se desplaza hacia dentro como un péndulo, reduciendo de esta forma el riesgo de lesiones en las zonas más sensibles de la anatomía como el tórax, las costillas, y la cabeza.

Figura 5.31. Barras perfiladas de protección lateral.

El corazón defensivo de las puertas son las barras perfiladas de refuerzo colocadas longitudinalmente. Suelen fabricarse en acero de alta resistencia después de una larga serie de cálculos y pruebas experimentales cuya misión es aportarles rigidez y controlar su deformación para evitar que penetren en la estructura de la carrocería, facilitando así los trabajos de salvamento.

Figura 5.32. Cerradura de puerta.

Como resumen, la protección lateral se aumenta de forma notable si:

- A las barras de las puertas se le añade el *padding* (material absorbente realizado con elementos plásticos con forma de nido de abeja).
- Se sitúan los asientos sobre traviesas con puntos fusibles en su unión a los largueros (de este modo, su deformación controlada evitará, en la medida de lo posible, el contacto de los ocupantes con las puertas y pilares).
- Se dispone de una estructura de las puertas particularmente rígida y sólidamente anclada a la robusta carrocería.
- Las bisagras y cerraduras son de alta resistencia.

Las cerraduras tienen una gran importancia en materia de seguridad pasiva. Desempeñan un papel básico en todos los tipos de choque y no solo en los laterales. De hecho, es absolutamente necesario que durante todas las fases dinámicas que siguen a un choque las puertas permanezcan sólidamente cerradas. Las cerraduras deben pasar por pruebas de homologación para determinar su límite de resistencia. En posición cerrada, deben aguantar como mínimo una fuerza longitudinal de 12 kilonewton, y una transversal de 10 kilonewton (en posición totalmente bloqueada). Además, no deben abrirse con aceleraciones longitudinales o transversales hasta de 30 g.

5.1.6. Protecciones antivuelco

La estructura del techo debe conferir mayor rigidez al habitáculo contribuyendo a la seguridad de los pasajeros tanto en caso de colisión lateral como en caso de vuelco.

Figura 5.33. Refuerzos en los montantes para mejorar la protección antivuelco.

Conviene tener en cuenta que, en caso de vuelco, la cabeza, el cuello, el tórax y el abdomen son las partes del cuerpo que pueden sufrir las lesiones más graves. Además,

© Ediciones Paraninfo

el riesgo de lesiones de la columna vertebral se triplica con respecto a otros tipos de accidentes.

Las causas que originan estas lesiones son, fundamentalmente, la deformación del techo (que puede reducir tanto el habitáculo que no quede espacio para los pasajeros), y no llevar puesto el cinturón de seguridad, que es el encargado de retener al pasajero en su asiento (en este tipo de accidente, muchos ocupantes salen despedidos, y en el 66 % de los vuelcos al menos se rompe una ventana). Para garantizar la integridad del habitáculo se utilizan diferentes soluciones como:

- Empleo de materiales de alta resistencia que forman anillos indeformables.
- Mejorando la resistencia del habitáculo reforzando los montantes A, B y C (también el D en los vehículos *break*).
- Utilizando travesaños estructurales huecos de unión entre los laterales de la parte superior del parabrisas y del maletero.
- Combinando ciertas piezas de chapa entre sí, de forma que en caso de encontrarse sometidas a esfuerzos hagan de contra-apoyo mutuamente, ofreciendo una mayor resistencia.
- Optimizando el número y la disposición de los huecos o taladros de montaje que suelen incorporar los largueros del techo (necesarios por razones técnicas de fabricación), para que no se origine su debilitamiento.
- Empleando uniones pegadas en el parabrisas delantero y luneta trasera, ya que confieren al habitáculo una mayor rigidez y estabilidad.

En el caso de los vehículos descapotables, los fabricantes han realizado numerosos estudios para conseguir un elevado nivel de seguridad en caso de vuelco. La mayoría de estos modelos incorpora como protección unos arcos de seguridad. En algunos casos estos arcos son escamoteables y, o bien pivotan por detrás del asiento delantero, o sobresalen detrás del respaldo de los asientos traseros. Su accionamiento puede realizarse de forma manual (mediante un interruptor), o mediante un sistema electrónico equipado con dos sensores que detectan situaciones críticas. Un sensor mide la distensión de los muelles de suspensión y el otro el grado de inclinación del vehículo. Cuando superan el umbral de seguridad, el arco se despliega en tres décimas de segundo.

Figura 5.34. Arco de seguridad activado.

La estructura de estos vehículos se refuerza en determinados puntos como el marco del parabrisas, los montantes centrales, el suelo, y la parte posterior de los asientos traseros. Además, en este tipo de vehículos también resulta frecuente construir los largueros delanteros en forma de horquilla para absorber mejor las fuerzas que se generan en caso de colisión, desviándolas hacia la parte central de los bajos.

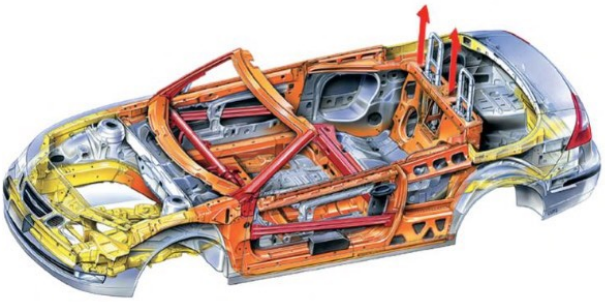


Figura 5.35a. Estructura de un vehículo descapotable, en ella se puede apreciar que los arcos protectores traseros se pueden activar automáticamente.

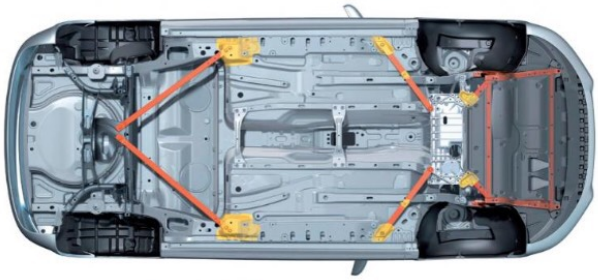


Figura 5.35b. Refuerzos de suelo.

5.1.7. Paragolpes absorbentes

Normalmente fabricados en material sintético de gran ligereza con rellenos de material espumoso, permiten deformarse y volver a su estado original en colisiones a baja velocidad (alrededor de 4 km/h). Con estos materiales se consigue:

- Reducir considerablemente el peso total del vehículo.
- Limitar los daños materiales en pequeñas colisiones.
- Unos diseños más atractivos y armoniosos en la estética del vehículo.

Figura 5.36. Estructura de un paragolpes absorbente.

© Ediciones Paraninfo

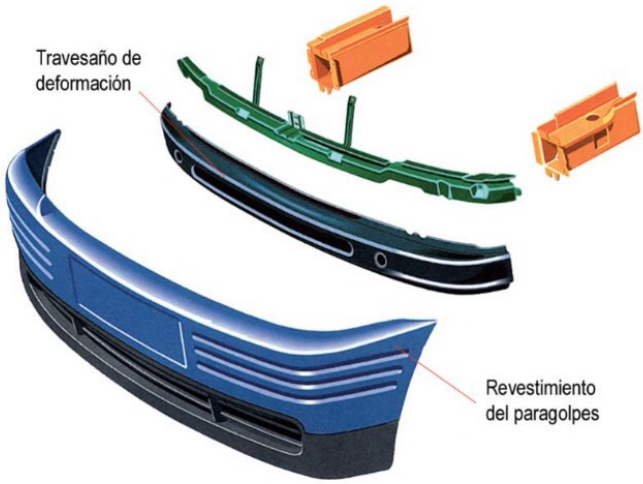


Figura 5.37. Paragolpes con travesaño de deformación.

5.1.8. Antintrusión de la mecánica

La colocación del motor en la parte delantera de la carrocería del vehículo le hace especialmente peligroso en caso de choque frontal, ya que los ocupantes de las plazas delanteras podrían sufrir lesiones por el desplazamiento del grupo propulsor hacia el habitáculo. Por ello, el motor y la caja de cambios se ubican de tal manera que en caso de colisión frontal, en lugar de desplazarse hacia el interior del automóvil, se deslizan por la parte inferior del mismo evitando así la intrusión. Esto se consigue diseñando los largueros de tal modo que tiendan a desviarse hacia abajo, arrastrando así a los conjuntos mecánicos hacia la parte inferior del vehículo (de forma similar a como actúan los largueros de la parte trasera para proteger al depósito de combustible en caso de colisión por alcance).

En los casos en los que los órganos mecánicos están soportados por subchasis, estos disponen de una unión atornillada en su parte posterior, que en caso de impacto se desengancha, permitiendo que todo el conjunto (subchasis, motor, dirección, etc.) se deslice hacia abajo. De esta manera los largueros delanteros cumplen su función de deformación programada una vez liberados de la estructura rígida del subchasis.

Figura 5.38. Órganos mecánicos soportados por un subchasis.

5.1.9. El habitáculo

El acondicionamiento del habitáculo resulta vital para garantizar la seguridad de los ocupantes del vehículo. Entre las medidas técnicas que suelen utilizar los fabricantes para aumentar la capacidad de seguridad pasiva del habitáculo, además de las mencionadas en los puntos anteriores, pueden citarse:

Figura 5.39. Habitáculo de pasajeros.

- Concepción estructural que permita un amplio margen de supervivencia (durante y después del impacto).
- Equipamiento de los sistemas apropiados para la sujeción de los ocupantes.
- Funcionalidad plena, después del accidente, de los elementos y conjuntos para la liberación de los ocupantes.

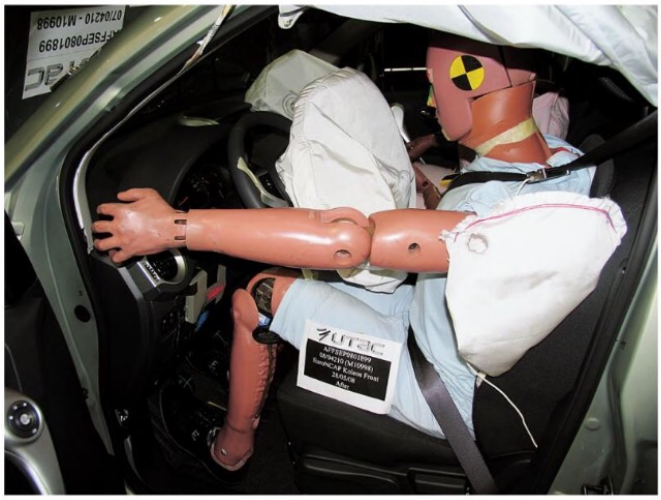


Figura 5.40. Comprobación después del accidente de los elementos de retención y el desplazamiento de los órganos mecánicos involucrados.

© Ediciones Paraninfo

- Protección contraincendios.
- Sistema de fijación del parabrisas.
- Antintrusión de piezas de la carrocería por el parabrisas y luna trasera.
- Desplazamiento del grupo de pedales.
- Amortiguación del impacto en los pies. En caso de choque frontal, un elemento de espuma de caucho incorporado en la moqueta del piso (en el lado del conductor) reduce las cargas sobre la pierna y el pie. Este elemento protector, de diseño antideslizante, reduce las cargas elevadas, ya que aminora la velocidad de choque del pie.
- Desplazamiento de la posición del volante. La estructura colapsable de la columna de dirección debe garantizar un pequeño desplazamiento hacia atrás del volante.

Figura 5.41. Columna de dirección colapsable.

- Configuración adecuada del panel de instrumentos.
- Interiores acolchados. Deben utilizarse materiales blandos y sin aristas en revestimientos, paneles de puertas y techo, para evitar posibles lesiones (por contacto) de los ocupantes. En algunas ocasiones los apoyabrazos incorporan unas protecciones antichoque que, en caso de contacto violento, se deforman de modo controlado reduciendo el riesgo de lesiones. El compartimento portaobjetos de la puerta debe fabricarse con material sintético muy elástico que no se astille.
- Utilización de lunas laminadas. El uso de este tipo de lunas reduce el peligro de lesiones oculares y faciales, ya que en caso de rotura el cristal no se fragmenta sino que se mantiene en una sola pieza.

Además se cuidan al máximo otros elementos para que en caso de choque se encuentren debidamente controlados, limitándose en lo posible los desplazamientos del tronco y de la cabeza.

Entre estos elementos (cuya descripción se realiza más adelante), se encuentran:

- Reposacabezas. Los reposacabezas sirven para evitar que en caso de choque la cabeza del conductor y los pasajeros se desplace hacia atrás, provocando lesiones cervicales.
- Asientos.
- Sistemas de retención. El cinturón de seguridad y los dispositivos airbags cumplen la función de mantener al conductor y a los pasajeros de un vehículo sujetos a sus asientos, evitando que en caso de choque se golpeen contra la estructura del habitáculo.

Figura 5.42. Dispositivos airbags.

5.2. Dispositivos de seguridad pasiva

En este conjunto se encuentran los elementos cuya función es minimizar los daños que se producen en caso de impacto.

5.2.1. Airbag

El airbag es un dispositivo de seguridad pasiva cuya finalidad es evitar o limitar las posibles lesiones del conductor y acompañantes en los impactos que pueda sufrir el vehículo: frontal, lateral y vuelcos.

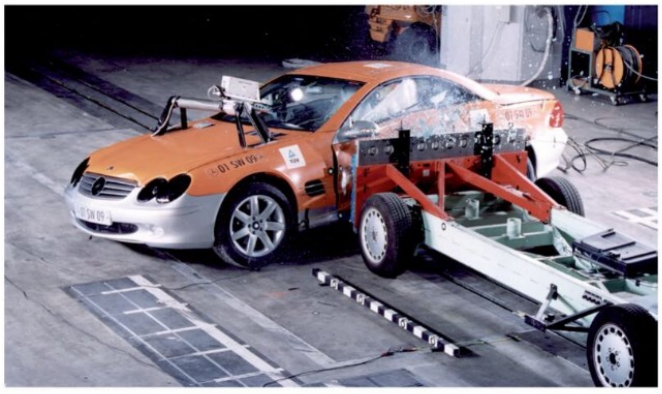


Figura 5.43. Prueba de choque lateral.

© Ediciones Paraninfo

Figura 5.44. **Prueba de choque frontal.**

Como los accidentes son muy diversos y pueden incidir sobre el vehículo de diferentes formas, para evitar o disminuir las lesiones de los ocupantes existen diferentes tipos de airbags:

- Frontales. Para conductor, acompañante y plazas traseras.
- Laterales. Conductor, acompañante y plazas traseras.
- De cortinilla, techo o cabeza. Para las plazas delanteras y traseras.
- De rodillas. Para las plazas delanteras.
- De peatones.

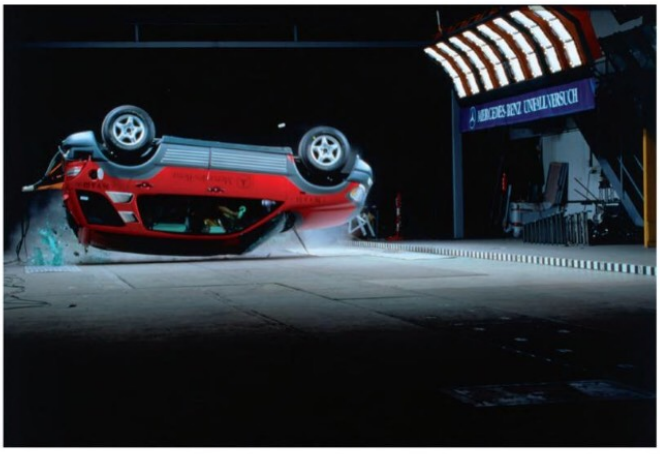


Figura 5.45. **Prueba de vuelco.**

Básicamente, el dispositivo airbag está compuesto por un cojín que se infla automáticamente interponiéndose entre el ocupante y la estructura del vehículo. La activación del airbag solo se realiza cuando se produce una colisión y nunca cuando se produce una frenada por muy brusca que sea, ya que la deceleración que genera una frenada brusca es insuficiente para provocar su activación.

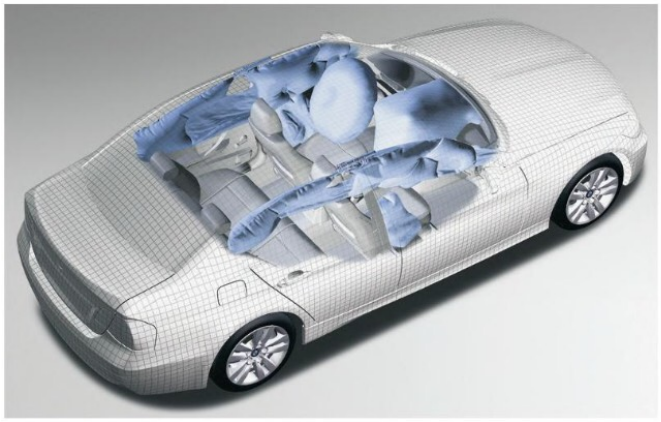


Figura 5.46. **Diferentes tipos de airbags.**

La activación de los distintos airbags se realiza de forma lógica y selectiva, solamente se activan cuando el asiento correspondiente se encuentra ocupado y ante golpes comprendidos en el ángulo de incidencia en que resulten efectivos, en caso contrario su efecto podría invertirse y aumentar el número de lesiones.

Así, un impacto trasero o lateral no activa los airbags frontales; un impacto frontal, generalmente, tampoco activa los laterales. Los airbags de rodilla se activan al mismo tiempo que los frontales, etcétera.

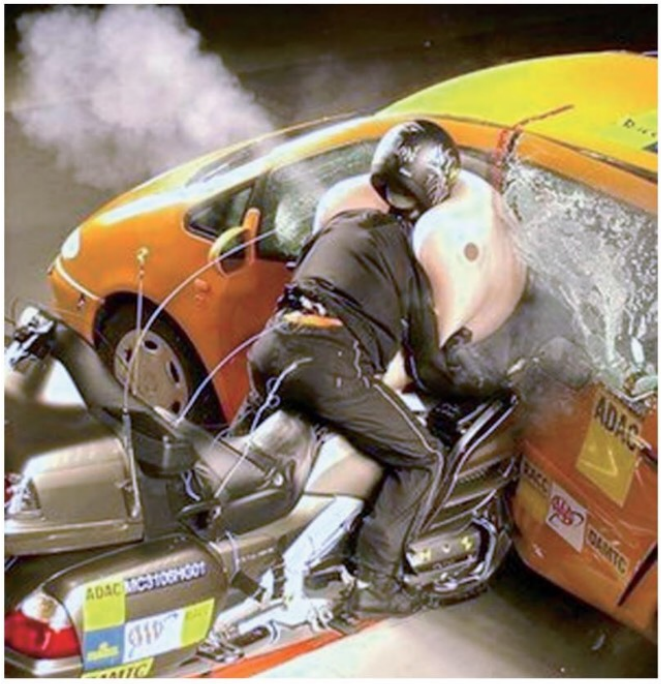


Figura 5.47. **Airbag para moto.**

Los *airbag inteligentes*, exteriormente, no difieren de los normales, pero incluyen sensores localizados alrededor del asiento y son capaces de regular 450 000 posiciones diferentes de los ocupantes del asiento delantero. El siste-

© Ediciones Paraninfo

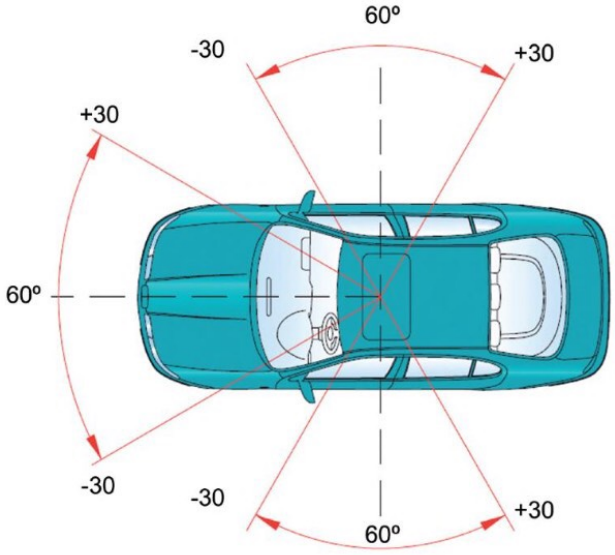


Figura 5.48. Campo de activación de los airbags.

ma incluye un ordenador que analiza la información recogida en 50 milisegundos, si el automóvil sufre una fuerte deceleración motivada por un golpe, el airbag se llena de gas en 30 milisegundos (la fase completa de deformación del coche en una colisión a 50 km/h dura unos 150 milisegundos). Entre sus ventajas se encuentran que, por ejemplo, impide la salida del airbag cuando el ocupante se encuentre demasiado cerca del panel de instrumentos, ya que la expulsión del airbag a esa distancia podría causarle daños (en este tipo de dispositivos, el airbag tampoco funcionará si en el asiento se encuentra una silla de bebé, si el asiento está vacío, o si el cinturón de seguridad se encuentra desabrochado). El inflado del airbag es radial y posee válvulas de seguridad para que se desinfle progresivamente cuando se ejerce una determinada presión sobre el airbag completamente inflado. Conviene recordar que los efectos del airbag pueden ser perjudiciales en caso de pesar menos de 50 kg o medir menos de 1,60 m.

Figura 5.49. Airbag frontales, laterales y de cortina.

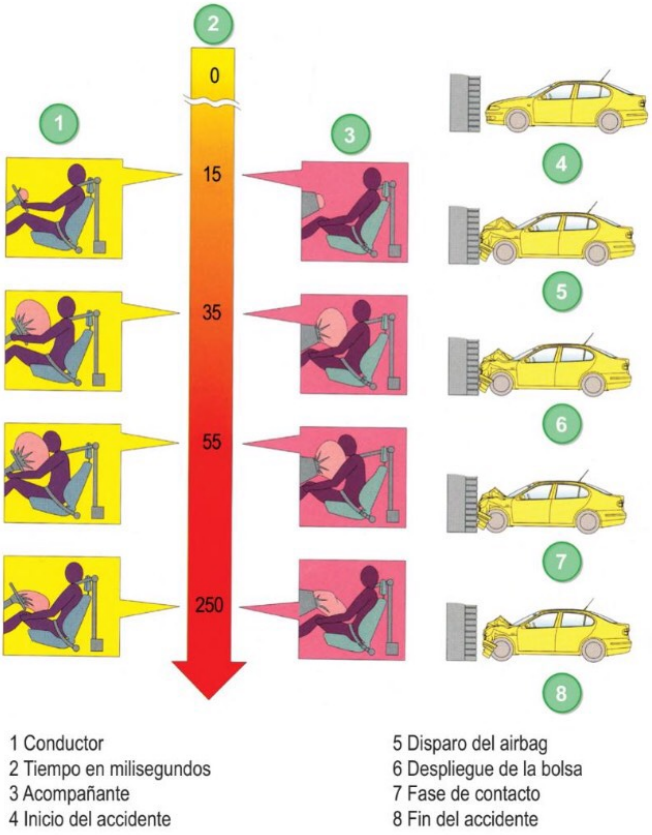


Figura 5.50. Desarrollo en el tiempo del efecto de protección del airbag del conductor y del acompañante con cinturón de seguridad de tres puntos de anclaje.

Figura 5.51. En muchos casos, el airbag del acompañante se puede desactivar.

La velocidad de inflado puede variar en función de las dimensiones de cada bolsa (las de gran tamaño necesitan una carga pirotécnica mayor, ya que es también mayor la cantidad de gas que han de insuflar).

Respecto a su ubicación, tanto el airbag frontal del conductor como el del acompañante se suelen situar en el centro del volante y en la guantera respectivamente.

Cuando el asiento del copiloto se encuentra ocupado por la silla de un niño, el airbag correspondiente se puede desactivar mediante un interruptor que es accionado, en muchos casos, por la propia llave de contacto.

© Ediciones Paraninfo

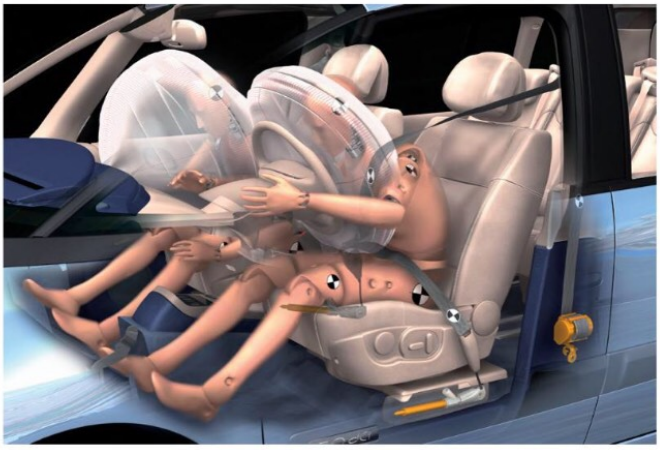


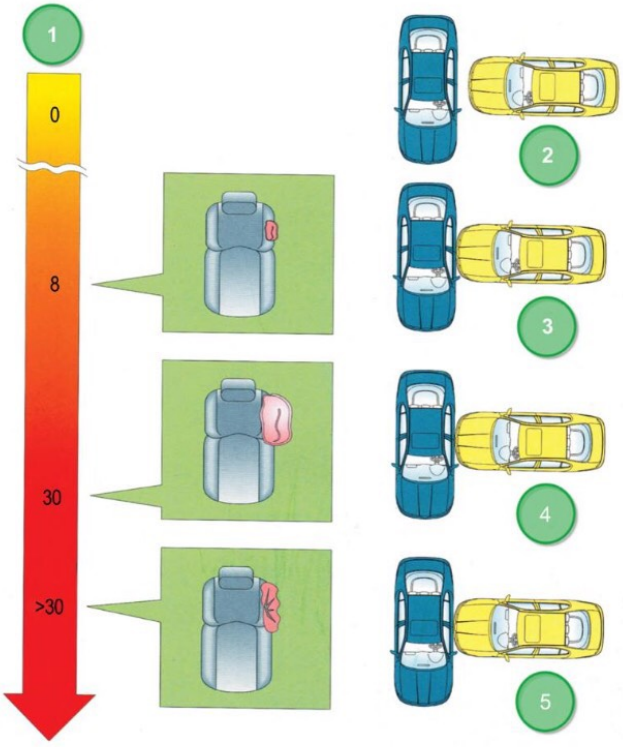
Figura 5.52. Activación de los airbags frontales.

Los airbags laterales protegen la caja torácica de los ocupantes. El funcionamiento es similar al de los dispositivos colocados en el frontal del vehículo, solo que en esta ocasión los airbags se sitúan bien en los paneles laterales de las puertas, o bien en forma de una bolsa inflable única sujeta al asiento, para evitar los posibles daños causados por colisiones en estas zonas.

Su principal característica es el tiempo extremadamente rápido de despliegue. Esto es así debido a que en caso de una colisión lateral, la distancia que separa al ocupante del obstáculo es muy corta, tan solo de unos 30 cm. Por ello, solo pasan 30 milésimas de segundo entre el principio y el final de la activación del airbag. Así, en caso de accidente lateral, el airbag combinado complementa de manera efectiva los equipamientos ya existentes, como son las estructuras de absorción de impacto en los paneles de las puertas. Las simulaciones matemáticas muestran que, si todos los coches estuvieran equipados con airbags combinados laterales, habría una reducción de entre el 15 y el 17 % de las lesiones producidas como consecuencia de los impactos laterales.

Figura 5.53. Activados los airbags laterales y de cortina.

El airbag de techo suele consistir en una cortina lateral a cada lado del vehículo tejida en una sola pieza y oculta bajo el forro del techo, cuya misión es la de evitar los daños causados en la cabeza por la cesión de la estructura superior en caso de vuelco o fuerte golpe lateral. Algunos de estos dispositivos están confeccionados en dos secciones: una inferior y otra superior. Cuando la bolsa de aire se activa, primero se hincha la parte inferior, para proteger la caja torácica (la que primero recibe el impacto en una colisión lateral) (Figuras 5.54 y 5.55).



1 Tiempo en milisegundos
2 Inicio del accidente
3 Disparo del airbag
4 Despliegue de la bolsa
5 Fin del accidente

Figura 5.54. Fases de activación del airbag lateral.

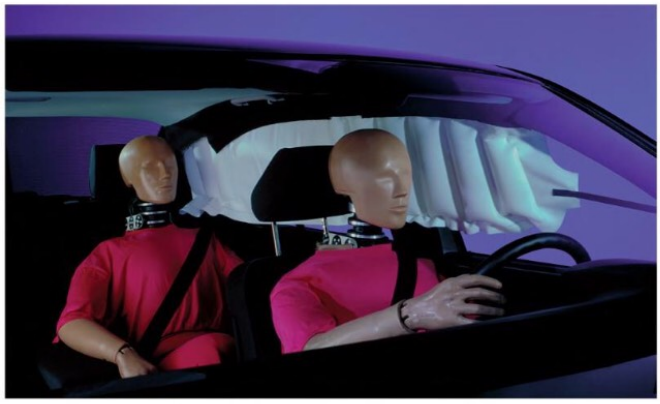


Figura 5.55. Airbag de cortina o techo.

© Ediciones Paraninfo

Una vez llena, parte del gas se desplaza hacia arriba para llenar la sección superior y proteger así la cabeza, que en el momento inicial del choque se debe encontrar algo más alejada de la estructura lateral, y por tanto recibe el impacto con un ligero retraso. Otros sistemas adoptan ligeras variaciones en su disposición.

Tal y como ocurre con el airbag frontal y lateral, su funcionamiento básico es el mismo, hinchándose en tan solo 25 milésimas de segundo.

Figura 5.56. Diferentes tipos de airbag.

Inspirándose en la retención programada de los asientos delanteros, también se han desarrollado los airbags frontales para asientos traseros, cuya particularidad es que están integrados a la parte central del cinturón de seguridad.

Este sistema, gracias al cual el airbag se coloca exactamente delante del ocupante, se hincha a partir de un generador de gas situado en el piso, garantizando una calidad de protección equivalente a la de los pasajeros delanteros.

En otros casos se utiliza el airbag de cortina para la luneta posterior, con el fin de aumentar la protección de los pasajeros de la segunda fila de asientos en caso de colisión trasera. Este sistema de seguridad pasiva se despliega desde su ubicación (situado aproximadamente sobre la junta existente entre el techo y el portón trasero) y, junto con el apoyo de los reposacabezas, minimiza el impacto de una posible colisión sobre los pasajeros.

Figura 5.57. Airbag de luneta para las plazas traseras.

La evolución de los dispositivos de retención llega a desarrollos como los conjuntos adaptativos, que asocian un airbag de volumen variable con un cinturón dotado de dos pretensores, de tal manera que con esta combinación se dosifica y distribuye mejor la energía de retención de los ocupantes en función de la intensidad del choque, garantizando una mayor protección en caso de choques de elevada magnitud (superiores a 65 km/h), sin crear paralelamente efectos secundarios en choques de menor envergadura.

El airbag adaptativo se compone de un generador de presión con dos niveles, destinado a hinchar la bolsa con un volumen variable. Este airbag se basa en los mismos principios de funcionamiento que la retención programada, es decir, una salida de aire pilotada destinada a controlar la presión nominal y a regular el caudal de gases evacuados. El cinturón de seguridad adaptativo conserva el limitador de esfuerzo con el fin de reducir la tensión de la correa a lo mínimo necesario para aliviar el tórax y el hombro. Cinco milisegundos después del comienzo del choque, el calculador de impacto activará el primer pretensor, destinado a compensar el juego del cinturón de seguridad. En los diez milisegundos posteriores, el sistema evalúa la intensidad del choque. Si no es grave, solo se activa el airbag de poco volumen para amortiguar el posible contacto de la cabeza con el volante o contra el panel de instrumentos. En la hipótesis de un choque más grave, se activa el segundo pretensor como complemento del primero y sujeta al ocupante contra su asiento. Esta doble pretensión del cinturón reducirá el desplazamiento del ocupante, disminuyendo de forma significativa las lesiones en las piernas y en los pies. Asimismo, se activará el segundo generador de gas e hinchará el airbag de segundo nivel (de mayor volumen), minimizando considerablemente el riesgo de heridas.

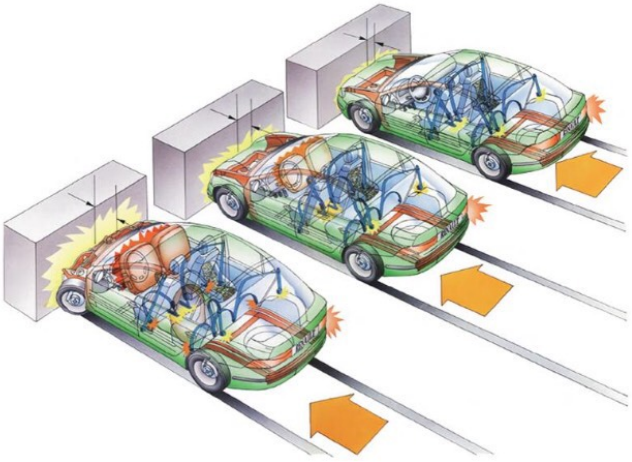


Figura 5.58. Airbag adaptativo.

Componentes del airbag

Como ya se ha visto, el tamaño y forma de los distintos airbags difieren mucho unos de otros aunque su fun-

© Ediciones Paraninfo

cionamiento básicamente es similar. A modo de ejemplo, a continuación se especifican los componentes del airbag del conductor:

- Unidad airbag.
- Unidad de mando.
- Sensores.
- Carrete de contacto.
- Testigo.

Unidad airbag

La unidad airbags está situada en el centro del volante y fijada a él. Está formada por un generador de gas con sistema pirotécnico y de una bolsa de aire que se encuentra convenientemente plegada.

Figura 5.59. La unidad airbag se encuentra en el centro del volante.

La unidad airbag puede estar provista de uno o dos detonadores al igual que puede disponer de una o dos cargas de combustible en función de si se trata de un airbag de una sola fase o de dos fases. Los airbag de doble fase permiten optimizar el tiempo de inflado del colchón en función de la gravedad del impacto.

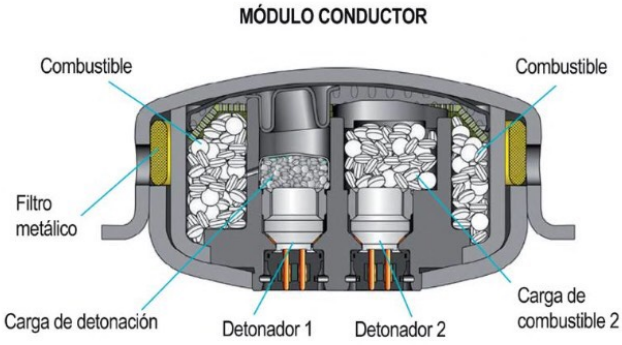


Figura 5.60. Sección de unidad airbag con dos detonadores (airbag de doble etapa).

Funcionamiento del módulo del conductor de doble etapa

Cuando se produce una colisión frontal de magnitud suficiente como para ser necesaria la activación del airbag, los sensores de deceleración informan a la unidad del hecho y a continuación se produce la siguiente secuencia:

La unidad de control excita el primer detonador mediante un impulso eléctrico y se produce la explosión que provoca la detonación de la primera carga y a su vez que se encienda la carga de combustible de su zona de influencia.

La combustión de la carga de detonación genera principalmente nitrógeno que se canaliza a la bolsa a través del filtro.

Con un desfase de entre 5 ms y 50 ms, dependiendo de la gravedad de la colisión, se produce la explosión en el segundo detonador que causa el mismo efecto que el primer detonador.

Los airbags de una fase funcionan de una forma similar pero con una sola explosión.

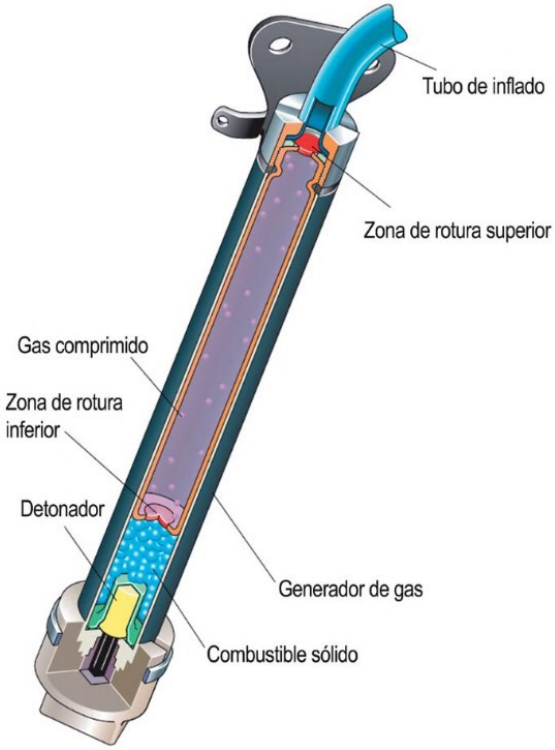


Figura 5.61. Módulo de airbag de cabeza.

En algunas ocasiones, en los airbags de acompañante, de rodilla y de cabeza, la unidad airbag va provista de una botella de gas a presión que se libera cuando se produce la explosión de la carga colaborando con el inflado de la bolsa.

Los airbags de conductor, acompañante y de rodilla se activan a la misma vez y en los mismos tipos de colisiones.

© Ediciones Paraninfo

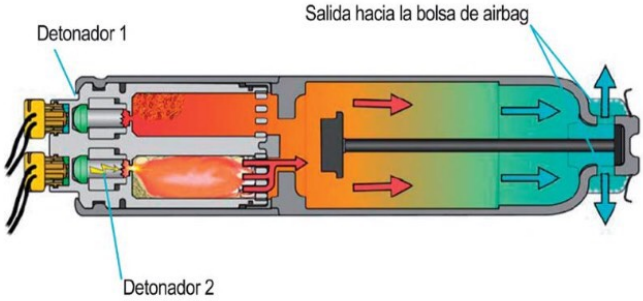


Figura 5.62. Unidad airbag de acompañante. Dispositivo con dos detonadores y botella de gas a presión.

El inflado de la bolsa provoca la rotura de la tapa superior de la unidad por un punto teórico, el gas continúa fluyendo hasta hincharla completamente, así impide que el conductor colisione contra el volante. A continuación, el gas escapa por unos orificios o a través de unos filtros dispuestos en la bolsa desinflándola. La duración de inflado es de aproximadamente 50 milisegundos.

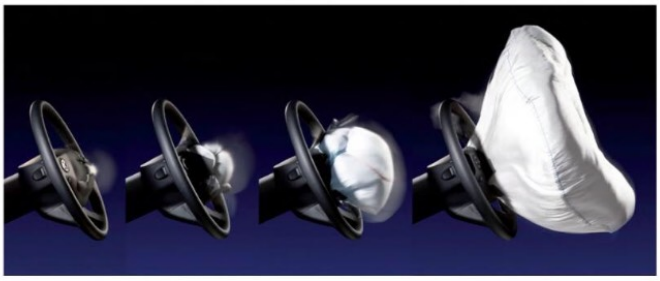


Figura 5.63. Proceso de inflado de un airbag de conductor.

Carrete de contacto

Está situado detrás del volante y su función es la de transmitir los impulsos eléctricos que envía la unidad de control al detonador. El carrete de contacto permite el giro del volante sin ningún tipo de impedimento y sin dejar de ser una conexión segura. Es de suma importancia que el carrete de contacto se monte en posición de marcha en línea recta.

Figura 5.64. Carrete de contacto insertado en el conmutador.

Figura 5.65. Airbags frontales y de rodilla de un RX de Lexus.

Figura 5.66. Carrete de contacto.

Unidad de mando

La unidad de mando tiene las siguientes funciones:

- Detectar el impacto del vehículo.
- Decidir cuándo debe activarse el airbag.
- Ordenar la puesta en funcionamiento del sistema.
- Almacenar la energía suficiente como para disparar el sistema en caso de pérdida de alimentación a consecuencia de un choque.
- Controlar y diagnosticar el sistema.

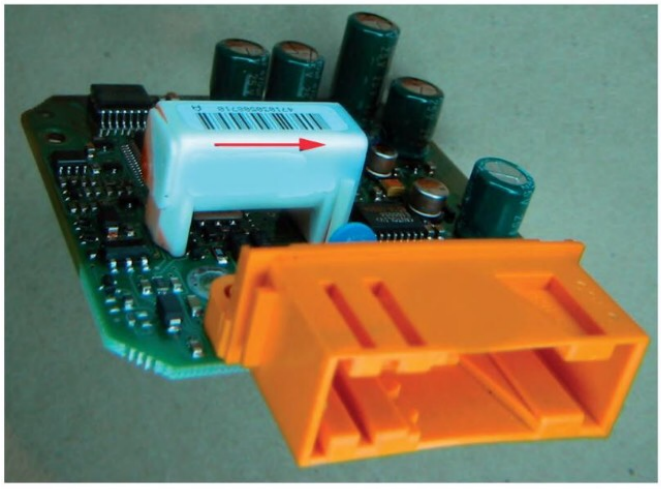


Figura 5.67. Unidad de mando.

© Ediciones Paraninfo

Figura 5.68. Unidad de mando.

En caso de colisión, el microprocesador decide activar el sistema enviando corriente a un transistor de potencia y este, a su vez, suministra la conexión del contacto negativo al iniciador, cerrando el circuito eléctrico.

Si al colisionar frontalmente se interrumpe la alimentación de tensión, un condensador situado dentro de la unidad de mando garantiza momentáneamente el abastecimiento de tensión necesaria para la activación del airbag.

Todos los sistemas de airbag tienen autodiagnosis, cuya finalidad es la de controlar constantemente su correcto funcionamiento. En caso de anomalía, el testigo luminoso del cuadro se enciende.

Sensores

Los sensores de deceleración pueden estar situados en tres posiciones distintas.

- Airbag con sensores independientes de la unidad airbag y de la unidad de mando.
- Airbag con los sensores situados en la unidad airbag.
- Airbag con sensores situados en la unidad de mando (los más utilizados normalmente).

Existen sensores piezoeléctricos y de inercia. Los sensores de inercia disponen de una masa con una parte fijada a la carrocería y otra sometida a un pequeño desplazamiento cuya amplitud dependerá de la variación de inercia que sufra el vehículo en cada momento, el sensor está informando continuamente a la unidad de mando sobre su estado (cada 0,5 milisegundos) y esta valora cuándo la señal recibida corresponde a una deceleración suficiente para activar el sistema.

Los sistemas airbags pueden funcionar de una forma independiente o actuar en conjunto con los pretensores de los cinturones pirotécnicos.

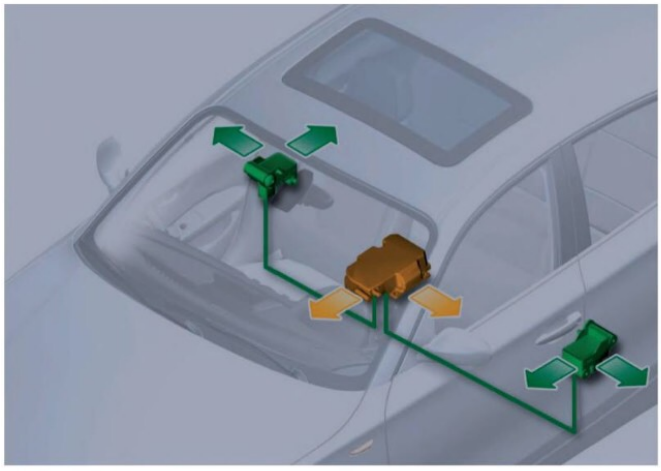


Figura 5.69. Sensores independientes para detectar impactos laterales (verde) y sensores en la unidad de control (amarillo).

Figura 5.70. Sensores de impacto en el Audi R8.

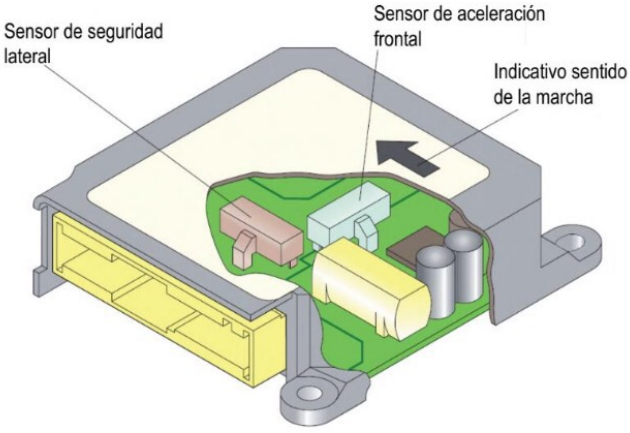


Figura 5.71. Sensores situados en la unidad de mando.

Luz testigo de airbag

La luz testigo está situada en el cuadro de mando e indica al conductor la existencia de una anomalía en el sistema.

© Ediciones Paraninfo

Al poner el contacto, el testigo luminoso se enciende durante unos segundos (chequeo del sistema), y a continuación se debe apagar; esto indica que el sistema funciona correctamente.

Existirá una avería en el sistema cuando:

- El testigo no se encienda al poner el contacto.
- El testigo se quede encendido permanentemente.
- El testigo parpadee y posteriormente se quede encendido.

En caso de avería es necesario verificar el sistema empleando la técnica y equipos de diagnosis específicos.

Figura 5.72. Luz testigo de airbag.

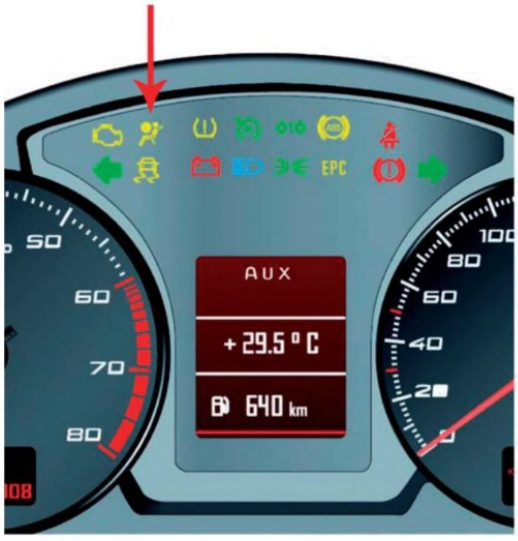


Figura 5.73. La flecha indica la posición de la luz testigo de airbag en un cuadro.

5.2.2. Cinturones de seguridad

Los cinturones de seguridad tienen las siguientes funciones:

- Evitar el contacto físico del usuario con elementos del vehículo (volante, cuadro de instrumentos).
- Procurar que los pasajeros participen de la deceleración del vehículo lo antes posible.
- Conseguir una disipación de la energía que llega al ocupante durante un choque, lo más lenta y uniformemente posible.

Figura 5.74. Regulación del cinturón en función de la anatomía del ocupante.

Figura 5.75. Cinturones de seguridad en un Fiat 500.

Las normas de homologación prescriben que los cinturones de seguridad deben estar construidos con dos o más cintas de tejido muy resistente capaces de soportar una carga de 1500 kilos y fijados con bridas a los anclajes colocados en la carrocería. Una hebilla especial permite el enganche del cinturón, mientras el desenganche se efectúa rápidamente por sistema de palanca o pulsador instalados en la propia hebilla. Para entender mejor la importancia que tienen los dispositivos de retención, es necesario repasar las leyes físicas que se ponen de manifiesto en una colisión. En estos casos aparecen una serie de fuerzas: unas, debidas a los pesos de la carga y ocupantes (fuerzas estáticas); otras, provocadas por las aceleraciones y deceleraciones (fuerzas dinámicas), y por último, las producidas por el rozamiento del aire y el coche (fuerzas aerodinámicas).

© Ediciones Paraninfo

Figura 5.76. Dispositivo retractor del cinturón de seguridad.

Durante la colisión se produce lo que denominamos deceleración, que determina la gravedad del accidente. Si en una colisión hay una velocidad inicial que tiene que acabar siendo 0, la deceleración viene a ser la rapidez con la que se produce este cambio. Pero hay que aclarar que este concepto no se evalúa en base a una medida de tiempo, sino que la deceleración se mide en "g"; teniendo en cuenta que cada "g" equivale a la aceleración con que los cuerpos caen a la tierra (9,8 m/s^2) y que el cuerpo humano tiene una tolerancia limitada a la deceleración, ya que a partir de 10 g empieza a sufrir lesiones y no es capaz de aguantar más de 30 g.

Figura 5.77. Asiento con cuña interior antideslizante para evitar el efecto "submarining".

Hoy en día se ha generalizado la sujeción del cinturón a través de tres puntos de anclaje, combinados a su vez con un dispositivo automático de enrollamiento (cinturón automático). Esta instalación deja suficiente libertad de movimientos.

Al desacelerar bruscamente, al circular por curvas, o cuando los ocupantes realizan movimientos repentinos, un trinquete de parada bloquea el mecanismo de enrollamiento. Como ayuda para complementar la acción del cinturón es importante regular correctamente el reposacabezas (coincidiendo su parte superior con la zona más alta de la cabeza), y disponer de asientos con cuña interior antideslizante para evitar el efecto "submarining" (no deslizarse por la parte inferior del cinturón).

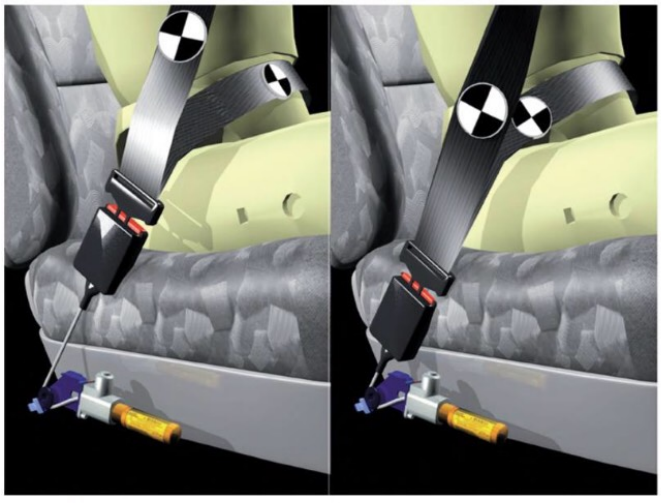


Figura 5.78. Cinturón de seguridad con dispositivo pretensor (inactivo y activado).

Asimismo, el posicionamiento regulable en altura del cinturón y la sujeción del cierre en el mismo asiento, y no sobre el suelo del habitáculo, garantizan una buena adecuación ergonómica a la anatomía del ocupante. Con la incorporación de los cinturones con pretensor pirotécnico se optimiza la protección de los ocupantes del vehículo en caso de colisión. Los cinturones con pretensor evitan (cuando se activa el mecanismo normal de bloqueo en caso de una colisión considerable de unas características determinadas) que al chocar el vehículo, el ocupante salga impulsado hacia adelante con la consiguiente fuerza de aceleración y la inmediata frenada brusca. El tensor reacciona, ya sea activado de forma mecánica o pirotécnica, tensando el cinturón automáticamente antes de que se inicie el movimiento relativo del ocupante respecto al vehículo en un margen de tan solo 10 milisegundos.

Con el pretensado, el cinturón consigue una mejor adaptación al ocupante. De este modo, el movimiento del pasajero en el caso de choque es menor, y también el desplazamiento del tórax, disminuyendo los daños ocasionados por el accidente.

© Ediciones Paraninfo

Los pretensores "enrollan" de 8 a 10 cm el cinturón en el momento en que detectan que se está produciendo un choque de elevada magnitud, de esta forma garantizan su perfecta adherencia al cuerpo y se consigue su acción inmediata, a la vez que anulan el efecto *slack*; que se produce porque los cinturones no se adhieren directamente a las caderas y al tórax, sino a la ropa de los pasajeros (sobre todo en invierno al llevar ropa más gruesa y voluminosa) y por lo tanto retiene con retraso y solo parcialmente el avance del cuerpo.

Campo de activación

En situaciones de accidentes, a velocidades superiores a 28 km/h, el impacto es lo suficientemente fuerte como para que el conductor y el acompañante lleguen a chocar contra el volante o el tablero de instrumentos.

Los cinturones con pretensor se activan en choques de incidencia frontal u oblicua dentro de un campo de acción de ± 30º.

El momento de activación viene determinado por la deceleración producida en el vehículo, de forma que el pretensor pirotécnico debe haber actuado antes de que se inicie el movimiento relativo del ocupante respecto al vehículo (entre 20 y 30 ms dependiendo de la deceleración).

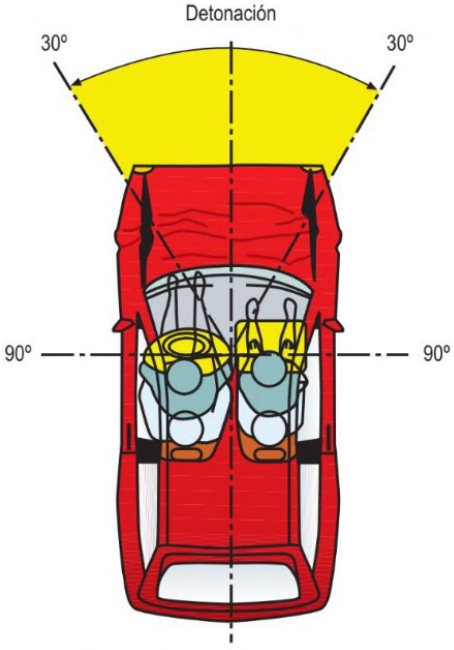


Figura 5.79. Campo de activación del dispositivo.

Condiciones de funcionamiento

▶ **Activación.** Los cinturones pirotécnicos solo se activan en:

- Choque frontal a partir de 28 km/h.
- Choque oblicuo con un ángulo máximo de ±30º a partir de 38 km/h.

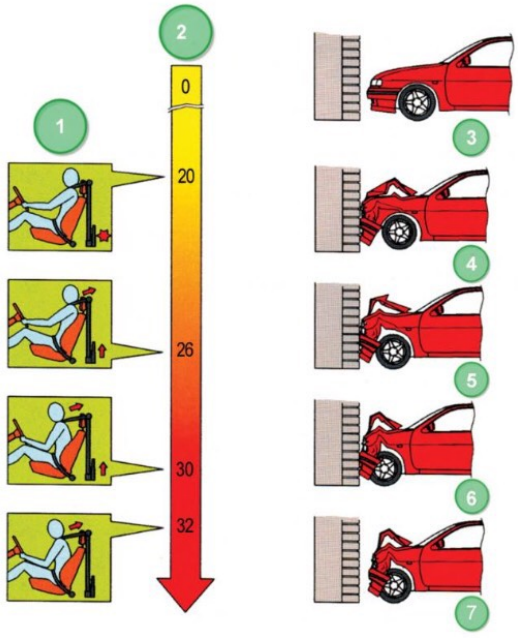
▶ **No activación.** Los cinturones pirotécnicos no se activan en:

- Choque por la parte posterior, lateral o vuelco.
- Condiciones de conducción normal o extremas con frenadas fuertes.
- Choque frontal por debajo de 15 km/h.
- En presencia de cualquier tipo de campos magnéticos.

Desarrollo cronológico del ciclo

El desarrollo del accidente puede dividirse en las siguientes fases:

- En el instante "cero" el vehículo impacta contra el muro.
- 20 ms más tarde, el sensor activa la combustión del generador de gas.
- Después de 20-22 ms se inicia el movimiento del émbolo que a su vez tira del cable retractor. El movimiento del cable hace girar el embrague, que se activa por efecto de la fuerza centrífuga y transmite el esfuerzo al eje retractor.
- Después de 22-26 ms el eje gira retrayendo la cinta, normalmente entre 40 y 150 mm, dependiendo de la holgura de la cinta.



1. Conductor y acompañante.
2. Tiempo en milisegundos.
3. Inicio del accidente
4. Activación del generador de gas.
5. Despliegue del pistón e inicio de la retracción.
6. Movimiento del ocupante respecto al asiento.
7. Bloqueo del retractor y retroceso del ocupante.

Figura 5.80. Desarrollo cronológico de un impacto frontal contra un muro a una velocidad de 50 km/h.

© Ediciones Paraninfo

- A los 30 ms se inicia el movimiento del ocupante respecto al asiento.
- A los 32 ms entra en funcionamiento el sistema de bloqueo del retractor hasta que el pasajero retrocede y queda en la posición inicial, con la retracción del cinturón se consigue una disminución considerable del movimiento del pasajero y por tanto se evitan posibles lesiones debidas a impactos contra los elementos del interior del vehículo, además de reducir los esfuerzos en el tórax y en el cuello del ocupante.

La mayoría de los vehículos presentan frecuentemente evoluciones en cuanto a geometría de cinturones de seguridad y en lo que a rigidez de asiento se refiere, destinadas a limitar el riesgo de lesiones abdominales y lumbares en caso de submarinado. Hoy en día, la introducción gradual de limitadores de esfuerzo de 600 kg, combinados con la geometría de anclaje, permite reducir no solo los riesgos abdominales sino también los torácicos.

Con la integración de los anclajes del cinturón de seguridad en el propio asiento, se aumenta notablemente la protección cuando se produce un accidente. En este caso el cinturón es más corto que los convencionales, no se alarga tanto durante la fase de impacto y se reduce la carga soportada por el ocupante.

Sin embargo, el cinturón de seguridad tiene una serie de limitaciones, ya que su función es impedir que el cuerpo se desplace, pero deje libre la cabeza. La combinación de cinturón y airbag supone una solución eficaz para proteger la cabeza de graves lesiones provocadas por la pivotación y el golpeo con alguna parte del habitáculo (normalmente el volante o el panel de instrumentos).

Figura 5.81. Banco para pruebas de eficacia de cinturones de seguridad.

Debido a la importancia vital que tiene este dispositivo, y la necesidad de llevarlo permanentemente abrochado, existen una serie de medidas para que sea imprescindible su utilización. Como ejemplo, algunas de las soluciones estudiadas son: bloquear el arranque del motor, utilizar luces o sonidos internos, señales luminosas externas, provocar vibraciones o un aumento de la dureza en el pedal del acelerador, activar los elevalunas bajando las ventanillas, desconectar la radio o el aire acondicionado, etcétera.

Tipos de pretensores

Por su activación o por el sistema de pretensión, existen diferentes tipos de pretensores de cinturón entre los que se encuentran los siguientes:

- Pretensores mecánicos.
- Pretensores pirotécnicos con accionamiento electrónico.
- Pretensores pirotécnicos con accionamiento mecánico.

A su vez, el mecanismo pretensor puede encontrarse en la hebilla o en la zona de anclaje del cinturón.

Pretensores mecánicos

El funcionamiento de los pretensores mecánicos está basado en la liberación de un muelle que se encuentra comprimido y unido al extremo del cinturón.

Cuando un vehículo recibe un choque frontal de intensidad suficiente, un captador mecánico de deceleración se desplaza por inercia provocando la liberación de las palancas de bloqueo, en este momento, el muelle se descomprime arrastrando la hebilla o el carrete (dependiendo de dónde se encuentre el pretensor), y consecuentemente tensando el cinturón.

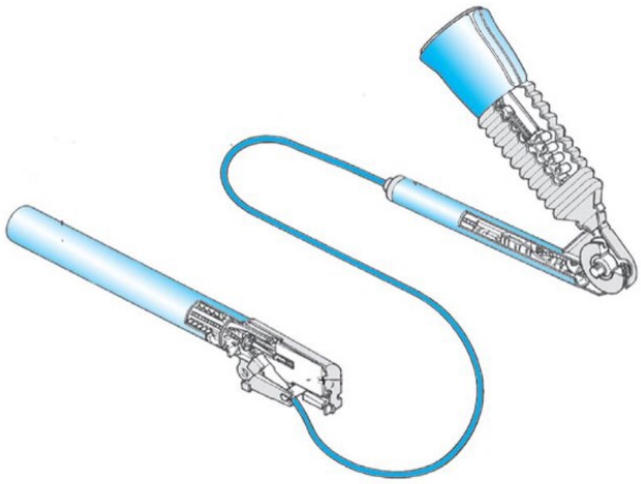


Figura 5.82. Cinturón con pretensor mecánico.

© Ediciones Paraninfo

Pretensores pirotécnicos con accionamiento electrónico

El sistema está compuesto por los siguientes componentes:

- Dos pretensores.
- Una unidad de mando.
- Instalación eléctrica.

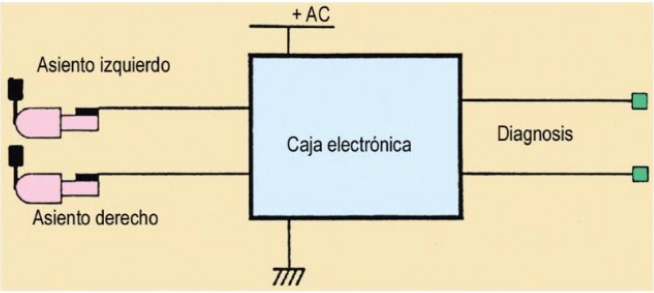


Figura 5.83. Esquema de los componentes.

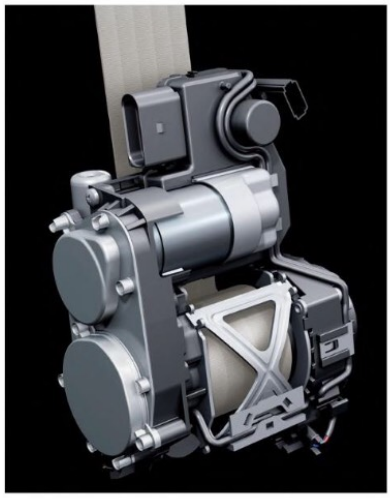


Figura 5.84. Pretensor con accionamiento electrónico.

Unidad de mando

La unidad de mando tiene las siguientes funciones:

- Detectar el impacto del vehículo.
- Ordenar la puesta en funcionamiento del sistema.
- Almacenar la energía suficiente como para disparar el sistema en caso de pérdida de alimentación como consecuencia de un choque.
- Controlar y diagnosticar el sistema.

Está compuesta por los siguientes elementos:

- Un sensor de choque que comanda el encendido del iniciador, y cuya calibración está definida por el fabricante a partir de numerosos ensayos realizados. El sistema solo se activa en caso de colisión frontal de unos 30º con respecto al eje longitudinal del vehículo y a partir de una velocidad de 15 km/h aproximadamente.
- Una reserva de energía consistente en un condensador que asegura el encendido del iniciador en caso de pérdida de alimentación eléctrica.
- Un dispositivo de disparo.
- Una unidad de diagnosis que controla las uniones eléctricas entre la unidad de mando y el iniciador, y la propia alimentación de la unidad.
- Un sistema de descarga que inhibe el sistema transcurridos unos minutos después de quitar el contacto.

El sistema está operativo unos segundos después de poner el contacto del vehículo.

Unidad pretensora

Los pretensores están constituidos por:

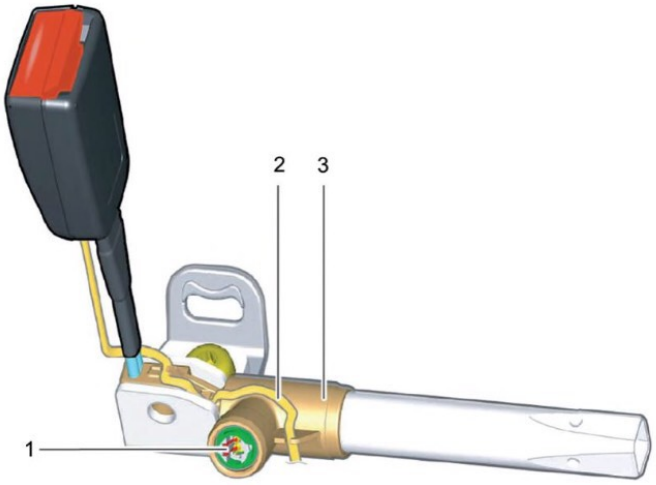
- Un generador de gas.
- Un soporte de fijación.
- Un cable de tracción con pistón.
- Un sistema antirretorno.

Su función es la de generar una explosión para provocar el tensado rápido del cinturón de seguridad cuando se produce un choque frontal.

Unidad pretensora montada en la hebilla

El mecanismo pirotécnico recoge el cable que tira de la hebilla y esta tensa el cinturón.

La hebilla es capaz de soportar las aceleraciones de la pretensión sin rotura ni apertura.



1. Conector del dispositivo accionador.
2. Instalación eléctrica de conformación de anclaje al cinturón.
3. Generador de gas.

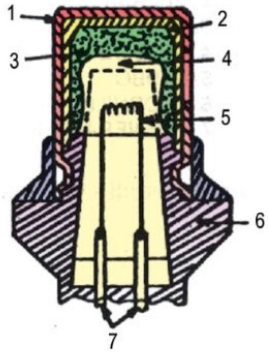
Figura 5.85. Cinturón con pretensor en la hebilla.

© Ediciones Paraninfo

Unidad pretensora montada en el carrete

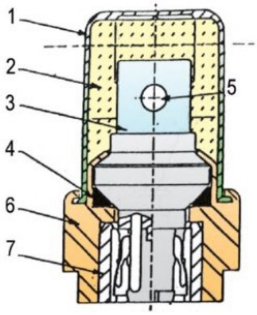
El mecanismo pirotécnico hace girar la bobina en sentido de recogido, tirando del cinturón hacia atrás y tensándolo. Existen varios tipos.

Figura 5.86. Cinturón con unidad pretensora montada sobre el carrete.



1. Capuchón de metal.
2. Capuchón de plástico.
3. Carga de refuerzo.
4. Carga de encendido.
5. Filamento de calentamiento.
6. Apoyo de iniciador.
7. Terminales.

Figura 5.87. Iniciador.



1. Envolvente.
2. Pólvora de propulsión.
3. Iniciador.
4. Junta.
5. Orificio taponado.
6. Soporte iniciador.
7. Casquillo de cortocircuito.

Figura 5.88. Generador de gas.

Funcionamiento

Cuando el sensor de la unidad de mando detecta un choque frontal de suficiente intensidad, cierra el circuito eléctrico, permitiendo el paso de corriente por el filamento del iniciador. El calor producido por el paso de la corriente provoca la combustión de la carga iniciadora, que origina posteriormente la detonación de la carga de refuerzo y por tanto el tensado de los cinturones.

Un dispositivo antirretorno bloquea la hebilla en posición tensada a fin de contrarrestar la acción de basculamiento del cuerpo del ocupante bajo el efecto de la deceleración.

Características

Tiempo de iniciación: 20 milisegundos aproximadamente después del inicio del choque.

Duración de la pretensión: 5 milisegundos aproximadamente.

Carrera máxima: 80 milímetros.

Esfuerzo máximo: 350 daN.

Caducidad: superior a los 10 años.

Pretensores pirotécnicos con accionamiento mecánico

El sistema está compuesto por:

- Un sensor mecánico.
- Un sistema pretensor con embrague de unión del pretensor al tensor de la cinta.
- Un sistema de seguridad para evitar el disparo involuntario.

En este tipo de pretensor el sistema es accionado por un sensor mecánico que detecta las deceleraciones producidas por el vehículo.

Figura 5.89. Componentes de pretensor pirotécnico con accionamiento mecánico.

© Ediciones Paraninfo

Sensor mecánico

Su función es la de activar el sistema, su funcionamiento está basado en la compensación de las inercias que un choque provoca sobre las masas libres para vencer el muelle posicionador.

El sensor mecánico consta de un cilindro de expansión en cuyo extremo se encuentra el émbolo unido al cable retractor. La cara inferior del émbolo está comunicada con el generador de gas, y todo el conjunto está alojado dentro de la masa de inercia.

Funcionamiento del sensor mecánico

Por un lado (verticalmente), el muelle de impulsión del generador de gas mantiene a este en tensión frente a la espoleta. Por otro, el muelle posicionador mantiene la masa pendular inclinada (horizontalmente) hacia el tornillo de bloqueo.

Cuando se produce una deceleración fuerte, la fuerza de inercia de la masa pendular supera la presión del muelle posicionador, vence la acción de muelle y se desplaza hacia delante, liberando al generador de gas que se lanza, por la acción del muelle de impulsión, contra la espoleta iniciando la explosión. Ello provoca una subida de presión que se dirige hacia la cara inferior del émbolo, desplazándolo hacia arriba tirando del cable retractor.

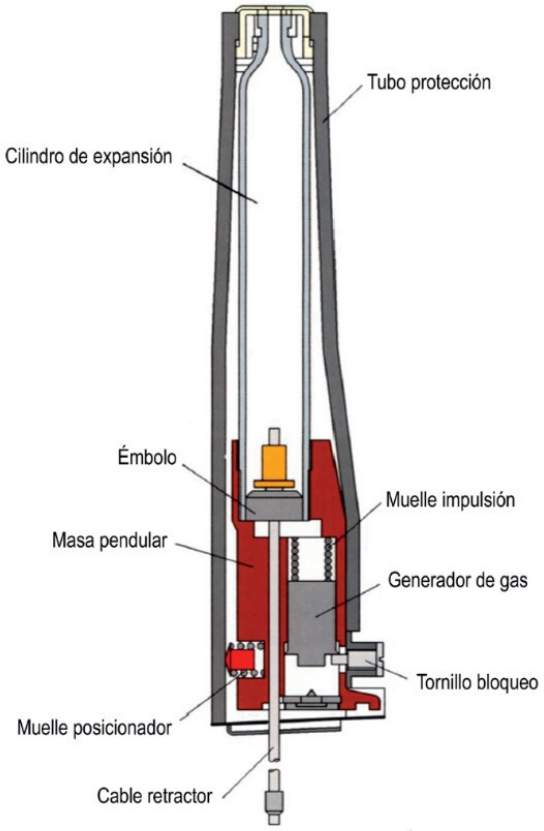


Figura 5.90. Cinturón con sensor mecánico.

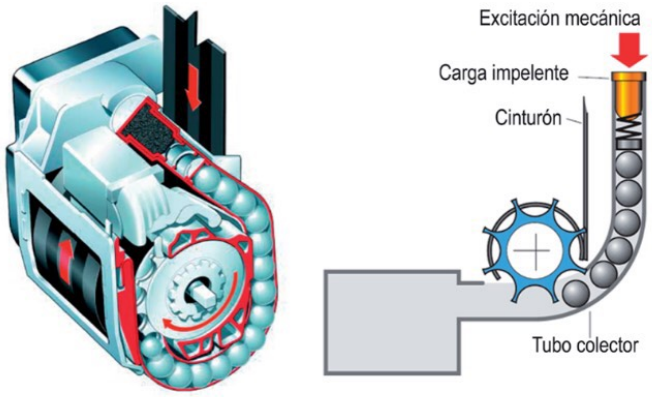


Figura 5.91. Pretensor de bolas montado sobre la bobina o carrete del cinturón de seguridad.

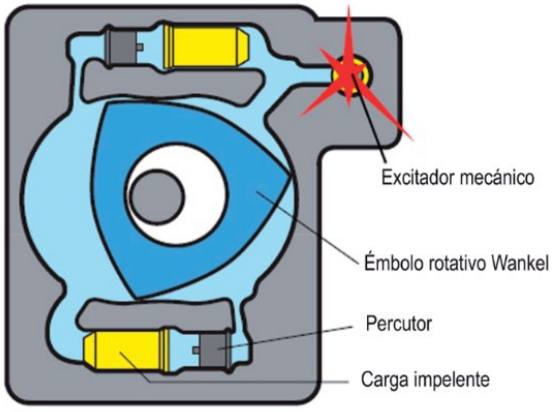


Figura 5.92. Pretensor tipo Wankel montado sobre la bobina o carrete del cinturón.

Fases de funcionamiento del pretensor pirotécnico con accionamiento mecánico

En caso de una colisión frontal que produzca una deceleración suficiente como para activar el sistema, la masa pendular se desplaza liberando el generador de gas.

En ese instante, la carga pirotécnica detona creando unos gases con una presión suficiente como para obligar a desplazarse al cable retractor.

El movimiento del cable obliga a girar al eje del tensor para que se rebobine la cinta. El cable sigue arrastrando al eje del tensor rebobinando la cinta y eliminando las holguras existentes entre la cinta y el cuerpo del ocupante (Figura 5.93).

Cuando la cinta ya está pretensada, el cuerpo del ocupante comienza el desplazamiento hacia delante debido a la inercia producida por la deceleración del vehículo. En este momento actúan los sensores de bloqueo del conjunto retractor evitando que el ocupante se desplace e impacte con los elementos interiores del vehículo (Figura 5.94).

© Ediciones Paraninfo

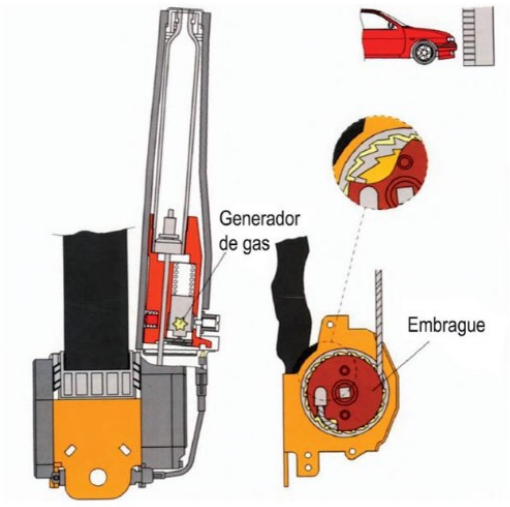


Figura 5.93. Funcionamiento del pretensor pirotécnico, fase 1.

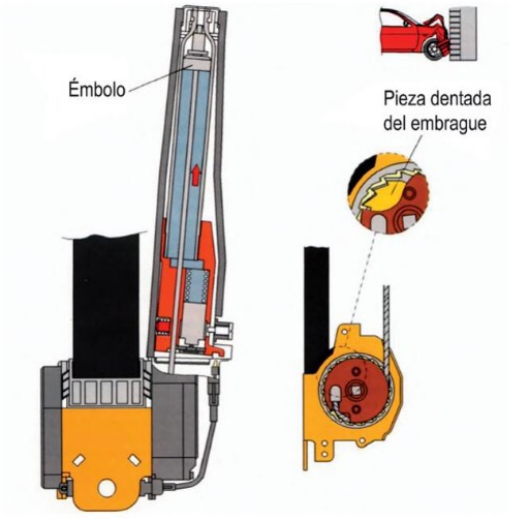


Figura 5.94. Funcionamiento del pretensor pirotécnico, fase 2.

Bloqueo de seguridad del pretensor

El sistema dispone de un mecanismo de seguridad que impide la detonación accidental durante su transporte, manejo o almacenamiento.

Este mecanismo está compuesto por una camisa hueca, por la que se desplaza un cable en cuyos extremos tiene un muelle y una punta de bloqueo que impide el desplazamiento del mecanismo de disparo (manteniéndolo desactivado) mientras el conjunto está fuera del vehículo.

Cuando se monta el cinturón en el vehículo, el tornillo de sujeción del soporte presiona el muelle y este, a su vez, tira del cable del seguro de forma que la punta de bloqueo libera la masa pendular, dejando el sistema activado.

Mientras el cinturón está fuera de su ubicación, el pestillo retiene la masa pendular de forma que no se pueda mover, dejando el sistema desactivado.

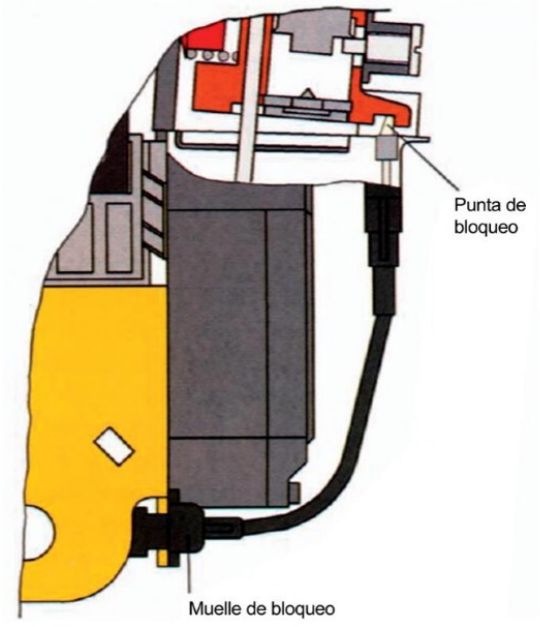


Figura 5.95. Bloqueo del pretensor.

5.2.3. Columna de dirección articulada colapsable

Esta configuración de la columna de dirección contribuye a evitar los peligrosos retrocesos del volante en

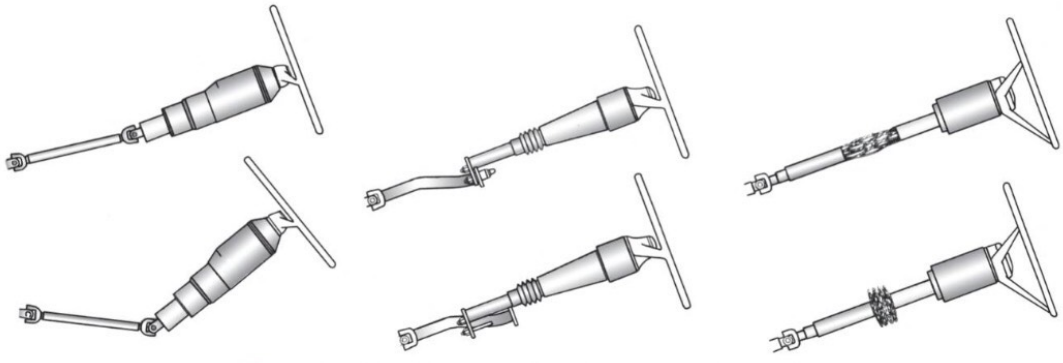


Figura 5.96. Dispositivos colapsables de la columna de dirección.

© Ediciones Paraninfo

caso de choque frontal. Los árboles de dirección articulados permiten la rotura en tantas partes como rótulas o articulaciones tenga en todo su desarrollo, evitando que la barra salga en una sola pieza proyectada hacia el conductor, al mismo tiempo que en caso de que el conductor llegue a tocar con el volante, no se encuentre con una pieza rígida que pudiera dañarlo sino con una pieza que ceda hacia el interior para disminuir los daños ocasionados como consecuencia de la colisión. El tramo inferior suele ser de tipo "colapsable" para mantener fija la posición del volante en los impactos. Asimismo, la cubierta inferior de la columna de la dirección suele poseer un acolchado de gomaespuma para reducir los daños que se puedan producir en las rodillas por su desplazamiento en caso de colisión.

5.2.4. Volante con absorción de energía

Este tipo de volante dispone de un diseño especialmente estudiado sin zonas rígidas y con estructura deformable para minimizar el efecto de un posible golpe contra el conductor, completando así la defensa suministrada por la estructura y los sistemas de sujeción en el caso de un choque frontal. La variedad denominada EAS (*Energy Absorbing Steerin-wheel*) se complementa con una columna de dirección compuesta de tres secciones muy descentradas entre sí unidas por juntas tipo "cardan", que impiden que el volante se desplace hacia adentro incluso cuando el vehículo sufre un impacto muy fuerte. Además, la corona del volante y los radios son amplios y redondeados (cubiertos por un material expandido que al golpearse no produce astillas), con el fin de distribuir las fuerzas en una superficie más amplia y por tanto reducir las posibilidades de lesiones. Asimismo, el buje se encuentra empotrado profundamente y revestido de espuma que absorbe energía.

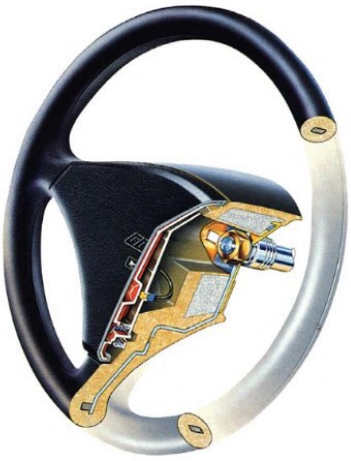


Figura 5.97. Volante EAS (*Energy Absorbing Steering-wheel*)

5.2.5. Pedales

Los pedales están cuidadosamente diseñados para evitar daños sobre piernas y pies. Para reducir las elevadas cargas a que se puede encontrar sometida la pierna, la pared frontal de cierre del habitáculo (salpicadero) debe ser resistente a las deformaciones, y el conjunto "pedalier" debe fijarse de tal modo que los pedales se alejen del conductor cuando se produzca una deformación importante en la parte delantera. En este sentido, existen algunos sistemas que desacoplan el pedal de freno del cilindro maestro al producirse

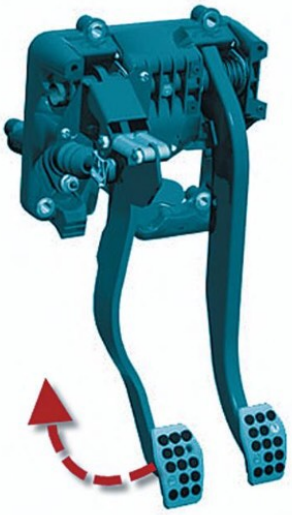
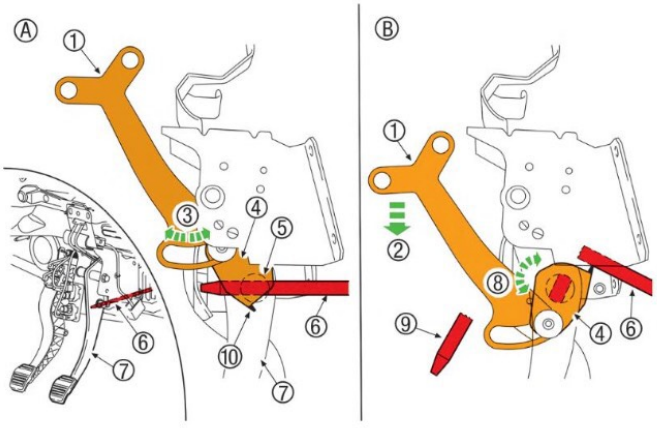


Figura 5.98. Desplazamiento del conjunto de pedales en caso de choque.



A. Pedal en estado normal.
B. Pedal en una colisión.
1. Palanca de desacoplamiento.
2. Dirección de movimiento de la palanca de desacoplamiento.
3. Dirección de movimiento en una frenada.
4. Mecanismo de desacoplamiento del pedal de freno.
5. Soporte para la varilla de accionamiento del cilindro maestro.
6. Varilla de accionamiento para el cilindro maestro.
7. Pedal de freno.
8. Movimiento giratorio del mecanismo de desacoplamiento.
9. Varilla de accionamiento partida (tras la colisión).

Figura 5.99. Dispositivo desacoplador del pedal con la bomba de freno.

© Ediciones Paraninfo

una fuerte colisión, con el fin de reducir las lesiones que puedan producirse en los pies del conductor. Para ello, un mecanismo de desacoplamiento se encarga de partir la varilla de accionamiento que une el pedal de freno con el cilindro maestro cuando la colisión que se produce es de una cierta envergadura; en ese momento la presión que ejerce el cilindro maestro sobre el pedal de freno se interrumpe y este último puede bajar a la chapa del piso. La palanca de desacoplamiento se apoya en el tubo de sujeción del tablero de instrumentos. El soporte para la palanca de accionamiento del cilindro maestro es giratorio. Cuando se produce un impacto de envergadura, el apoyo para la varilla de accionamiento gira por la acción de la palanca de desacoplamiento y rompe la varilla.

5.2.6. Tablero de instrumentos

El tablero de instrumentos es una pieza multifuncional de precisión que, además de otras funciones, tiene una gran importancia en cuanto a seguridad y confort se refiere. Debe estar fabricado con una estructura portante de material ligero rodeada de poliuretano blando (PUR), tener un contorno redondeado y no presentar aristas para ayudar a proteger a los ocupantes (sobre todo en la zona de las rodillas) de los efectos de un choque. El grupo de climatización debe fijarse (a ser posible) sobre la vigueta transversal, para evitar su intrusión en el habitáculo en caso de choque. Asimismo, se evitarán la colocación de bandejas abiertas (la guantera debe tener un punto preestablecido de rotura en caso de choque).

Figura 5.100. Diseño del tablero de instrumentos bajo criterios de ergonomía, estética, confort y seguridad.

5.2.7. Asientos

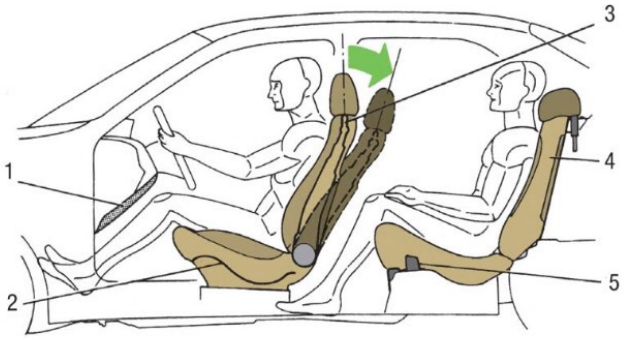
Aparte de acomodar a los ocupantes del vehículo garantizando el suficiente grado de confort y sujeción, los asientos cumplen funciones más importantes, como la de asegurar la máxima protección a los ocupantes en caso de impacto (siempre en combinación con los cinturones de seguridad y los airbags). En cuanto a ergonomía y confort se refiere, las múltiples posibilidades de regulación, el grado de sujeción lateral y el soporte lumbar, garantizan un nivel de comodidad idóneo incluso para largos desplazamientos. Por otro lado, las piezas del acolchado absorben grandes cargas mecánicas, tienen una excelente duración de servicio y pueden fabricarse en cualquier forma que se desee. La espuma moldeada elástica permite un diseño ergonómico con buenas propiedades de atenuación de vibraciones y un alto confort de conducción y climatización. Con el empleo de espuma y relleno de apoyo diferenciado se consigue un soporte óptimo a las distintas partes del cuerpo, permitiendo una sujeción del conductor con mayor estabilidad lateral en cualquier situación de conducción.

Figura 5.101. Regulación ergonómica del asiento.

Además de la ergonomía y el confort, en su diseño se presta especial atención a su fijación y anclaje; como ejemplo, en algunos casos, los asientos delanteros se desplazan ligeramente hacia atrás al producirse un choque frontal, en otros casos el bastidor del respaldo está constituido por una estructura de acero estampado vinculado a través de una rótula bilateral, adecuada para aumentar la solidez y la absorción de energía en los impactos traseros. Del mismo modo, en algunos asientos delanteros, en caso de choque frontal superior a 35 km/h, su configuración permite un aflojamiento estructural controlado para que la estructura pueda

© Ediciones Paraninfo

inclinarse hacia atrás absorbiendo parte de la energía sin causar lesiones a los ocupantes traseros.



1. Revestimiento bajo la columna de dirección.
2. Bordes antideslizamiento de los asientos.
3. Estructura del respaldo delantero con deformación controlada.
4. Tabique posterior del respaldo.
5. Travesaño antideslizamiento trasero.

Figura 5.102. Configuración de los asientos.

Figura 5.103. Estructura de asiento integral con regulación motorizada.

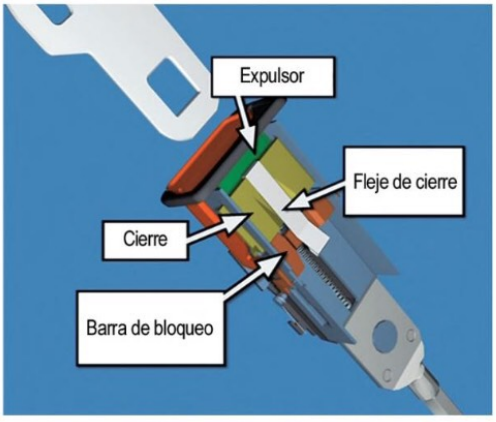


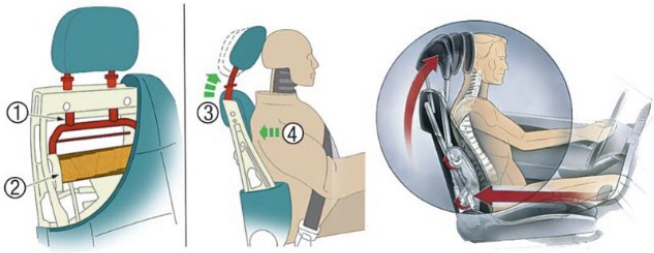
Figura 5.104. Hebilla de anclaje del cinturón de seguridad.

En general, su estructura debe impedir que el cuerpo se deslice hacia delante y hacia abajo en una colisión, por lo que se fabrican en forma de cuña antideslizante. En el caso de asientos traseros abatibles, para aumentar el espacio de carga, los puntos de sujeción de los mismos se estudian para que la carga no pueda irrumpir en el habitáculo debido a la inercia generada en el choque.

En los asientos integrales, la hebilla de anclaje del cinturón se fija a su estructura, y no sobre el suelo del habitáculo, para disminuir las lesiones provocadas por sus posibles desplazamientos en un choque. Asimismo, la polea superior de reenvío del cinturón de seguridad se encuentra integrada en la parte superior del respaldo. Un dispositivo adapta automáticamente la altura de este punto y asegura así una colocación siempre ideal del cinturón, con independencia de la altura y la constitución del ocupante. Esta configuración plantea mayores necesidades de rigidez y estabilidad del bastidor del asiento, del enclavamiento del respaldo y del sistema de reglaje del asiento; ya que durante las colisiones, los esfuerzos resultantes de la masa de inercia de los pasajeros actúan directamente sobre el asiento. Por esta razón, la estructura portante de la banqueta y del respaldo del asiento suele constar de elementos de aluminio o magnesio: perfiles extrusionados y piezas de chapa conformada. Asimismo, esta construcción contribuye de forma decisiva a la estabilidad transversal en caso de choque lateral.

5.2.8. Reposacabezas

Su función es la de acoger la cabeza de los pasajeros empujada hacia atrás, tanto en el caso de una dislocación del cuello debido a un choque trasero (por alcance), como en la fase de rebote que se produce a raíz de un choque frontal, protegiendo las vértebras cervicales contra la hiperextensión. Una de las evoluciones de este dispositivo lo constituyen los denominados reposacabezas "activos" que se montan en los asientos delanteros, y que funcionan de forma puramente mecánica desplazándose hacia delante cuando el vehículo recibe un impacto por detrás. Este des-



1. Soportes de reposacabezas en el interior del respaldo.
2. Banda de tejido resistente.
3. Dirección del movimiento del reposacabezas.
4. Movimiento del tronco en una colisión trasera.

Figura 5.105. Reposacabezas activo.

© Ediciones Paraninfo

plazamiento lo produce una banda de tejido muy resistente que une los dos soportes del reposacabezas en el interior del respaldo o una placa metálica unida a un varillaje. Cuando el vehículo recibe un impacto por detrás, la fuerza que se origina obliga al ocupante del asiento a empujar con la espalda contra esta banda o la placa (según sistema), la cual alcanzado un punto de torsión determinado, empuja hacia arriba y hacia delante la parte superior del reposacabezas. Seguidamente, el reposacabezas retorna a su posición original debido a la acción de un mecanismo de muelle. La barra del reposacabezas suele tener una trayectoria curva; cuanto más alto está el reposacabezas, más cerca estará de la cabeza.

En el sistema Neck Pro, si los sensores de colisión detectan un choque por detrás, los reposacabezas se desplazan en fracciones de segundo hacia delante. De ese modo, el acolchado de estas piezas recoge a tiempo la cabeza de los ocupantes y disminuye el riesgo de lesiones en las vértebras cervicales.

Figura 5.106. Reposacabezas con apoyo variable.

Otros sistemas, en lugar de mover el reposacabezas, desplazan el respaldo hacia atrás permitiendo apoyar toda la columna vertebral. También evitan que el cuerpo se catapulte hacia delante, y además, el movimiento de la parte superior del asiento crea una protección adicional para la cabeza y el cuello.

5.2.9. Otros dispositivos de seguridad pasiva

Depósito de combustible

Debe fabricarse con materiales ignífugos e irrompibles por golpe, normalmente el material que se utiliza desde hace algunos años es el plástico. Su ubicación se realiza en zonas poco expuestas al riesgo de impacto, normalmente en la parte central inferior del vehículo.

Algunas marcas equipan sistemas de protección de incendios cuya función es la de cortar la corriente de la batería tras un accidente, eliminando además el suministro de combustible al motor.

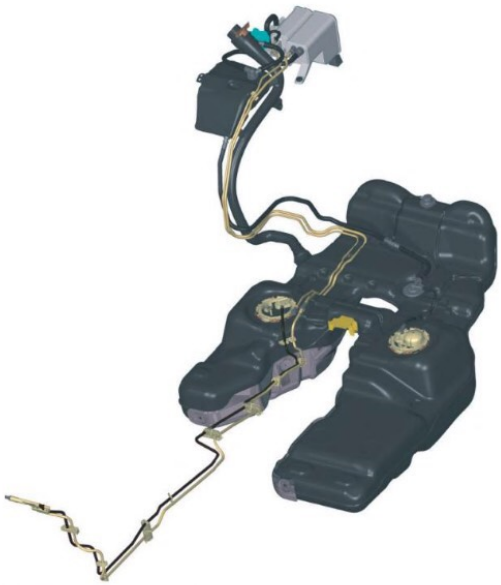


Figura 5.107. El depósito de combustible se encuentra ubicado en una zona segura del vehículo.

Limpiaparabrisas

Su diseño y fijación (mejor ocultos bajo el capó), debe evitar un aumento de riesgo de producir heridas en caso de atropello.

Cableado y elementos eléctricos

Deben estar bien aislados para evitar cortocircuitos, ya que siempre existe el riesgo de incendio tras un accidente incluso en choques de pequeña magnitud. El riesgo de sufrir un cortocircuito en cualquier punto del circuito eléctrico se encuentra presente en todos los automóviles en caso de accidente. Algunos fabricantes incorporan un sistema de seguridad que desconecta el borne positivo de la batería en caso de choque (en solo 3 milésimas de segundo) mediante un dispositivo pirotécnico. Asimismo, para evitar el riesgo de incendio producido por el aumento de temperatura de los cables eléctricos (debido a cortocircuitos fundamentalmente), otros fabricantes incorporan unos fusibles específicos (fusibles anti-incendios) que cortan la circulación de la corriente eléctrica en cuanto detectan un incremento anormal de la temperatura.

Cristales

Los cristales son un elemento muy importante en la seguridad del vehículo. Además de proteger a los ocupantes de los elementos exteriores, permitir la visibilidad, y mejorar el confort térmico, proporcionan una elevada rigidez al habitáculo (sobre todo las lunas pegadas) y absorben parte de la energía en caso de colisión. Los cristales de un vehículo están compuestos de vidrio

© Ediciones Paraninfo

de seguridad (vidrio de silicato), que no forma astillas cortantes al romperse. Para los parabrisas se ha impuesto el uso de cristal laminado, formado por dos capas de vidrio separadas por una lámina de plástico. Su principal ventaja radica en que el cristal laminado, al romperse, se desintegra en pedazos más grandes, y permite así seguir viendo a través del cristal, además de ofrecer un alto grado de protección en caso de impacto con la cabeza, ya que la lámina retiene las partículas de cristal. Las ejecuciones como el tipo Sekuriflex perfeccionan esta técnica por medio de una lámina adicional situada en el lado que da al interior del vehículo. Por otra parte, los cristales tintados reducen el calentamiento del habitáculo a causa del sol.

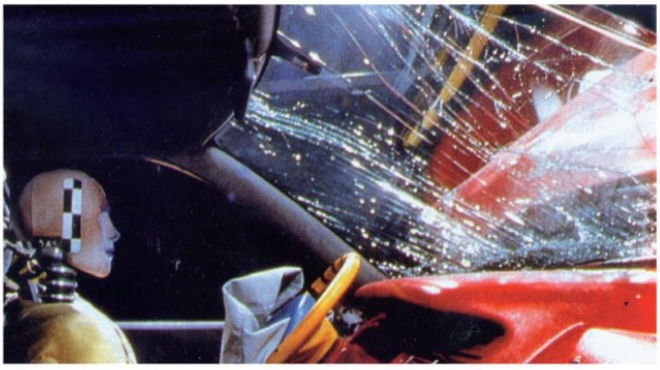


Figura 5.108. Rotura de una luna parabrisas laminada.

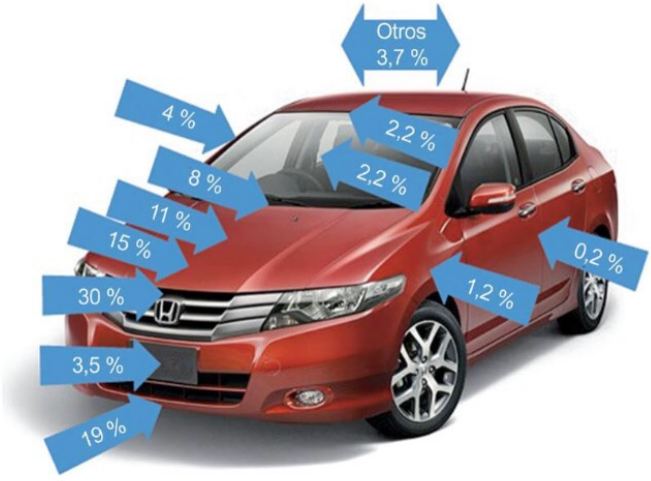


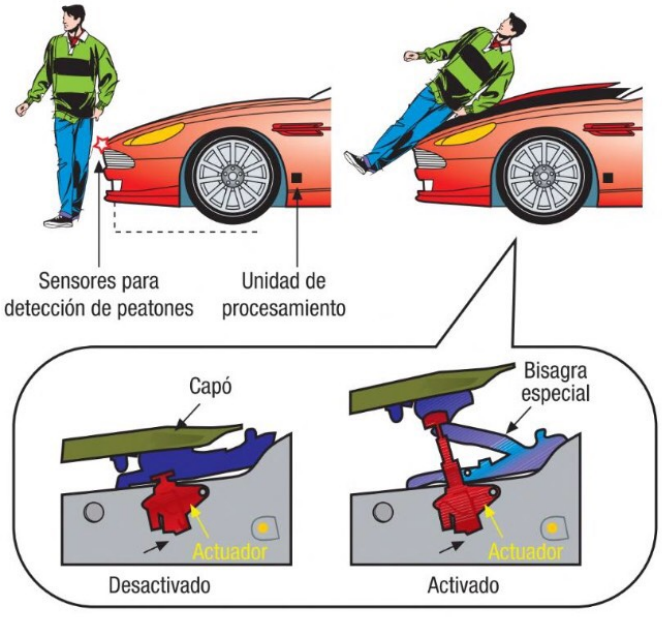
Figura 5.109. Zonas del vehículo de más frecuente impacto con los peatones.

5.3. Seguridad de los peatones

Para establecer unas pautas que conlleven una serie de medidas por parte de los fabricantes para reducir las secuelas de un choque de un vehículo contra un peatón, se parte de las conclusiones y datos estadísticos que se obtienen en la realización de simulaciones de impactos y de la accidentabilidad real. Estos tests establecen las zonas del vehículo que impactan con los peatones, más concretamente con las partes del cuerpo que sufren los atropellos. Esencialmente, estas zonas son: el paragolpes, el capó, el parabrisas e incluso los bajos.

Las conclusiones más significativas sobre los resultados obtenidos en las pruebas de impacto pueden resumirse en los siguientes conceptos:

- Diseño de la carrocería. Debe optimizarse, en la manera de lo posible, con superficies lisas y redondeadas, sin ninguna arista ni vierteaguas.
- Paragolpes. Deben aumentar su altura y fabricarse en materiales muy absorbentes a los impactos, para que se deformen con mayor facilidad. Las piernas suelen ser las que más impactos reciben de esta pieza.
- Capó. Este componente de la carrocería es el que golpea normalmente la cadera de la persona atropellada. Para aliviar en lo posible las consecuencias de la colisión, se recomienda un diseño del mismo desprovisto de aristas y elementos decorativos que puedan agravar los efectos del atropello. Además, el material de fabricación también debe ser fácilmente deformable y muy absorbente. La batería y el radiador han de situarse lo más separados del capó como sea posible. Además debe cubrir los ejes de rotación de los limpiaparabrisas.



1. Los sensores detectan la presencia de un peatón.
2. Se envía una señal a los activadores pirotécnicos situados en el capó.
3. La energía absorbida reduce el impacto con la cabeza.
4. El proceso se completa en un tiempo muy rápido.

Figura 5.110. Sistema de seguridad para peatones mediante elevación del capó.

© Ediciones Paraninfo

- Parabrisas. Juega un papel muy importante en los impactos, dado que los peatones atropellados suelen golpearse la cabeza con él. Los limpiaparabrisas deben ir siempre ocultos. Al mismo tiempo, los retrovisores exteriores serán retráctiles, para que al impactar con ellos alivien la crudeza del impacto.
- Bajos. Se deberá suavizar su diseño, eliminando aristas y zonas punzantes o salientes, para evitar que al pasar el vehículo por encima de una persona le produzca un daño mayor.
- Manecillas de las puertas. En la medida de lo posible, se deberá integrarlas dentro del nivel superficial del panel de la puerta, evitando que sobresalgan en demasía.

En la actualidad también hay varios sistemas que tienen como objetivo la protección de los peatones. Como ejemplo, el *SensorCar* funciona mediante un radar láser que detecta los obstáculos que se cruzan con el coche hasta 45 metros por delante de él, y avisa al conductor por medio de un display del posible peligro. En combinación con este sistema, un sensor situado en la parte trasera del vehículo previene la posibilidad de colisión por detrás, activando los pretensores de los cinturones y ajustando el asiento y el reposacabezas a los pasajeros.

5.4. Seguridad infantil

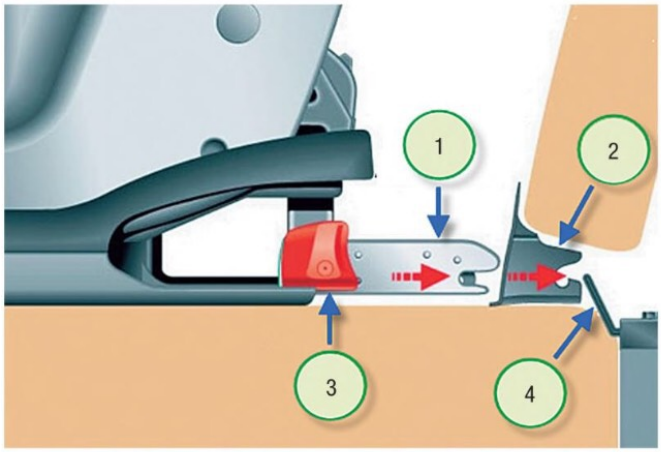
Como fruto de las experiencias de accidentología y biomecánica, las normas internacionales tratan de unificar criterios para conseguir una protección adecuada de los niños.

Actualmente, el sistema ISOFIX es el sistema estándar de seguridad que facilita y asegura las fijaciones de los asientos para niños. En el vehículo se incorporan dos puntos de anclaje rígidos situados de serie entre el respaldo y el asiento de la banqueta trasera. El asiento del niño dispone de dos cierres y un indicador de puesta en servicio que aseguran la fijación rápida y segura sin necesitar los cinturones de seguridad del vehículo.

Figura 5.111. Asiento de niño con sistema de fijación ISOFIX.

El asiento ISOFIX respeta la morfología de los niños y garantiza una seguridad de muy alto nivel. Puede ir de espaldas a la carretera (para los niños de hasta dos años) y cara a la carretera para los de 2 a 4 años.

En la primera posición, el cuerpo del bebé se sujeta mediante un cinturón tipo arnés de tres puntos, y en la segunda posición, el asiento se sujeta mediante un sistema de sujeción utilizando el cinturón de seguridad (del propio coche) de 3 puntos.



1. Barra de acoplamiento.
2. Guía de cierre.
3. Botón de extracción.
4. Soporte.

Figura 5.112. Anclaje ISOFIX.

Los dispositivos diseñados con arreglo al ISOFIX pueden adaptarse a cualquier vehículo que disponga de enganches metálicos normalizados.

A partir de la base de datos accidentológicos, se ha llegado a la conclusión de que, para los niños de 2 a 4 años, la postura más adecuada es la de "espaldas a la carretera" debido a su débil conformación y a la desproporción entre su masa cerebral en relación con el resto del cuerpo. En caso de colisión, la cabeza se proyectaría violentamente hacia

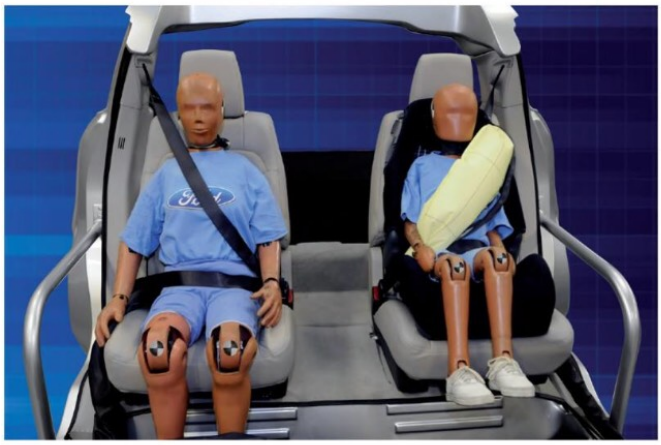


Figura 5.113. Asientos especiales para niños.

© Ediciones Paraninfo

adelante, con resultados muy graves. Estando situado de espaldas a la carretera, en caso de colisión, esta gravedad se reduce a límites aceptables. Para los de edades de 2 a 4 años, la experiencia muestra que pueden ir situados de cara a la carretera y el asiento ISOFIX respeta esta posibilidad, pudiendo instalarse de ambas maneras.

Por último, en los modelos equipados de airbag para el pasajero y de airbag lateral sin posibilidad de desconexión, se debe indicar gráfica y claramente la contraindicación rigurosa de ubicar en los asientos delanteros dispositivos para el traslado de niños de corta edad.

Figura 5.114. Ubicación no aconsejable de la silla.

5.5. Denominaciones de dispositivos de seguridad pasiva

Algunas de las denominaciones usuales con las que los fabricantes designan sus dispositivos o sistemas a nivel de seguridad pasiva son:

▶ **SAHR** (*Saab Active Head Restraint*), **WHIPS** (Volvo) y **AHR** (*Active Head Restraint*), son sistemas similares de reposacabezas activos que reducen los riesgos de hiperextensión del cuello por los "latigazos" que se producen en los impactos frontales.

Figura 5.115. Dispositivo SAHR.

▶ **DSF** (Ford). Este sistema aporta rigidez al habitáculo.

▶ **EAS** (Fiat). Hace referencia a un sistema de dirección dotado de elementos deformables que impiden su penetración hacia el interior del habitáculo.

▶ **EAB.** Parachoques absorbentes de energía. Este sistema es capaz de resistir, sin sufrir daños significativos, impactos de estacionamiento leves a velocidades no superiores a 4 km/h. La superficie de plástico del parachoques es capaz de restaurarse tras sufrir impactos puntuales, de modo que normalmente no requiere reparación. Por este motivo, también se les denomina "parachoques autorregenerables".

▶ **FPS** (*Fire Protection System*) (Fiat). Es un sistema de seguridad contra incendios cuya finalidad se consigue mediante la adopción de los siguientes dispositivos o mejoras:

- Interiores ignífugos, todos los revestimientos tienen que cumplir las normas sobre inflamabilidad, de hecho no deben arder en caso de contacto ocasional con fuentes de calor (por ejemplo, un cigarrillo) y deben limitar la velocidad de propagación de la llama.
- Interruptor de inercia para el bloqueo de la bomba de combustible (**IFS,** *Inerttia Fuel Shutoff*), que interrumpe la alimentación de la bomba de combustible y del sistema de encendido, en caso de colisión.

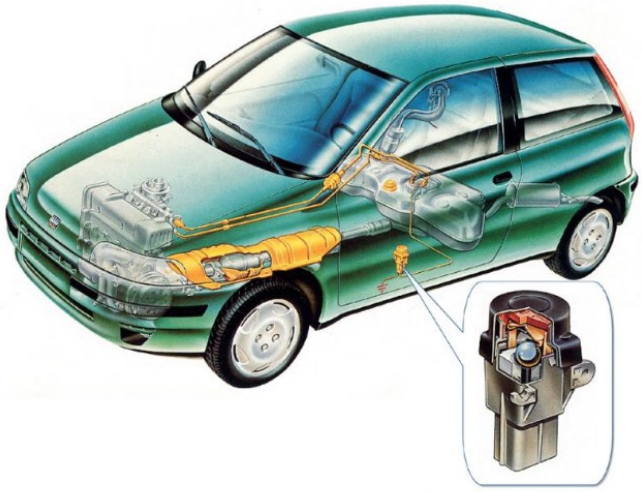


Figura 5.116. Interruptor inercial de bloqueo de la bomba de combustible.

- Protecciones *antimisfiring* (recalentamiento excesivo del catalizador en las versiones de gasolina) que aíslan el catalizador y protegen los tubos de los frenos y del combustible.
- Instalación eléctrica protegida por maxifusibles, que garantizan la interrupción de la alimentación en caso de cortocircuito o de la temperatura excesiva que podría crearse en caso de incendio.

© Ediciones Paraninfo

- Sujeción de la batería en caso de choque o vuelco.
- Válvula antirreflujo que elimina pérdidas de combustible en caso de vuelco del vehículo.
- Depósito de combustible de material plástico de alta resistencia mecánica y al fuego, unido sólidamente a la carrocería en posición protegida. Dada la importancia de esta pieza, suele someterse a tests con temperaturas muy altas y muy bajas. Asimismo, la integridad del depósito se comprueba con incendios provocados bajo el mismo.

Figura 5.117. Comprobación de la integridad del depósito de combustible mediante un incendio provocado bajo el vehículo.

- Disposición de la instalación eléctrica, de los tubos de combustible y de los frenos, diseñada para reducir al mínimo el riesgo de incendio en caso de accidente o avería.

▶ **NVH** (*Noise Vibration and Harshness*). Sistema de reducción de ruidos, vibraciones y asperezas.

▶ **PATS** (*Passive Anti-Theft System*). Inmovilizador electrónico del vehículo.

▶ **PRS** (*Pedal Release System*) (Opel). Este sistema retrae los pedales del vehículo en caso de impacto para evitar lesiones en los miembros inferiores.

▶ **SRS** (*Suplementary Restraint System*). Sistema antiimpacto suplementario, más conocido como airbag.

▶ **WINDOW-BAG** (Mercedes). Este dispositivo consiste en un airbag para la protección de la cabeza. Sistemas similares son: **IC** (*Inflatable Courtain*) (Volvo), **ITC** (*Inflatable Tubular Structure*) (BMW).

▶ **SIPS** (*Side Impact Protection System*) (Volvo). Es un sistema de protección de impactos laterales basado en la idea de reconducir la energía del impacto hacia el techo y el suelo. Para ello la columna B adopta un diseño específico más rígido para que ceda menos en caso de choque. Las puertas y suelo también se refuerzan para conseguir aumentar el poder de conducción y absorción de energía. El sistema se completa mediante un airbag lateral instalado en los asientos.

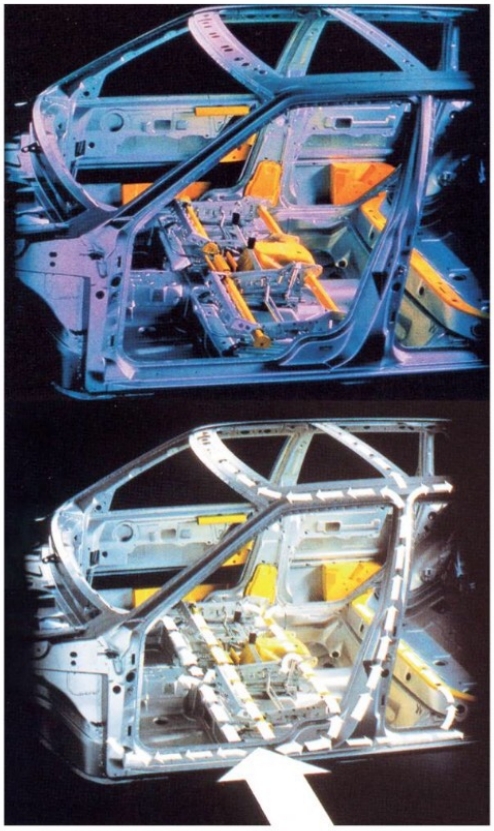
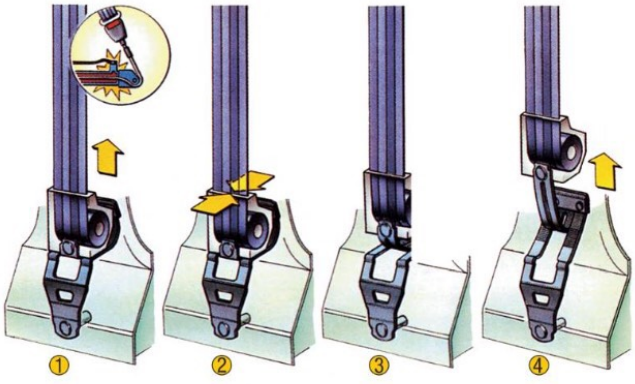


Figura 5.118. Sistema SIPS.

▶ **SSP** (Sistema de Sujeción Programado). Este sistema es empleado por Renault en sus cinturones de seguridad, reduciendo entre un 30 y un 50 % las lesiones del tórax, cabeza y cuello en colisiones frontales. El SSP tiene la función de disminuir la violencia de la retención con-



1. Impacto y disparo del pretensor pirotécnico.
2. Tensado del cinturón.
3. Desgarro progresivo del limitador de esfuerzo, que sitúa la tensión del cinturón a un nivel aceptable para el organismo, asegurando al mismo tiempo una protección óptima.
4. Extensión máxima del limitador.

Figura 5.119. Secuencia de funcionamiento de un sistema SSP.

© Ediciones Paraninfo

tra el cinturón de seguridad cuando este ha llegado a su límite de extensión, para ello controla la tensión del cinturón en la segunda fase del choque con el fin de reducir su presión sobre el tórax del ocupante del asiento. El limitador de esfuerzo, que completa el dispositivo pretensor/bobinador/bloqueador es una pieza de acero fija sobre el pilar central del vehículo y está constituido por pistas desgarrables. La pieza se desgarra progresivamente 70 milisegundos después del inicio del choque, cuando son máximas la deceleración y la tensión del cinturón. Esa deformación programada de la pieza metálica provoca el desplazamiento del bobinador/bloqueador sobre un eje vertical y modera la presión sobre la parte superior del cuerpo. Con el SSP, las acciones sucesivas del sistema se encadenan en 110 milisegundos durante un ensayo de choque a 56 km/h.

ACTIVIDADES FINALES

CUESTIONES

5.1. Describe brevemente los conceptos de seguridad activa, pasiva y preventiva.

5.2. ¿Dónde suelen estar localizados los refuerzos estructurales de la carrocería?

5.3. ¿Cuáles son las soluciones que se aplican en la estructura delantera para disminuir los riesgos de lesión en caso de accidente?

5.4. Enumera los diferentes dispositivos de seguridad pasiva que disponen los vehículos.

5.5. ¿Qué tipos de airbags existen?

5.6. Explica los tipos de golpes que existen y cuál es el porcentaje de cada uno de ellos según las estadísticas.

5.7. ¿En qué consiste el concepto de deformación programada?

5.8. ¿Qué soluciones se utilizan para reforzar la estructura del vehículo por su parte lateral?

5.9. ¿Qué tipos de pretensores de cinturón existen?

5.10. ¿Cuál es la función de los reposacabezas activos?

5.11. ¿En qué consiste el plan de seguridad pasiva de la carrocería autoportante?

5.12. ¿Qué se consigue con una forma cónica o piramidal en la sección de los largueros?

5.13. ¿Qué medidas se adoptan para proteger el habitáculo en caso de vuelco?

5.14. Enumera los refuerzos que existen en la estructura frente a las colisiones frontales.

5.15. Enumera los refuerzos que existen en la estructura frente a las colisiones laterales.

5.16. Enumera los componentes de un airbag.

5.17. ¿En qué consiste el airbag de doble etapa?

5.18. ¿Cuál es el campo de activación de los airbags frontales?

5.19. ¿En qué mecanismo puede estar situado el pretensor del cinturón?

5.20. ¿Qué conceptos se tienen en cuenta de cara a la seguridad del peatón?

© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

ACTIVIDADES PROPUESTAS

5.1. Enumera los diferentes dispositivos de seguridad pasiva de un vehículo actual y compáralos con otro de hace 10 años y escribe tus conclusiones.

5.2. Localiza tres vehículos siniestrados de diferentes marcas y observa el comportamiento de los elementos o zonas con deformación preestablecida y determina el alcance de la deformación sufrida.

5.3. Analiza la célula de pasajeros de los vehículos anteriores y verifica la integridad de la misma para evaluar el comportamiento de los elementos con deformación preestablecida.

5.4. Comprueba el interior del habitáculo de un vehículo cualquiera y confecciona una relación de las medidas utilizadas por el fabricante para aumentar la seguridad pasiva del mismo.

5.5. Utilizando la documentación técnica adecuada, localiza los componentes de los sistemas airbag y pretensores de cinturón de tres vehículos. Asimismo, consulta las precauciones para su desmontaje y manipulación.

5.6. Busca en las páginas web de las empresas que están en la página de agradecimientos y anota los tipos de airbags de modelos distintos.

5.7. Busca en las páginas web de las empresas que están en la página de agradecimientos y anota cinco modelos de vehículos distintos que dispongan de pretensores pirotécnicos.

5.8. Busca en internet, en revistas del sector o en artículos de opinión especializada, artículos sobre la deformación programada. Anota tus propias conclusiones.

5.9. Busca en internet, en revistas del sector o en artículos de opinión especializada, fotografías sobre los puntos fusibles de una carrocería.

5.10. Busca en internet, en revistas del sector o en artículos de opinión especializada, fotografías de zonas cajeadas de los elementos estructurales.

5.11. Busca en internet, en revistas del sector o en artículos de opinión especializada, las condiciones de prueba de los golpes frontales y anótalas y describe tus propias conclusiones.

5.12. Busca en internet, en revistas del sector o en artículos de opinión especializada, fotografías de la protección lateral de un vehículo.

5.13. Busca en internet, en revistas del sector o en artículos de opinión especializada, artículos y fotografías de protección antivuelco.

5.14. Busca en las páginas web de las empresas que están en la página de agradecimientos y anota cinco modelos de vehículos distintos que dispongan de airbag de doble etapa. Anota también la localización de los componentes del sistema.

5.15. Busca en internet, en revistas del sector o en artículos de opinión especializada, cinco modelos distintos de cada tipo de pretensor de cinturón que se describe en este libro.

5.16. Busca en internet, en revistas del sector o en artículos de opinión especializada, las medidas de seguridad pasiva de cinco modelos distintos.

5.17. Busca en internet, en revistas del sector o en artículos de opinión especializada, cinco modelos distintos que dispongan de sistema ISOFIX.

5.18. Busca en internet, en revistas del sector o en artículos de opinión especializada, las medidas que disponen los fabricantes para la seguridad de los peatones.

© Ediciones Paraninfo

Seguridad activa, seguridad preventiva y sistemas de ayuda a la conducción

Unidad 6

CONTENIDOS

6.1 Seguridad activa
6.2 Descripción de los sistemas de seguridad activa
6.3 Desarrollo de sistemas de ayuda a la conducción
6.4 Seguridad preventiva
Cuestiones
Actividades propuestas

OBJETIVOS

- Determinar el comportamiento dinámico del vehículo.
- Aprender los conceptos generales de seguridad activa, preventiva y ayuda a la conducción y su influencia en la seguridad del vehículo.
- Conocer los distintos sistemas y dispositivos de seguridad activa y su influencia en el comportamiento dinámico del vehículo.
- Aprender los distintos sistemas y dispositivos de seguridad preventiva y su influencia en la conducción.
- Conocer los distintos sistemas y dispositivos de los sistemas de ayuda a la conducción y su influencia en la seguridad del vehículo.

6.1. Seguridad activa

La seguridad activa es el conjunto de características, dispositivos y sistemas del vehículo que proporcionan una buena estabilidad de marcha y contribuyen a circular de una forma segura evitando posibles accidentes. Básicamente, forman el conjunto todas las soluciones que garantizan un frenado estable y potente, una buena recuperación, y un comportamiento de marcha previsible mediante una buena adaptación del tren de rodaje que permita superar, sin preocuparse, las situaciones más críticas, aunque las condiciones climatológicas sean adversas. A tal efecto, en el vehículo existen una serie de sistemas y elementos que se complementan entre sí; entre ellos cabe destacar:

- Un sistema de frenos eficaz que sea capaz de proporcionar distancias de frenado cortas conservando la direccionabilidad del vehículo.
- Un motor potente y elástico para realizar adelantamientos con holgura.
- Una dirección sensible y rápida a los movimientos del volante, que facilite cualquier tipo de maniobra, sin que por ello los cambios de dirección resulten bruscos e imprevisibles.
- Una suspensión con un nivel adecuado de confort que proporcione una buena adherencia del neumático con el suelo para conseguir unas elevadas prestaciones en seguridad y estabilidad.
- Una tracción que sea capaz de transmitir la potencia del motor a las ruedas, garantizando con ello un nivel óptimo de estabilidad de marcha.
- Unos neumáticos que garanticen una gran adherencia al suelo en cualquier condición de marcha. El neumático tiene una especial importancia en materia de seguridad activa, ya que es el único vínculo que existe entre el vehículo y la calzada, y a través del mismo se transmiten todas las fuerzas dinámicas (aceleraciones, frenadas, cambios de dirección, etc.).

Figura 6.1. El vehículo debe proporcionar estabilidad aún con las condiciones climatológicas más adversas.

Además de todo lo expuesto, la carrocería también participa en la seguridad activa. Una carrocería bien diseñada producirá pocos ruidos aerodinámicos, será rígida (permitiendo pequeñas torsiones y flexiones controladas) y facilitará el trabajo a la dirección y a las suspensiones, mejorando con ello la seguridad dinámica.

La seguridad activa de un vehículo es directamente proporcional al grado de adherencia que tenga el neumático con el suelo.

6.1.1. Comportamiento dinámico del vehículo

Habitualmente en la dinámica de marcha se producen ciertas oscilaciones de la carrocería, de la dirección y de la tracción. A través de las diferentes pruebas a que someten a los vehículos antes de entrar en la fase de producción, los constructores procuran reducir estos movimientos y controlar exactamente su desarrollo. Sin embargo, la existencia (aunque mínima) de estos efectos proporciona al conductor información relevante para la seguridad en determinadas situaciones de marcha; por ejemplo, un eje trasero que se balancea advierte que hay problemas de adherencia en las ruedas traseras, la inclinación perceptible de la carrocería avisa de la inminencia de bloqueo de las ruedas, etc.

En términos generales, el vehículo es un conjunto de masas que, fruto de la transferencia que se origina con las distintas reacciones, ofrece una serie de movimientos con arreglo a los tres ejes espaciales.

Si consideramos un automóvil como un cuerpo en el espacio dotado de tres ejes de libertad (Figura 6.2) veremos

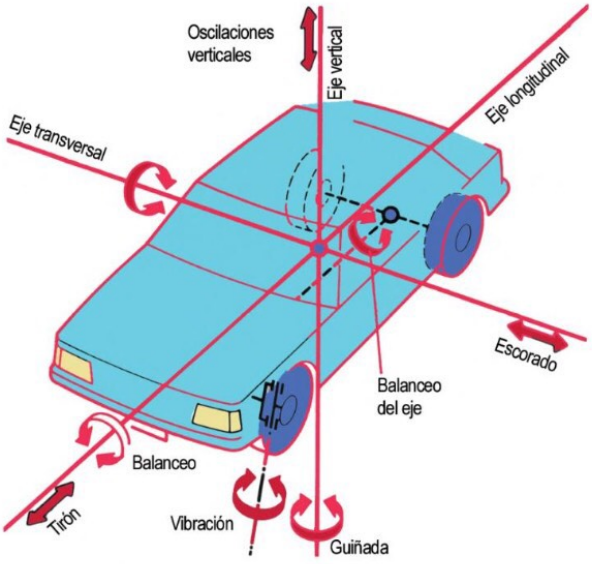


Figura 6.2. Movimientos en un comportamiento dinámico.

© Ediciones Paraninfo

que en su comportamiento dinámico se presentan tres tipos de movimientos. El primero de ellos es el de balanceo y ocurre cuando el automóvil adquiere un grado de libertad sobre el eje longitudinal (XX). El segundo sería el de picada y cabeceo con respecto al eje transversal (YY) y un tercero de guiñada con relación al eje vertical (ZZ).

Distribución de la carga sobre los ejes y transferencia de pesos

Con el fin de que el comportamiento inercial del vehículo sea el adecuado, el diseñador ha de repartir de forma precisa las masas en el conjunto del vehículo, porque no sería posible centrar todas ellas en un mismo punto. Como el momento de vuelco depende de la ubicación del centro de gravedad, la tarea de establecer un centro de gravedad bajo y que además resulte centrado en el paralelogramo de sustentación (determinado por las cuatro ruedas en su apoyo al firme) no es una labor sencilla, porque no pueden centrarse todas las masas del vehículo en un centro geométrico (hay que imaginar cómo sería el vehículo que tuviese el motor justo en el medio y los pasajeros encima).

Para obtener un comportamiento dinámico ideal, habría que conseguir una distribución equilibrada de la masa del vehículo sobre las cuatro ruedas, en todas las situaciones de marcha. Ello permitiría aprovechar de modo óptimo la tracción y las fuerzas laterales de las ruedas.

En los vehículos con motor delantero y propulsión trasera con mucho espacio interior y suspensión confortable de largos recorridos, el reparto de pesos entre los dos ejes resulta más equilibrado; sin embargo esta disposición presenta como inconvenientes un mayor coste de fabricación y un tren de rodaje mucho más complejo y sofisticado para neutralizar la tendencia sobreviradora de los vehículos dotados de propulsión trasera (a un conductor medio, le resulta más sencillo conducir un vehículo ligeramente subvirador que otro con tendencia al sobrevirado).

En cualquier caso, resulta complejo conservar el reparto ideal con el vehículo en movimiento. Cuando un vehículo cambia de velocidad o realiza un giro, se produce una transferencia de pesos (muy fácil de detectar en cualquier turismo) que modifica constantemente el centro de gravedad del vehículo. La transferencia de pesos puede recaer sobre el eje longitudinal, transversal o sobre ambos a la vez. Por ejemplo, cuando se realiza una aceleración las ruedas delanteras pierden adherencia al producirse una transferencia de peso sobre el eje trasero; lo contrario ocurre cuando se realiza una frenada (transferencia longitudinal). Además, cuando un vehículo toma una curva, se comprime la suspensión de la rueda exterior como consecuencia de la transferencia de peso transversal que se produce. Cuando se acelera o frena al tomar una curva se produce una conjunción de los efectos mencionados anteriormente.

A todo ello hay que añadir que el vehículo no dispone de una carga constante, si no que esta varía continuamente (pasajeros, equipaje, combustible, etc.) por lo que resulta muy complejo diseñar un sistema de suspensión "ideal" de forma permanente. En este sentido, una suspensión dura puede ayudar a mantener el estado de equilibrio, a costa de limitar en gran medida el grado de confort.

Figura 6.3. En el diseño y fabricación del vehículo se tiene en cuenta la distribución del peso.

Comportamiento direccional: subviraje y sobreviraje

A los balanceos producidos en arrancada y frenada, giro en curva, etc., hay que añadir ahora los movimientos de guiñada que se producen cuando es necesario esquivar rápidamente un obstáculo o cuando en la carretera se ha calculado mal una curva y se lleva demasiada velocidad. En estos casos, la fuerza centrífuga generada en los virajes supera la adherencia de las ruedas al suelo, con lo que se altera el normal comportamiento del vehículo: o tiende a irse hacia el exterior de la curva, sin seguir la orientación de sus ruedas delanteras (subvirado), o bien es su parte trasera la que tira hacia afuera, haciendo girar el vehículo hacia el interior de la curva (sobrevirado).

Ambas incidencias se producen cuando la fuerza centrífuga que se genera en los cambios de dirección supera el límite de adherencia de los neumáticos respecto al suelo, modificándose por tanto el comportamiento normal del vehículo.

Se denomina subviraje al efecto que se produce cuando el vehículo no sigue fielmente la trayectoria que marca la orientación de las ruedas y la parte delantera tiende a salirse hacia el exterior de la curva; dicho de otra forma, las ruedas indican una trayectoria que el vehículo no tiene.

El sobrevirado, en cambio, consiste en el efecto contrario; cuando el vehículo tiende a cruzarse desde la parte trasera produciendo el comportamiento denominado como "trompo". Los vehículos de tracción delantera tienen "a priori" tendencia al subviraje y los de propulsión trasera al sobreviraje. Estos efectos pueden neutralizarse en parte me-

© Ediciones Paraninfo

diante un correcto diseño de los trenes de rodaje, por ejemplo los amortiguadores "blandos" y los muelles y barras estabilizadoras muy duras en la parte delantera favorecen el subviraje. A nivel de conducción, para compensar el efecto del subviraje hay que dar a las ruedas un mayor ángulo de orientación del que requiere el radio de la curva. En cambio, en caso de sobreviraje, hay que realizar un giro del volante en sentido contrario y una dosificación adecuada de la potencia del motor.

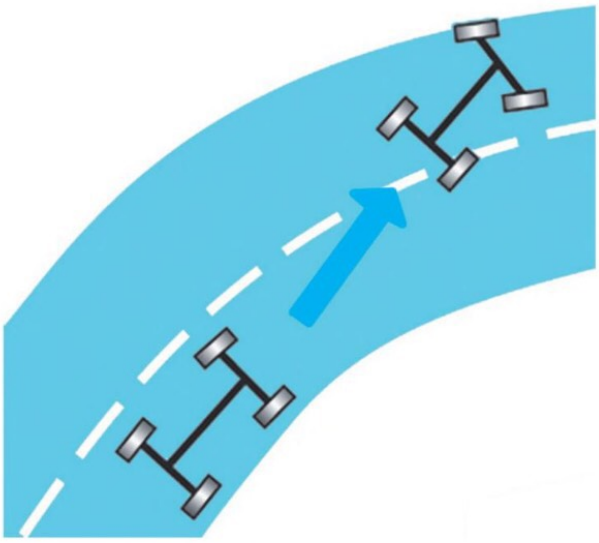


Figura 6.4. Acción de subviraje.

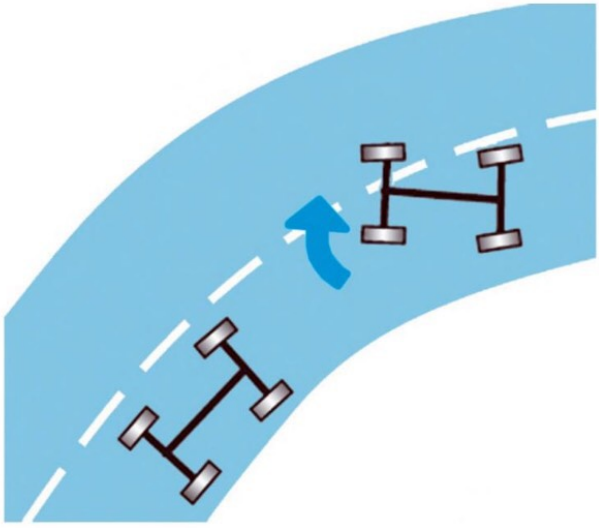


Figura 6.5. Acción de sobreviraje.

Capacidad de tracción

La capacidad del neumático de transmitir cualquier tipo de fuerza (aceleraciones, frenadas, cambios de dirección, etc.) depende totalmente de su grado de adherencia, de tal manera que cuanto más alta sea esta, mayor será la capacidad de transmisión de fuerza del vehículo.

El grado de adherencia a su vez se encuentra condicionado por diferentes factores como:

- La superficie de rodadura.
- El ancho del neumático. Sobre suelo seco los neumáticos anchos ofrecen más adherencia que los estrechos, al disponer de mayor superficie de contacto.
- Textura del neumático. Los neumáticos blandos resultan más adherentes que los neumáticos duros, en detrimento de un mayor desgaste, por lo que deben sustituirse con mayor frecuencia (como ejemplo pueden citarse la duración de los neumáticos usados en las competiciones de Fórmula 1).
- Presión vertical. La presión que se ejerce sobre el neumático mejora considerablemente la adherencia. En este efecto intervienen de forma notable el peso del vehículo y la suspensión. Como se ha referido anteriormente, los vehículos con tracción delantera tienden a sufrir problemas de tracción al acelerar debido a que el desplazamiento dinámico del peso reduce la presión sobre las ruedas delanteras empeorando la adherencia de las mismas. Lo mismo ocurre al tomar las curvas, donde se descarga aún más la rueda propulsora interior por la inclinación de la carrocería.

Figura 6.6. La capacidad de tracción depende directamente del grado de adherencia.

6.2. Descripción de los sistemas de seguridad activa

Una gran parte de los avances en los conjuntos y sistemas del automóvil, que han repercutido de alguna manera en un aumento de la seguridad, tienen su base en la aplica-

© Ediciones Paraninfo

ción de la electrónica, que ha hecho posible superar en muchos casos las limitaciones propias de la mecánica.

La descripción de los avances más significativos en seguridad activa podemos realizarla en base a los siguientes sistemas:

- Sistema de suspensión.
- Sistema de frenos.
- Sistema de dirección.
- Sistema de transmisión.
- Motor.
- Neumáticos.
- Otros.

6.2.1. Sistema de suspensión

Básicamente puede decirse que las suspensiones del vehículo cumplen un doble objetivo: por un lado garantizan el confort de los ocupantes filtrando parte de las fuerzas que las irregularidades del firme producen sobre la carrocería, y por otro, aseguran que las ruedas se encuentren permanentemente en contacto con el firme, para mantener el control dinámico del vehículo.

Figura 6.7. El sistema de suspensión es vital para la seguridad activa del vehículo.

La unión elástica de las ruedas con respecto a la carrocería es la condición previa para una conducción segura y confortable. Al acelerar y frenar, en curvas y a altas velocidades, sobre calzada seca igual que sobre firme mojado, las ruedas han de conseguir la máxima adherencia. Para conseguir este objetivo es necesario disponer de un complejo sistema de suspensión que garantice, en la mayoría de los casos, que la geometría óptima del eje se mantenga constante independientemente del estado de compresión de los elementos de suspensión. Solo así puede conseguirse un comportamiento de marcha calculable, hasta en situaciones extremas. Asimismo, con trenes de rodaje de gran complejidad técnica, los fabricantes aseguran que el vehículo obedezca con precisión las instrucciones del conductor, y en la medida de lo posible, bajo cualquier condición de marcha o carga. Partiendo siempre de la futura aplicación del vehículo, el compromiso entre el confort y la seguridad es el punto inicial en el momento de ajustar el tren de rodaje. De hecho, la suspensión de las ruedas delanteras ha de asegurar una serie de funciones diferentes; decide sobre la posición de las ruedas al conducir en línea recta, al girar el volante y comprimirse, y extenderse los muelles. Estos tres movimientos se combinan formando un movimiento complejo que ha de ser exactamente definido desde el punto de vista de la geometría (cinemática) y de las fuerzas. Solo así puede asegurarse un comportamiento de marcha fiable y previsible.

La característica de suspensión resulta de la aceleración vertical de la carrocería provocada por las irregularidades de la calzada. Desde el punto de vista de la seguridad, el objetivo es mantener la carga sobre ruedas lo más constante posible bajo todas las condiciones de marcha para conservar la adherencia del neumático. Las modificaciones dinámicas de la carga sobre ruedas (distribución de carga sobre ejes) se reducen mediante elevadas fuerzas de amortiguación, pequeñas masas insuspendidas en la suspensión de ruedas y neumáticos blandos.

A menudo existe un conflicto entre el interés por conseguir una gran seguridad de marcha, o un elevado nivel de confort de conducción. Este hecho puede apreciarse a la hora de estudiar el guiado preciso de las ruedas, para lo que es necesario una suspensión más bien rígida que no modifique sustancialmente la geometría de la rueda (inclinación y convergencia); en cambio, el confort de marcha exige una suspensión del eje relativamente blanda. Por ello, se tiende a diseñar suspensiones blandas y confortables pero con una amortiguación relativamente rígida. El desarrollo en estos sistemas se basa en un conjunto suspensión/amortiguador de ajuste continuo mediante regulación electrónica que modifica automáticamente la dureza y elasticidad del sistema, y en direcciones del eje trasero "inteligentes" que puedan asumir adicionalmente el control y la regulación del curso de marcha.

Los vehículos más deportivos cuentan con suspensiones más "duras", que les permiten acelerar, frenar y tomar las curvas sin que sus carrocerías oscilen en exceso. Por el contrario, las berlinas utilizan tarados más "blandos", ya que en estos vehículos se busca fundamentalmente el confort antes que una eficacia extrema.

Controles de suspensión

Los fabricantes de automóviles han desarrollado diferentes sistemas de control de suspensión como: el sistema activa, el ADS, ABC, ECS, etc. Estos sistemas electrónicos regulan la dureza de la suspensión y amortiguación al tiempo que la altura de la carrocería en función de las condiciones de marcha de cada momento.

© Ediciones Paraninfo

Figura 6.8. Sistema de suspensión regulada electrónicamente.

6.2.2. Sistema de frenos

Un vehículo en movimiento desarrolla una energía cinética cuya magnitud depende de la masa del vehículo y del cuadrado de la velocidad.

La función de los frenos es la de transformar la energía cinética que posee el vehículo en calor a través de los elementos frenantes (pastillas/discos, zapatas/tambores) y disiparlo en la atmósfera.

Fuerzas y momentos en el vehículo

Cualquier tipo de modificación dinámica en el vehículo (aceleración, retención, cambios de dirección) es el resultado visible y perceptible de determinadas fuerzas que a continuación se describen:

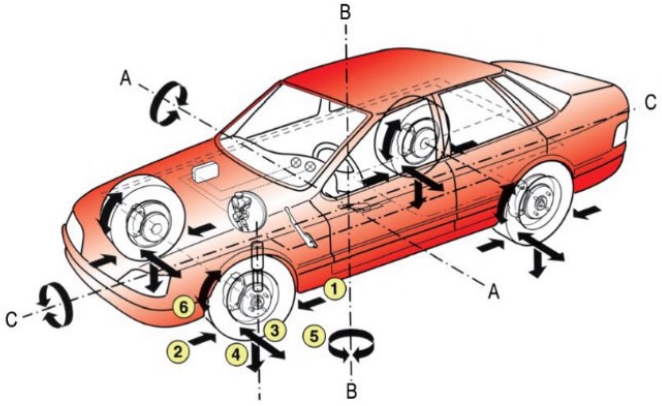


Figura 6.9. A) Eje transversal. B) Eje vertical. C) Eje longitudinal. 1) Fuerza de impulsión. 2) Fuerza de frenado. 3) Estabilidad lateral. 4) Fuerza de apoyo. 5) Momento de oscilación. 6) Momento de inercia.

Fuerza de frenada

Si a un vehículo en movimiento se le aplica una fuerza de frenada de menor intensidad que la fuerza de impulsión que posee, provoca que el vehículo se desplace con menor velocidad; sin embargo, si se le aplica una fuerza mayor a la de impulsión producirá el bloqueo de la rueda e impedirá el rozamiento de los elementos frenantes entre sí perdiendo la direccionabilidad del vehículo y en consecuencia, el control del mismo.

Por tanto, la fuerza de frenado debe ser lo más enérgica posible para conseguir unas distancias de parada reducidas sin que por ello se produzca, en ningún caso, el bloqueo de ninguna de las ruedas mientras el vehículo está en movimiento, ya que en esta circunstancia el vehículo no se puede dirigir. Para ello, debe estar en consonancia con la adherencia del neumático, que está directamente relacionada con el reparto de pesos y la transferencia de los mismos que se produce durante la frenada; así, en vehículos automóviles hay que aplicar en la mayoría de los casos mayor fuerza de frenada sobre el eje delantero, puesto que disponen de un mayor peso además de la transferencia de pesos que se produce durante la frenada. Además, los vehículos disponen de sistemas que modifican la fuerza de frenado sobre las ruedas traseras en función de la carga del eje.

Sistemas que gestionan la fuerza de frenada

La introducción de la electrónica en la gestión de los diferentes sistemas del vehículo, ha posibilitado la aparición de numerosos dispositivos que controlan la frenada tales como: ABS, ABD, BAS, DBC, EBD, EBV, ESP, etc.

En esta misma línea, los sistemas inteligentes de frenada de emergencia asistida son ya un complemento de los dispositivos ABS y de los diversos repartidores electrónicos de frenada en función de la carga y la posición de las ruedas delanteras. En general, se trata de sistemas especialmente indicados para situaciones en las que existe duda al frenar o se levanta ligeramente el pie del pedal de freno (desaprovechando la frenada). En su funcionamiento, una vez que se detecta que el conductor desea realizar una frenada de emergencia (mediante un sensor que mide la velocidad de desplazamiento del pedal de freno), se ejerce una presión suplementaria en el circuito hidráulico que garantiza una frenada potente independientemente de que se levante el pie o de que no se pise el pedal con la fuerza necesaria. El sistema interrumpe su funcionamiento cuando el conductor levanta completamente el pie del pedal de freno.

A continuación se describen los sistemas más habituales de control de frenada que requieren la activación del sistema de frenos para su funcionamiento.

ABS (*Anti-lock Braking System* o *Antiblokiersystem*). Sistema antibloqueo de frenos. Actúa cuando existe accionamiento del sistema de frenos. Evita que las ruedas se blo-

© Ediciones Paraninfo

queen mientras el vehículo está en movimiento, incluso en el caso de frenado de emergencia manteniendo la direccionabilidad del vehículo.

El sistema ABS aporta grandes ventajas en lo que se refiere a la seguridad de marcha: evita, incluso sobre calzada resbaladiza, que las ruedas se bloqueen al frenar a fondo. Confiere seguridad tanto sobre firme seco como en calzada húmeda o helada, garantizando una deceleración máxima, a la vez que estabilidad direccional y la plena maniobrabilidad del vehículo.

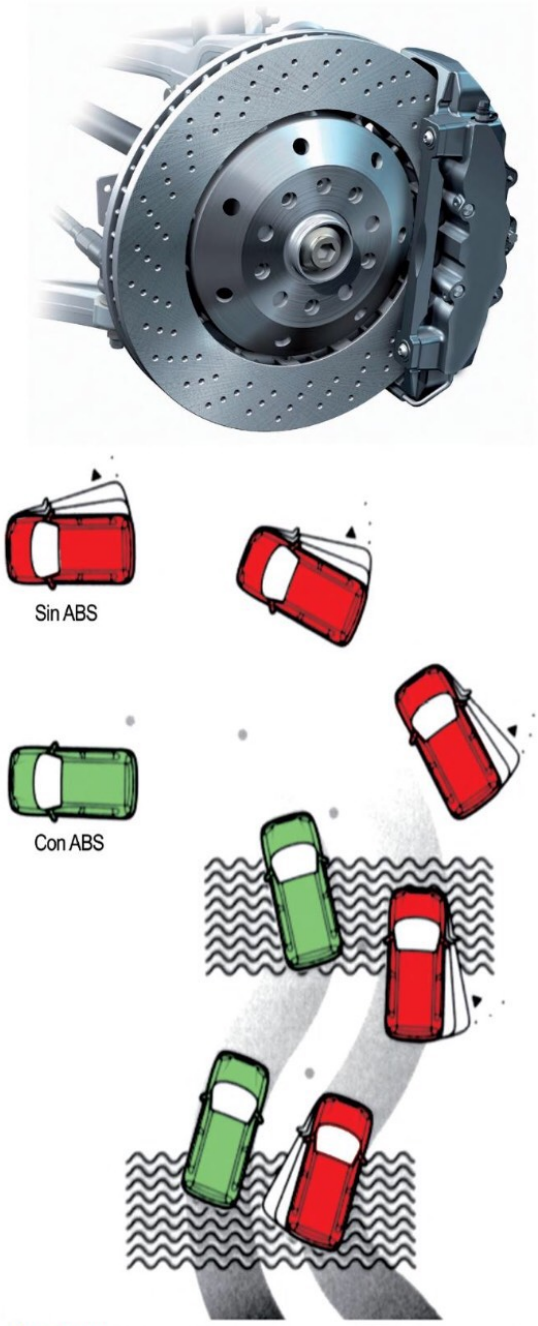


Figura 6.10. **Frenos delanteros de un Audi R8 y esquema de funcionamiento del ABS.**

BAS (*Brake Assistance System*). Sistema de asistencia a la frenada. Refuerza la presión de frenada cuando detecta un "pisotón" violento sobre el pedal de freno, manteniendo dicha presión mientras no se levante el pie completamente del pedal. Al pisar el freno violentamente, el sistema considera que existe una frenada de emergencia y que ha podido resbalar ligeramente el pie del conductor, por eso mantiene la frenada hasta que no se desactive completamente el pedal.

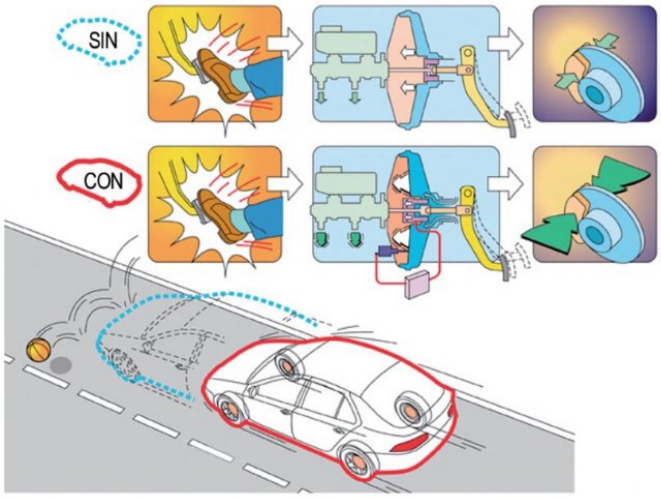


Figura 6.11. **Simulación de la frenada de un vehículo con y sin BAS.**

EBD y EBV (*Electronic Brake-force Distribution*). Distribución electrónica de la fuerza de frenado. Actúa cuando existe accionamiento del sistema de frenos. Es un sistema de seguridad activa que distribuye la fuerza de frenado entre cada eje en función de la carga del vehículo o el estado de la calzada. Actúa, generalmente, en combinación con el ABS.

ESP (*Electronic Stability Program*). Actúa sin que exista accionamiento del sistema de frenos. Programa electrónico de estabilidad que frena selectivamente las ruedas para estabilizar el vehículo en situaciones de marcha difíciles. Mejora el comportamiento en curvas, actuando conjuntamente con el ABS y el control de tracción, de tal forma que el ABS proporciona la estabilidad durante el frenado, el ASR al acelerar, y el ESP ayuda al conductor a dominar el vehículo cuando este tiende a producir efectos subviradores o sobreviradores que podrían ocasionar una salida de la calzada. Hay que tener en cuenta que el ESP no podrá evitar que el vehículo se salga de su trayectoria cuando la velocidad es inapropiada o cuando hay poca adherencia (Figura 6.12).

Cuando un vehículo tiende a producir un subviraje, el sistema ESP actúa frenando la rueda interior trasera e interviene sobre la gestión del motor autónomamente, con ello se consigue anular la citada tendencia y, por tanto, que el vehículo vuelva a la trayectoria marcada por el conductor (Figura 6.13).

© Ediciones Paraninfo

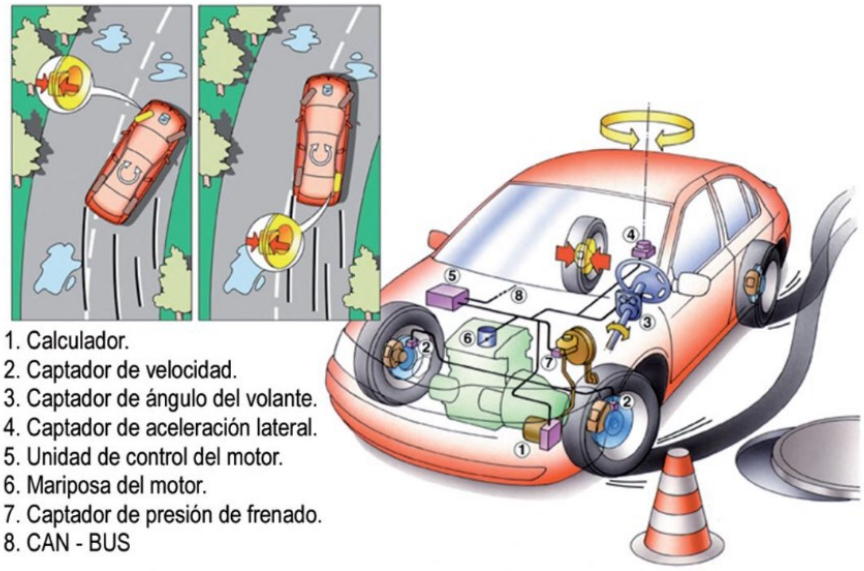


Figura 6.12. Esquema de los componentes del sistema ESP y cuadro de actuaciones.

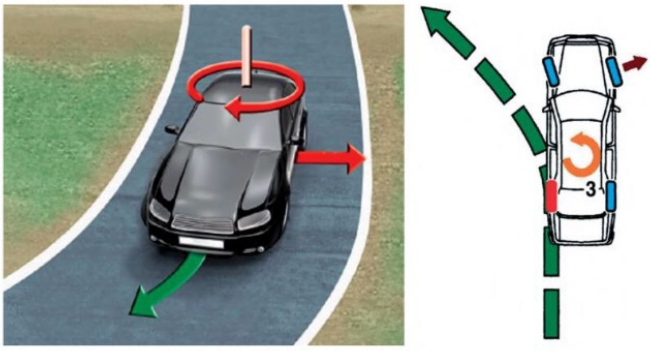


Figura 6.13. El sistema ESP corrige el efecto subvirador frenando la rueda trasera interior.

Cuando el vehículo tiende a sobrevirar, el sistema actúa frenando la rueda delantera exterior e interviene en la gestión del motor. Con ello se consigue que el vehículo vuelve a recuperar su trayectoria original.

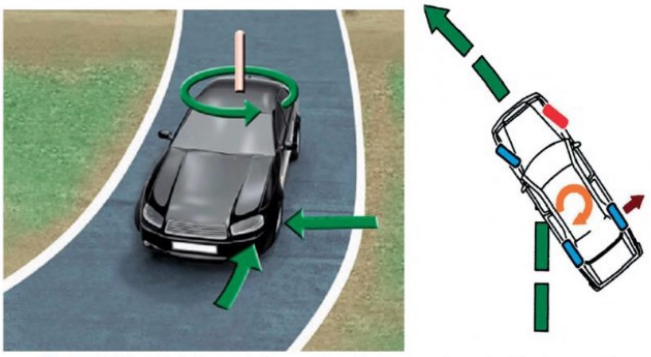


Figura 6.14. El sistema ESP corrige el efecto sobrevirador frenando la rueda delantera exterior.

6.2.3. Sistema de dirección

La dirección debe funcionar con suavidad y de forma precisa. A fin de garantizar estas cualidades, el sistema de servoasistencia multiplica la fuerza ejercida sobre el volante al tomar una curva. Además, la dirección ha de informar al conductor acerca del ángulo de viraje de las ruedas a través del comportamiento dinámico del vehículo.

No debe estar expuesta ni a influencias de tracción ni de suspensión, por ello la cinemática de dirección debe adaptarse óptimamente a las características de construcción del eje delantero, para prevenir los efectos de la compresión y descompresión de los muelles de suspensión.

A continuación se relacionan algunos sistemas de optimización de la dirección que equipan ciertos vehículos:

- Dirección de relación variable (con una relación más directa para los pequeños ángulos de giro). En general las direcciones equipan distintos mecanismos de dirección, los cuales se diferencian entre sí (a parte de las características propiamente constructivas) por la desmultiplicación y el diagrama característico de servoasistencia (Figura 6.15).
- Servodirección con asistencia variable en función de la velocidad. Para aumentar el confort y mejorar la sensibilidad en la conducción, resulta especialmente ventajosa la adaptación de las fuerzas de asistencia a la velocidad de marcha: elevadas fuerzas auxiliares al circular por ciudad, y una servoasistencia reducida al aumentar la velocidad (Figura 6.16).

Algunas marcas han mejorado la direccionabilidad del vehículo mediante la implantación de sistemas en los que también al actuar sobre el volante se produce el giro simul-

© Ediciones Paraninfo

Figura 6.15. Dirección con asistencia eléctrica variable.

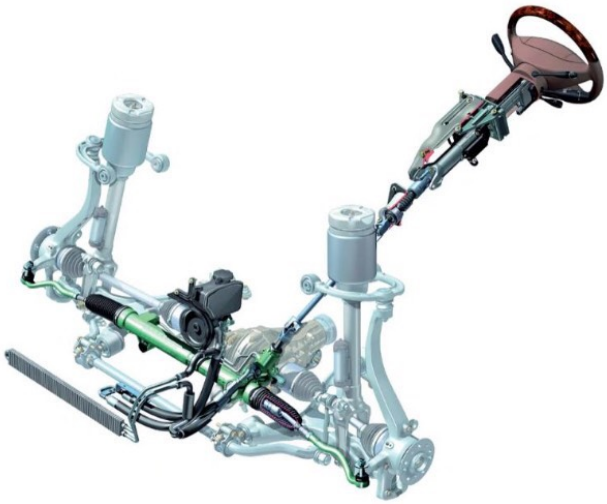


Figura 6.16. Dirección con asistencia hidráulica variable.

táneo de las ruedas delanteras y traseras, aunque lógicamente el de estas últimas ofrece un ángulo mucho menor. Además, el sentido de orientación de las ruedas traseras es modificado en función de la velocidad del vehículo. Por debajo de 60 km/h las ruedas traseras giran en sentido contrario a las delanteras para mejorar la maniobrabilidad, por encima de esa velocidad, las ruedas traseras giran en el mismo sentido que las delanteras ofreciendo un paso por curva más cómodo, rápido y seguro.

Figura 6.17. En el sistema de dirección a las cuatro ruedas de Renault, las ruedas traseras se orientan en el sentido contrario a las delanteras cuando el vehículo circula a baja velocidad.

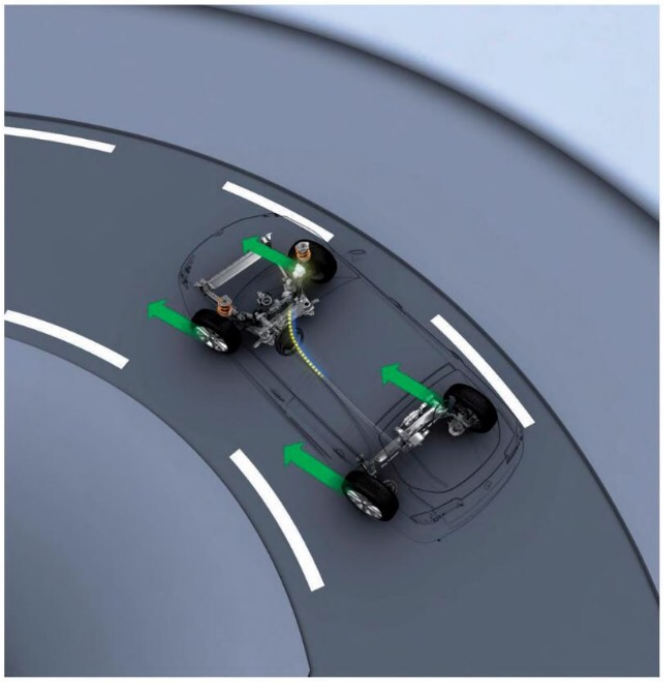


Figura 6.18. Cuando el vehículo circula a más de 60 km/h, las ruedas traseras se orientan en el mismo sentido que las delanteras.

6.2.4. Sistema de transmisión

Con la aparición de los nuevos dispositivos automáticos (principalmente en el embrague y en el cambio), se evitan los movimientos de coordinación en el proceso de selección y ejecución del cambio, lo que repercute de forma directa en una mayor disponibilidad para la concentración en la conducción. Actualmente, la evolución técnica ha hecho posible uno de los sueños de los diseñadores: "el cambio progresivo sin escalonamiento", aunque la limita-

© Ediciones Paraninfo

ción a esta técnica se encuentra en la potencia de los motores (sobre todo en la categoría media). Como se ha referido anteriormente, la expansión generalizada de la electrónica como núcleo de gestión de los diferentes sistemas del automóvil se confirma una vez más en estos conjuntos, con aplicaciones como:

- Embragues de control electrónico.
- Cambio de control electrónico.
- Dispositivos antideslizamiento.
- Tracción total de control electrónico.
- Control electrónico de la tracción.

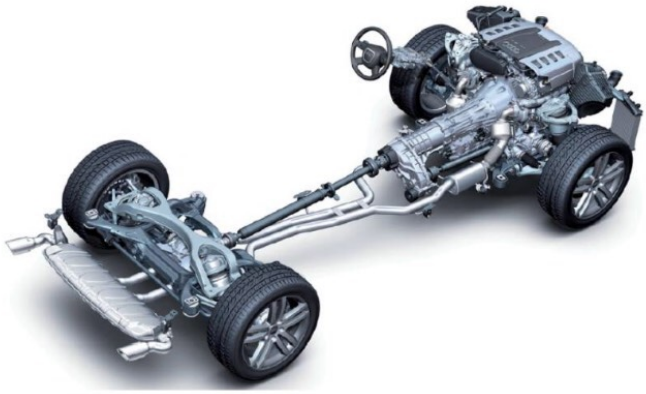


Figura 6.19. Elementos de transmisión de un vehículo Audi.

La función más importante de la transmisión es proporcionar la máxima capacidad de tracción. Sin embargo, una cifra de potencia elevada o un firme especialmente deslizante pueden llegar a condicionar gravemente la motricidad de un automóvil. Los controles de tracción, desarrollados por la mayoría de los fabricantes, representan un notable avance por lo que se refiere a seguridad activa.

Los sistemas de control de la tracción tienen como objetivo el de evitar el patinamiento de una o más ruedas por pérdida de tracción.

Uno de los inconvenientes que presentan los diferenciales convencionales (los más utilizados en la actualidad) radica en que cuando una de las ruedas motrices pierde adherencia el vehículo no se puede desplazar, ya que es a esa rueda a la que el sistema de transmisión envía todo el movimiento. Para evitar este inconveniente (muy usual si se circula por calzadas especialmente deslizantes) se dispone de sistemas antideslizantes y diferenciales autoblocantes.

Los sistemas antideslizantes evitan el patinaje de las ruedas motrices disminuyendo la potencia aplicada por el motor o incluso frenando las ruedas que patinen.

En cambio, los diferenciales autoblocantes actúan anulando el efecto diferencial cuando una de las ruedas motrices patina, de esta forma, cuando el vehículo toma una curva el dispositivo permite actuar como un diferencial convencional al existir una pequeña diferencia de velocidad entre las ruedas de un mismo eje. Ahora bien, cuando la diferencia de velocidad es muy elevada (en caso de patinaje), el dispositivo envía parte o la totalidad del movimiento a la rueda que presenta mejor adherencia. Este tipo de diferenciales pueden montarse en cualquiera de los ejes motrices y pueden ser totalmente mecánicos.

Figura 6.20. Diferenciales autoblocantes.

Por otro lado, resulta obvio que cuatro ruedas motrices consiguen un mayor poder de tracción que dos (especialmente en terreno poco adherente). Tradicionalmente, su empleo estaba indicado en vehículos que circulaban habitualmente por terrenos resbaladizos, aunque también existen fabricantes que lo incorporan en vehículos cuya circulación se prevé que sea por firmes asfaltados, ya que aportan una gran estabilidad a la conducción bajo cualquier circunstancia (especialmente en vehículos muy potentes).

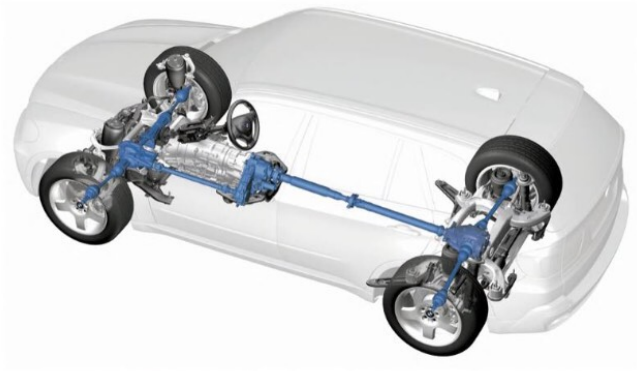


Figura 6.21. Tracción a las cuatro ruedas.

© Ediciones Paraninfo

Sistemas que gestionan la tracción electrónicamente

Entre los sistemas electrónicos de control de tracción más extendidos pueden citarse: el ASC+T, TRACS, ATTS, ASR, entre otros.

ASR (*Anti-Slip Regulation*). Es un sistema que consigue un control activo de estabilidad y de tracción impidiendo que las ruedas patinen y se deslicen, garantizando siempre la máxima estabilidad. En situaciones de escasa tracción sobre calzadas húmedas o nevadas reduce la potencia del motor o aplicar presión de frenado a la rueda que no tiene adherencia, impidiendo que las ruedas motrices patinen. Suele actuar conjuntamente con el ABS, de tal manera que la centralita del ABS comprueba el número de revoluciones de las ruedas y en función de dicho número la centralita ASR decide la intervención más adecuada.

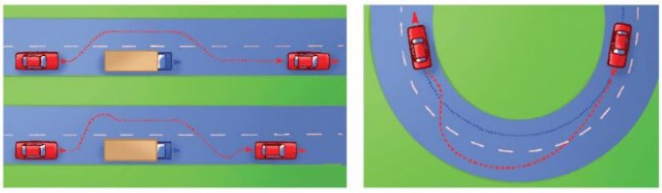


Figura 6.22. Comparativa de la trayectoria de dos vehículos en circunstancias de poca adherencia, uno de ellos con ASR y otro sin él.

EDS (*Electronic Diferencial Slippery*). Funciona sin la acción del sistema de frenos. Cuando una rueda motriz pierde capacidad de tracción, el diferencial convencional dará movimiento a dicha rueda impidiendo el desplazamiento del vehículo. En esta situación, el sistema EDS actúa aplicando presión de frenada a la rueda que se queda sin tracción para permitir que el vehículo recupere el movimiento y cesará su efecto cuando ambas ruedas recuperen la tracción.

MSR (Regulación de par de arrastre del motor). Actúa sin la acción del sistema de frenos. Cuando se levanta el pie del acelerador, se produce una retención que si resulta brusca se produce una carga sobre el eje delantero que puede provocar en suelos poco adherentes el bloqueo de las ruedas delanteras, en esta situación, la unidad de control de ABS envía una señal a la unidad de control del motor para que abra ligeramente la mariposa del acelerador y evite el bloqueo de dichas ruedas.

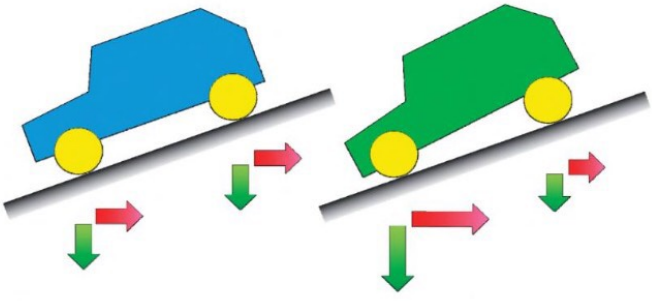


Figura 6.23. El MSR actúa sobre la mariposa del acelerador para evitar que las retenciones sean bruscas.

6.2.5. Motor

El motor representa un eslabón más dentro de la cadena articulada de la seguridad activa que permite al conductor la posibilidad de utilizar toda la potencia del vehículo en situaciones comprometidas. Incide de forma decisiva en la capacidad de recuperación del vehículo; por lo que evidentemente, cuanto mejores prestaciones tenga el motor, mayor será la capacidad de respuesta. Normalmente, la relación entre peso y potencia de los vehículos suele estar muy equilibrada para no penalizar los consumos. Otro factor directamente relacionado con el poder de recuperación es la cuidada relación del cambio, que debe garantizar la correcta elección de la relación adecuada a cada situación de marcha, permitiendo con ello que el motor funcione siempre entre su par y potencia máxima para conseguir unas prestaciones óptimas (a ello contribuye también el alto grado de elasticidad que presentan los motores actuales).

Figura 6.24. Motor.

6.2.6. Neumáticos

El neumático es un órgano de seguridad y confortabilidad, y único lazo de unión entre el suelo y el vehículo. Tiene como funciones principales:

- Soportar el peso del vehículo.
- Transmitir la potencia del motor.
- Dirigir el vehículo.
- Contribuir en la estabilidad, frenado y suspensión del vehículo.

Por todas estas razones el neumático se convierte en un elemento vital en la seguridad, de ahí que detrás de un neumático se esconda una gran tecnología que garantiza las condiciones de seguridad en términos más que aceptables. Si se analizan las condiciones de trabajo a las que se someten los neumáticos (golpes, aceleraciones, frenazos, etc.) durante miles de kilómetros, se puede comprender la calidad del elemento en cuestión.

© Ediciones Paraninfo

Los criterios esenciales para evaluar la calidad de un neumático son la adherencia en calzada seca y la suavidad de rodadura, las fuerzas y la precisión direccionales, las cualidades de marcha rectilínea, la estabilidad en curva así como la vida útil y la rentabilidad. En su flanco se encuentran inscritas las medidas y las características de utilización.

Figura 6.25. Partes de un neumático.

Teniendo en cuenta los riesgos que puede implicar la fuga lenta de aire (viene a representar el 80 % de los casos de pinchazo) que pueden traducirse en una alteración grave de la estabilidad, el frenado, el consumo, y en general, en las prestaciones globales del vehículo, resulta novedoso la aparición de ciertos sistemas que mejoran las prestaciones del neumático, como:

- Sistema antipinchazos. Realmente la descripción "antipinchazo" es errónea en la mayoría de los casos, puesto que el pinchazo no se puede evitar. Normalmente este tipo de neumáticos se denominan Run-Flat cuya traducción literal significa "rodaje sin presión". Este sistema permite al neumático circular sin aire y sin desllantar durante algunos kilómetros.

Existen dos sistemas de neumáticos "antipinchazos":

- Neumáticos autoportantes con las paredes de los flancos reforzadas.
- Neumáticos que incorporan un anillo soporte en el interior de la cubierta.

Realmente estos sistemas permiten rodar sin presión durante una distancia y velocidad limitada por lo que deben ir asociados a un sistema de control electrónico de presión y a una llanta especial que evite el desllantado (Figuras 6.26 y 6.27).

Sistemas de control de la presión de los neumáticos

La presión en los neumáticos es un parámetro esencial en la seguridad activa. No hay que olvidar que una presión de aire excesivamente baja, a velocidad normal, puede provocar una pérdida de adherencia, un excesivo calentamiento de la cubierta, e incluso que se salga esta de la llanta. A velocidad más elevada puede provocar el reventón del neumático. En menor medida, las presiones inadecuadas provocan el desgaste prematuro del neumático, un aumento del consumo y un comportamiento de marcha distinto. Las presiones inadecuadas (bajas) suelen deberse a un mantenimiento deficiente o simplemente a un pinchazo con fuga lenta (80 % de los casos de pinchazo).

Figura 6.26. Imagen de un vehículo con neumático Run-Flat circulando sin presión.

Figura 6.27. Neumático Run-Flat con anillo soporte en el interior de la cubierta.

En los sistemas de vigilancia de la presión de los neumáticos, cada rueda posee un captador incorporado en la válvula que calcula permanentemente la presión interna del neumático. La información correspondiente se transmite luego a un ordenador por onda de radio codificada para identificar la rueda. El sistema transmite la información (con testigos luminosos, valores numéricos, o mediante un sintetizador de voz) si detecta una variación anormal en el volumen de aire o si este resulta insuficiente para circular con seguridad. Además, el sistema informa

© Ediciones Paraninfo

al conductor en cuanto se registra un defecto de presión, que puede ser un escape lento o sencillamente una presión incorrecta. Este sistema se sirve de un algoritmo de cálculo muy avanzado que permite distinguir un fallo real de presión de una simple variación de presión debida al trabajo del neumático (recalentamiento, enfriamiento, vehículo cargado, etc.) y a los cambios climáticos. Verifica también la correcta adecuación entre la presión de los neumáticos y la velocidad del vehículo e informa al conductor en caso necesario.

Otras evoluciones también suministran información sobre el agarre del neumático mediante la medición de las deformaciones del perfil (a través de finísimas capas de cuarzo). De esta forma pueden prevenirse posibles accidentes provocados por el *aquaplaning* o el hielo.

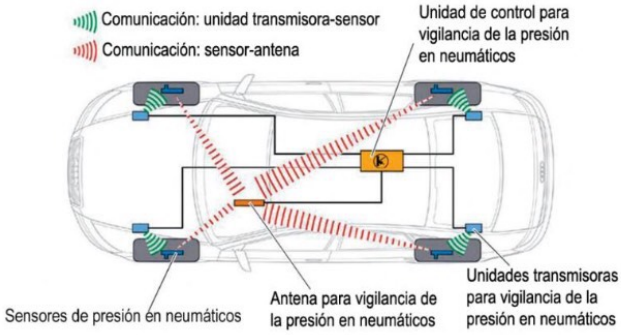


Figura 6.28. Control electrónico de presión de neumáticos.

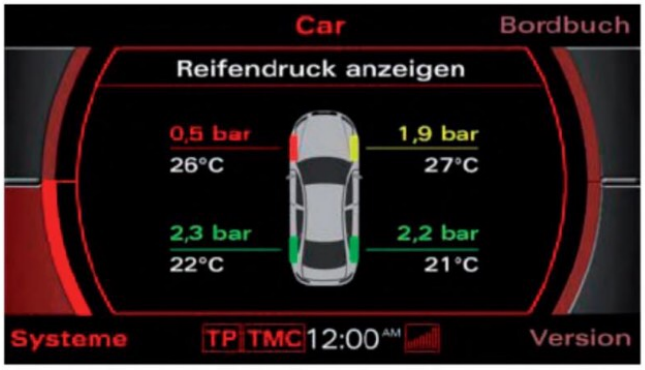


Figura 6.29. En el cuadro aparece el estado de las presiones de los neumáticos.

6.3. Desarrollo de sistemas de ayuda a la conducción

La prioridad que los constructores dedican al aspecto de la seguridad, lleva a los mismos a no escatimar medios para ofrecer unos productos que cada día consiguen más prestaciones alcanzando unos niveles muy altos de sofisticación.

Control de velocidad o guardadistancias

Se trata de un sistema fundamentalmente dedicado a mejorar el confort de conducción ya que permite mantener una velocidad de crucero constante y aplicar una corrección permanente y automática según las condiciones de circulación y los vehículos que circulan por delante a velocidad inferior. Un radar, instalado en la parte delantera del automóvil, analiza las condiciones de circulación de la carretera y detecta los demás objetos en movimiento. Se transmiten la distancia y la velocidad relativa de cada uno de esos objetos a un calculador que puede actuar directamente sobre el motor y los frenos para mantener en todo momento una distancia de seguridad suficiente en relación con el vehículo que está delante.

Figura 6.30. Vehículo con sistema de guardadistancias.

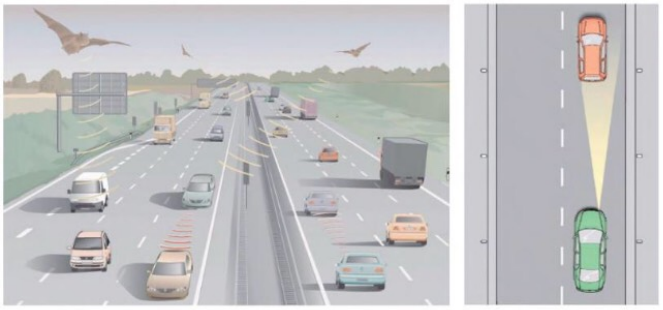


Figura 6.31. El sistema de guardadistancias localiza un vehículo más lento y establece una distancia de seguridad a base de reducir el par motor y si fuese necesario interviniendo moderadamente en los frenos. Una vez que desaparece el obstáculo vuelve a la velocidad preprogramada.

Estos dispositivos pueden actuar conjuntamente con el controlador de velocidad de crucero, de tal manera que, una vez superado el "peligro", el vehículo retoma automáticamente la velocidad a la que circulaba anteriormente. Otro dispositivo similar puede equiparse en la parte trasera del vehículo, de tal forma que cuando se detecta una velocidad excesiva del vehículo predecesor y una peligrosa reducción de la distancia de seguridad, el sistema "tensa" automáticamente los cinturones de seguridad en previsión de un impacto inminente.

© Ediciones Paraninfo

Figura 6.32. Elementos que componen el sistema guardadistancias de VW.

Sistema *Stop and go*

El sistema *Stop and go* aumenta el confort del conductor configurándose como un "piloto automático" ya que se hace cargo del movimiento del vehículo en su carril, especialmente en caso de embotellamiento. Para ello, el dispositivo frena y arranca el vehículo en lugar del conductor, a tal efecto se añaden al radar unos captadores de corto alcance instalados en los paragolpes. Más allá del confort procurado al conductor, el sistema permite incrementar la seguridad del automovilista y compensar sus faltas de atención a baja velocidad. Hay que tener en cuenta que los choques pequeños representan casi el 25 % de los accidentes.

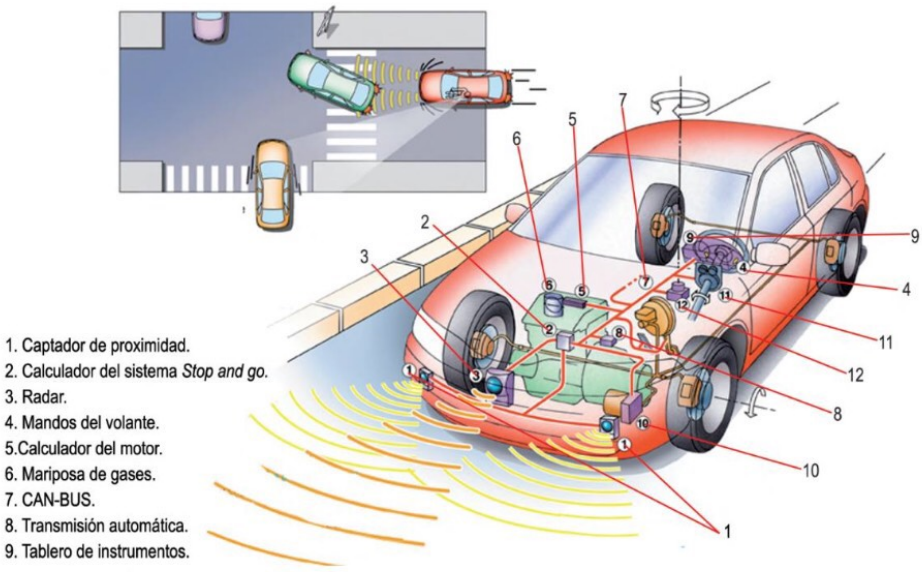


Figura 6.33. Componentes de un sistema *Stop and go*.

Sistema de alerta al rebasamiento involuntario de la línea

Sistema de Ayuda a la Gestión de Trayectoria (SAGE) (*Systéme d'Aide á la Gestion de Trajectoire*), o sistema de alerta al rebasamiento involuntario de línea (AFIL). Este sistema ayuda al conductor a mantener su rumbo identificando las líneas de la carretera y alertando al conductor de que el vehículo puede "salirse" de su carril. Constan de dispositivos que miden la posición del vehículo respecto a las líneas que delimitan el carril correspondiente. La medición se puede realizar mediante captadores o microcámaras dispuestas en el vehículo cuyas señales emitidas son interpretadas por una centralita de control. Cuando el vehículo se acerca demasiado a las líneas de referencia de la calzada con posibilidad de "rebasarlas", en algunos casos, un motor eléctrico produce unas vibraciones en el volante, en otros, la vibración se produce en el asiento del conductor. A su vez, algunos sistemas provocan un leve movimiento de corrección al volante para indicar en qué dirección debe efectuar la corrección, otros sistemas no actúan sobre la dirección sino que para identificar la dirección en la que debe realizar la corrección, se produce una vibración en el lado del asiento del conductor que corresponda. El sistema permite que el vehículo altere su trayectoria cuando el conductor desea cambiar de carril o salir de la calzada.

Aunque no todos los sistemas tienen la misma lógica de actuación, en general, el sistema se pone en marcha automáticamente en caso de sobrepasar una línea continua o discontinua siempre y cuando:

- La función no está inhibida.
- La velocidad sea superior a 80 km/h.
- Los intermitentes no hayan sido activados.
- El tiempo de reacción sea inferior a 200 ms.

© Ediciones Paraninfo

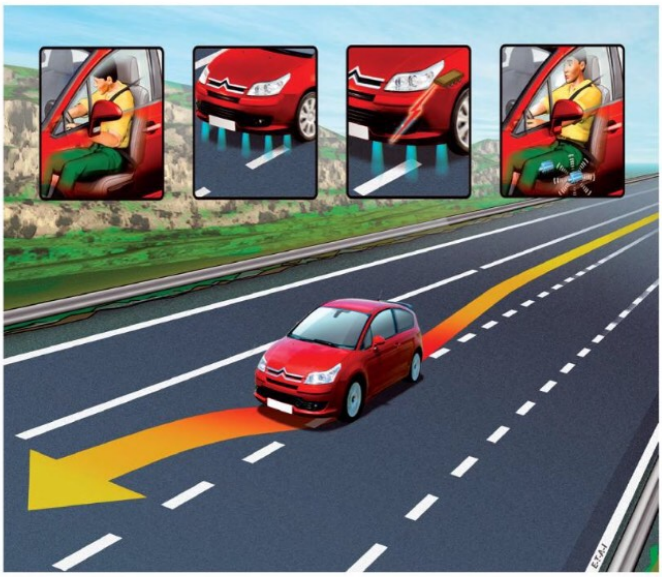


Figura 6.34. El sistema AFIL del grupo PSA detecta cuándo el vehículo ha rebasado un carril y alerta al conductor mediante una vibración en el asiento.

Asimismo, las nuevas tecnologías de comunicación utilizadas en los vehículos, como la telefonía móvil, los sistemas de navegación o los autorradios de última generación, son susceptibles de distraer a sus conductores. Para contrarrestar este hecho, los fabricantes trabajan sobre sistemas inteligentes que observan y controlan la somnolencia y pérdidas de atención del conductor. De momento, los sistemas se encuentran en vías de desarrollo, en concreto a través del proyecto SAVE. Su funcionamiento se basa en una unidad de observación que vigila los párpados del conductor, la presión de sus manos sobre el volante y observa su forma de circular durante la primera media hora de viaje. Una vez que ha detectado problemas, un sistema de aviso alerta con señales, mensajes y luces. También, advierte al resto de usuarios de la vía a través de los pilotos del vehículo. Si capta una situación muy peligrosa, se conecta el dispositivo de control automático, que conduce el automóvil hacia el arcén y lo detiene en condiciones de seguridad. Cuando se para, el sistema envía al centro de emergencia información vía satélite sobre la posición del vehículo, la salud de los ocupantes y la posible causa de la detención. El dispositivo de control se desconecta cuando el conductor ejerce la presión adecuada sobre el volante.

Para mantener la atención sobre la carretera se ha desarrollado un dispositivo denominado HUD (*Head Up Display*) cuya finalidad consiste en proyectar en la cara interna del parabrisas (utilizando un sistema óptico de lentes y espejos) la información de alerta o la del tablero de abordo, para que el conductor no tenga que apartar sus ojos de la carretera. Con este sistema se reduce a la mitad el tiempo de respuesta de un conductor en caso de emergencia.

Figura 6.35. Algunos vehículos pueden reflejar determinada información sobre el parabrisas.

6.4. Seguridad preventiva

En líneas generales, la seguridad preventiva engloba al conjunto de mejoras y dispositivos que determinan la configuración funcional y práctica del puesto de conducción, creando un entorno favorable, y que haga distensiva la estancia a bordo del vehículo para conseguir una conducción relajada y eficaz. El ambiente del habitáculo y el bienestar de sus ocupantes depende en gran medida de los siguientes factores:

- Calidad de los materiales.
- Sensación de seguridad en su diseño.
- Confortabilidad.
- Precisión de acabados.
- Temperatura agradable.

En esta línea, el habitáculo se diseña según criterios estrictamente ergonómicos y de seguridad, puesto que la buena manejabilidad de los instrumentos y una buena visibilidad omnidireccional contribuyen a evitar el cansancio del conductor y le facilitan el dominio del vehículo precisamente en situaciones precarias.

En general, en el conjunto de las medidas que tienden a facilitar la conducción cabe destacar:

- La visibilidad.
- La ergonomía.
- El confort.

6.4.1 La visibilidad

Este es un aspecto primordial en el diseño de los vehículos que garantiza una excelente seguridad en la conducción. Para ello hay que armonizar la resistencia del habitáculo con unas columnas o montantes delantero, central y trase-

© Ediciones Paraninfo

ro, de reducida sección para limitar lo menos posible la visibilidad lateral. La visión azimutal del conductor (referida a los 360º) es tanto más segura cuantos menos espacios o "ángulos" muertos ofrezca.

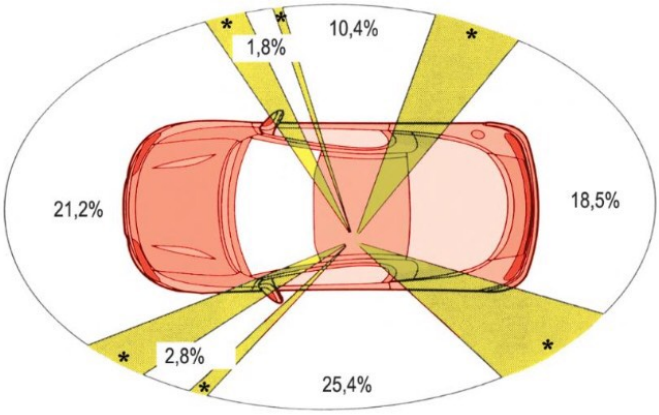


Figura 6.36. La figura muestra marcados con asterisco los ángulos muertos de visibilidad que tiene el conductor del vehículo tomado como ejemplo.

Uno de los sistemas que intervienen decisivamente en el grado de visibilidad del vehículo es el sistema de alumbrado. Este sistema adquiere una importancia vital, pues de él depende la capacidad para observar correctamente el entorno que rodea al vehículo en cualquier situación que dificulte la visión. Por otra parte, es tan importante ver, como ser visto. Señalar el vehículo (situación, maniobra, etc.) y proporcionar una buena iluminación durante la noche o cuando las circunstancias lo exijan (lluvia, túnel, etc.) se ha convertido desde hace tiempo en un reto. En este sentido, los proyectores delanteros deben garantizar una perfecta visión incluso en condiciones atmosféricas adversas, sin deslumbrar a los vehículos que circulan en dirección contraria. Unos buenos pilotos traseros (de luz potente y amplia superficie) permiten localizar fácilmente al vehículo sin padecer molestos deslumbramientos.

Figura 6.37. Alumbrado delantero.

Figura 6.38. Alumbrado trasero.

Los proyectores denominados de xenon se caracterizan por una eficacia excepcional (doble intensidad de las lámparas halógenas normales con un consumo menor) y por una mayor amplitud y facilidad de regulación del haz de luz, acompañada por una temperatura del color que se acerca mucho al blanco puro (que garantiza una perfecta visibilidad). Los proyectores incorporan un sistema corrector dinámico automático de altura del haz para compensar las variaciones debidas a la carga del vehículo y las aceleraciones o frenadas. Aunque el sistema actualmente más innovador viene representado por la iluminación a través de diodos led que proporcionan una gran iluminación con un consumo eléctrico muy inferior a las tecnologías utilizadas tradicionalmente.

Figura 6.39. Faro iluminado por tecnología led.

Figura 6.40. Faro dotado de lámparas de xenon.

© Ediciones Paraninfo

Con los sistemas de iluminación adaptada, se pretende obtener el ajuste automático del haz de luz (sin la intervención del conductor) en función de las condiciones exteriores. En esta línea, estos sistemas se basan en la existencia de varios haces de luz diferentes que se activan cuando lo determina una unidad central que procesa la información recibida a través de una serie de sensores de: velocidad, ángulo de giro, aceleración y posición geográfica.

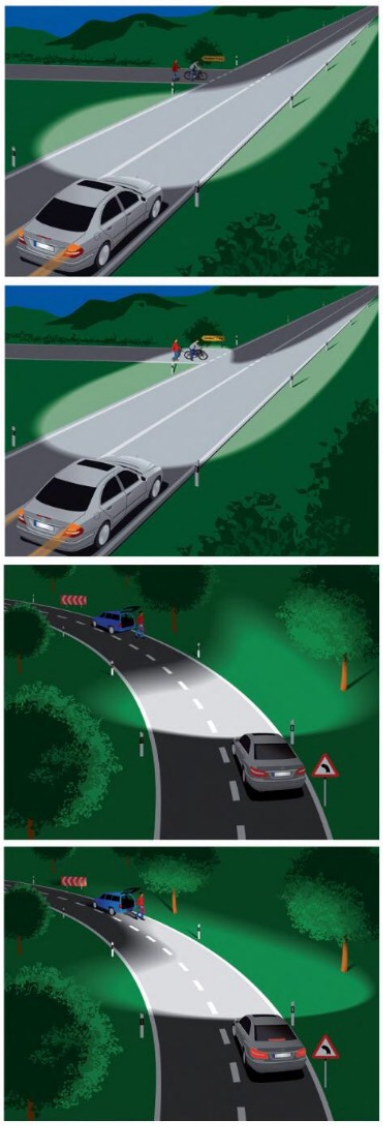


Figura 6.41. Sistemas de iluminación inteligente.

Cada vez es más frecuentes que los vehículos incorporen un sistema de detección de fallos en las lámparas de los faros y pilotos traseros para alertar al conductor sobre dicha anomalía e incluso en determinadas ocasiones ofrecen la posibilidad además de alertar al conductor sobre la bombilla concreta que ha dejado de funcionar, pueden poner en funcionamiento otra bombilla a modo de función sustitutoria. Por ejemplo, deja de funcionar la luz de posición de un piloto trasero, en esta situación, alerta al conductor y pone el sistema por sí solo en funcionamiento las luces de freno con una intensidad idéntica a las de posición hasta que se corrija la citada avería. Las luces de freno siguen funcionando con su intensidad correspondiente. La detección de la anomalía es posible gracias a un dispositivo electrónico de control que mide y compara continuamente el consumo eléctrico efectivo con un valor predeterminado. Si se funde una lámpara se produce una diferencia apreciable, que es señalizada mediante un mensaje o piloto situado en el cuadro de instrumentos.

Figura 6.42. El vehículo fotografiado alerta al conductor de que el piloto trasero izquierdo no funciona y de que se ha activado la luz de reposición.

Para garantizar una buena iluminación de los grupos ópticos delanteros, se utilizan en determinados vehículos los dispositivos lavafaros.

Figura 6.43. Vehículo con dispositivo lavafaros.

Existen cristales que absorben el calor y contribuyen a crear dentro del vehículo condiciones de conducción ideales. Unos parabrisas tintados tradicionales reflejan hacia afuera el 5 % de los rayos solares, el resto de los rayos

© Ediciones Paraninfo

transmiten luz y calor hacia dentro de la cabina de pasajeros. Con los parabrisas de nueva tecnología, con capa termorreflectante, se dota a los vehículos de un producto que filtra el 30 % de los rayos responsables del calentamiento del coche, a la vez que permiten el paso al 100 % de los rayos visibles.

Figura 6.44. Los cristales del vehículo pueden llegar a filtrar hasta el 30 % de los rayos responsables del calentamiento del vehículo sin que por ello se penalice la visibilidad.

Utilización de retrovisores interiores y exteriores "electrocromo", que se oscurecen de forma progresiva cuando la luminosidad se torna más fuerte, y permite evitar de noche el fenómeno de deslumbramiento provocado por los vehículos que circulan por detrás. El dispositivo cuenta con unos fotosensores (situados de forma opuesta) a través de los cuales el sistema electrónico detecta la diferencia de luz entre la parte delantera y trasera del espejo. Si la incidencia de luz trasera es superior a la delantera, el cristal se oscurece. Además algunos de ellos disponen de una cámara de vigilancia para el aparcamiento cuya pantalla se encuentra en el retrovisor.

Figura 6.45. Retrovisor provisto de pantalla que proyecta la parte inferior trasera del vehículo.

6.4.2 Ergonomía

Los diseñadores invierten muchos recursos en lograr construir la esfera ergonómica mediante la cual los accionadores se sitúen al alcance de la mano de un pasajero de talla media; y no es tarea fácil, porque además hay que integrar los dispositivos agrupándolos por funciones: dando prioridad a los elementos de seguridad, luego a los de control, después a los de confort y por último a los accesorios.

Parece sencillo, pero el disponer una postura relajada al volante es el primer paso para garantizar la seguridad. En caso contrario, la incomodidad mantenida en un desplazamiento puede conllevar a una pérdida de atención y como consecuencia de ello un grave accidente.

Figura 6.46. El interior debe ser ergonómico y confortable, los mandos deben estar al alcance del conductor sin que su activación lleve consigo la pérdida de visión frontal.

Algunos de los aspectos que más han de tenerse en cuenta son:

Diseño ergonómico del salpicadero y grupo de pedales. Es muy importante que todos los elementos de mando, señalización e información se encuentren fácilmente al alcance del conductor, con una gráfica rápidamente comprensible para que en su accionamiento o lectura no haya que desplazar prácticamente la vista de la carretera. Los mandos han de ser suaves en su accionamiento y tener buen acceso, los indicadores y testigos deben ser de fácil y rápida lectura.

Los mandos situados en el volante aportan un mayor grado de seguridad al evitar desplazar la vista para manejarlos.

Figura 6.47. Los mandos, interruptores e indicadores deben estar al alcance del conductor.

© Ediciones Paraninfo

Asientos ergonómicos. Para una conducción segura y controlada, la comodidad del asiento es muy importante, o incluso vital. En este sentido, los fabricantes tienen una política de innovaciones y pruebas continuas para aumentar la calidad y el confort de sus asientos, lo que da lugar a desarrollos como: control de desplazamiento eléctrico, regulación electrónica longitudinal, en altura y lumbar (con memoria), calefacción, etc.; el grado de solidez del cojín, el nivel de sujeción lateral y soporte lumbar del respaldo, deben asegurar una adecuada comodidad incluso para viajes largos evitando la fatiga prematura. Este hecho es especialmente importante, ya que los experimentos demuestran que la compleja morfología del ser humano tiene muchos factores diferentes que influyen en la misma medida que el peso, como son: la densidad, el tono muscular y la postura sentada; por lo que se hace necesario un elevado número de posibilidades de regulación. También se presta atención a la eliminación de fuentes de posibles crujidos, y a seleccionar tapizados que puedan crear un entorno luminoso, acogedor y protector.

Asimismo, los asientos más innovadores regulan su temperatura y nivel de transpirabilidad mediante sistemas de calefacción y ventilación activa respectivamente, que enfrían la tapicería aunque la temperatura exterior sea muy alta. También incorporan cámaras de aire lumbares u otras que dan masajes a las vértebras.

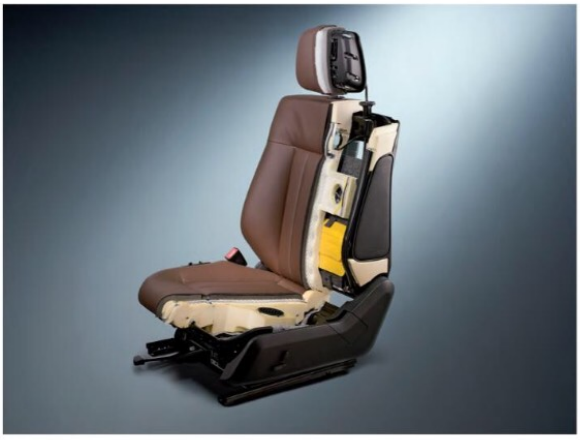


Figura 6.48. Asientos ergonómicos con múltiples reglajes.

6.4.3 El confort

El confort de marcha es un aspecto muy cuidado, y su evolución tiene en cuenta que tampoco conviene prescindir por completo de ruidos y sensaciones de desigualdad de la calzada. Un excesivo confort aísla demasiado al conductor de su entorno, lo que puede provocar una falta de recepción de informaciones importantes. Entre las medidas que influyen de forma decisiva en un adecuado confort de marcha destacan:

- La amplitud del habitáculo. Basada, a parte de otros detalles estéticos, en parámetros tan significativos como una adecuada amplitud en las plazas delanteras y traseras, que permitan situarse cómodamente en cada una de las plazas sin sensación de "agobio".

Figura 6.49. El interior debe ser amplio y confortable.

Para evaluar la habitabilidad y la posición de conducción, tan importantes para conseguir una sensación de bienestar, se reproducen y se relacionan entre sí la postura del conductor y de los pasajeros que se sientan detrás, utilizando un modelo matemático que simula las condiciones de uso del vehículo.

© Ediciones Paraninfo

Asimismo, la iluminación interior del cuadro de instrumentos, aparte de ser los más completa posible y ser perfectamente legible sin ningún esfuerzo, debe tener una tonalidad no "agresiva" que no rompa la armonía y sensación de confort interior.

Figura 6.50. **La iluminación del cuadro debe ser completa y legible a simple vista.**

- Confort acústico. Actualmente la acústica del automóvil representa una de las materias más importantes en la fase de diseño y experimentación de un nuevo modelo: niveles vibratorios, frecuencias de resonancias, comportamiento de conjuntos voluminosos como la carrocería, etc. De hecho, llegar a "dominar" los ruidos es una tarea difícil ya que el vehículo es un conjunto de múltiples funciones y piezas, cuya interacción debe estudiarse para tender hacia una intensidad mínima del nivel de ruido y una calidad acústica óptima. El objeto de la acústica consiste en determinar con precisión cada uno de los ruidos (sus fuentes y sus interferencias) a fin de controlarlos mejor; para lo cual se recurre a bancos de ensayo.
- La reducción del nivel de ruido se consigue utilizando material insonorizante en las fuentes que lo provocan, y evitando la cadena de transmisión y amplificación de posibles ruidos existentes durante la marcha del vehículo a través de los perfiles de la carrocería.
- Climatización idónea. Uno de los argumentos fundamentales que inciden de forma notable a crear condiciones de viaje ideales es el sistema de climatización del habitáculo de pasajeros. Su función es la de mantener el nivel de humedad y la temperatura dentro de los límites idóneos para los ocupantes del habitáculo. Conviene tener en cuenta que el calor tiene un efecto negativo en el estado de alerta del conductor, aumenta el número de errores y reduce los reflejos, aumenta el estrés que se manifiesta mediante un aumento del ritmo cardíaco.

Figura 6.51. **Un buen sistema de climatización reduce el estrés y mantiene los reflejos.**

© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

Seguridad activa, seguridad preventiva y sistemas de ayuda a la conducción

CUESTIONES

6.1. ¿Qué es la seguridad activa?

6.2. Describe los efectos de subviraje y sobreviraje.

6.3. Explica qué sistema de seguridad evita que se produzcan tales efectos.

6.4. Describe la forma de actuar del sistema ESP.

6.5. ¿De qué factores depende la adherencia y cuáles son los sistemas o elementos que intervienen para mejorarla?

6.6. Enumera cinco sistemas de seguridad activa.

6.7. ¿Cuáles son las diferentes funciones de los neumáticos?

6.8. Describe brevemente la función de cada uno de los sistemas que a continuación se citan.

- ABS.
- ASR.
- BAS.
- MSR.
- Suspensión electrónica.

6.9. ¿Por qué en determinados sistemas de dirección a las cuatro ruedas, las ruedas traseras cambian su orientación con respecto a las delanteras en función de la velocidad?

6.10. ¿En qué consiste el sistema EDS y cómo actúa?

6.11. ¿Cuáles son las funciones principales de los neumáticos?

6.12. Describe en qué consiste el sistema Runt Flat.

6.13. Enumera tres sistemas distintos de ayuda a la conducción.

6.14. ¿Qué factores tienen en cuenta los dispositivos de seguridad preventiva?

6.15. ¿Qué factores se destacan con respecto al confort de marcha?

6.16. ¿Qué efectos se producen en el conductor cuando la temperatura del habitáculo es excesivamente alta o baja?

6.17. ¿Qué ventajas tiene la iluminación por tecnología led?

6.18. ¿Cuándo deja de actuar el sistema antirrebasamiento involuntario de línea?

6.19. ¿Cómo actúa el sistema guardadistancias?

6.20. ¿Por qué el motor también representa un sistema de seguridad activa?

© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

Seguridad activa, seguridad preventiva y sistemas de ayuda a la conducción

ACTIVIDADES PROPUESTAS

6.1. Enumera los diferentes dispositivos de seguridad activa de un vehículo actual y compáralos con otro de hace 10 años. Escribe tus conclusiones.

6.2. Enumera los diferentes dispositivos de seguridad preventiva de un vehículo actual y compáralos con otro de hace 10 años. Escribe tus conclusiones.

6.3. Busca en las direcciones web de las empresas que están en la página de agradecimientos y anota cinco modelos de vehículos distintos que dispongan de tecnología led para la iluminación del vehículo.

6.4. Busca en las direcciones web de las empresas que están en la página de agradecimientos y anota cinco modelos de vehículos distintos que dispongan de sistemas antirrebasamiento involuntario de línea. Localiza un esquema de cada uno de ellos y el posicionamiento de los componentes.

6.5. Busca en las direcciones web de las empresas que están en la página de agradecimientos y anota cinco modelos de vehículos distintos que dispongan de sistemas de suspensión con control electrónico.

6.6. Busca en internet o en revistas del sector artículos de opinión sobre el sistema MSR y anota tus conclusiones.

6.7. Busca en las direcciones web de las empresas que están en la página de agradecimientos y anota cinco modelos de vehículos distintos que dispongan de diferenciales autoblocantes. Localiza un esquema o fotografía de cada sistema.

6.8. Busca en internet o en revistas y anota cinco vehículos (sin ser todoterreno) con tracción a las cuatro ruedas. Localiza una fotografía o esquema de cada uno de ellos.

6.9. Busca en internet o en revistas y anota tres vehículos con dirección a las cuatro ruedas. Localiza un esquema o fotografía de cada uno de ellos.

6.10. Busca en internet o en revistas y anota cuatro vehículos que de serie vayan provistos de neumáticos Run Flat.

6.11. Busca en internet comentarios sobre la seguridad activa y anota tus propias conclusiones.

6.12. Explica las diferencias que existen en los sistemas de suspensión citados en el ejercicio anterior.

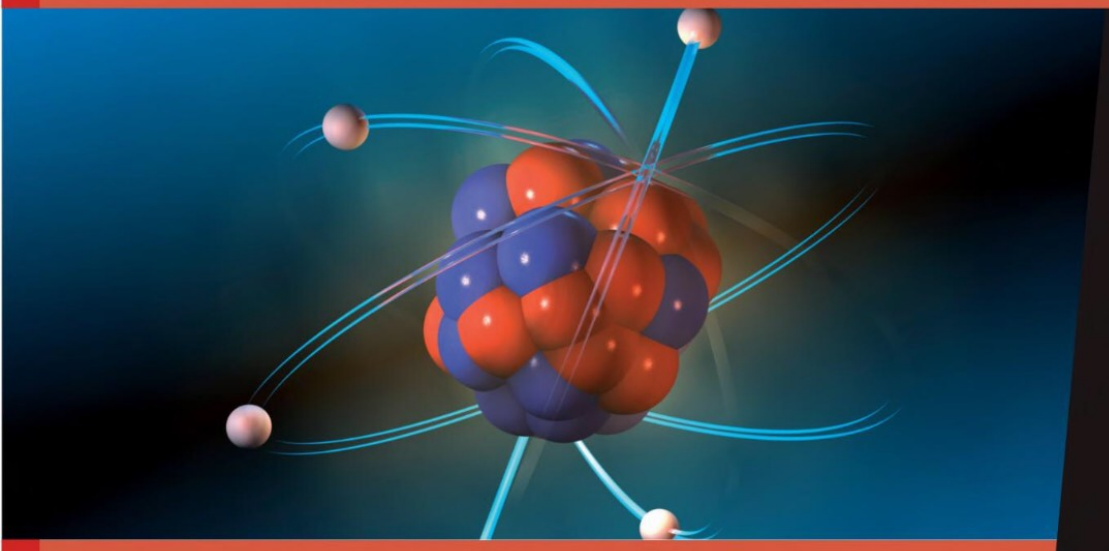
6.13. Busca en internet o en revistas cinco modelos de vehículos que incorporen de serie luces de xenon. Localiza una fotografía de cada uno de ellos.

6.14. En el desarrollo de la unidad están reflejados los sistemas de ayuda a la conducción más representativos. Busca en internet o en revistas tres sistemas de ayuda a la conducción que no aparezcan en la unidad. Localiza una fotografía de cada uno de ellos.

6.15. En el desarrollo de la unidad están reflejados los sistemas de seguridad activa más representativos. Busca en internet o en revistas tres sistemas de seguridad activa que no aparezcan en la unidad. Localiza una fotografía de cada uno de ellos.

© Ediciones Paraninfo

Análisis de sistema de fuerzas



Unidad 7

CONTENIDOS

Introducción
- 7.1 Fuerzas
- 7.2 Relación entre las fuerzas y los movimientos
- 7.3 Carácter vectorial de la fuerza
- 7.4 Sistemas de fuerzas
- 7.5 Fuerzas en la misma dirección
- 7.6 Fuerzas angulares
- 7.7 Fuerzas con direcciones paralelas
- 7.8 Momento de una fuerza
- 7.9 Sistemas de fuerzas en el espacio

Cuestiones

Actividades propuestas

OBJETIVOS

- Repasar los conceptos de fuerza, movimiento e inercia.
- Comprender los principios de acción y reacción.
- Descomponer y calcular fuerzas vectoriales.

Introducción

Para levantar un objeto es necesario aplicar una fuerza, que será mayor o menor en función de su peso. En las acciones cotidianas de cada día continuamente estamos aplicando fuerzas que producen efectos diferentes: movimientos de traslación, movimientos giratorios, deformaciones, contrarrestar el efecto de otra fuerza o mantener en equilibrio el objeto.

Fue Isaac Newton (1642-1727) quien, a través de sus tres leyes fundamentales, estableció las bases de la actual física y el estudio de las fuerzas. Anteriormente, otros científicos realizaron diversas investigaciones, como Copérnico, Galileo o Kepler, pero aun mucho antes los egipcios ya construían pirámides, en las que tenían que compensar todas las fuerzas presentes en la construcción para que no se derrumbaran (de hecho podemos afirmar que lo consiguieron, pues 4000 años después muchas siguen en pie).

Pero no todas las fuerzas son efectuadas por el hombre, en la naturaleza existen determinadas fuerzas cuyos efectos eran atribuidos en la antigüedad a los deseos de los dioses. La física moderna ha demostrado que la mayoría de los fenómenos están provocados por cuatro fuerzas fundamentales:

- La fuerza de la gravitación.
- La fuerza electromagnética.
- La fuerza de la interrelación débil.
- La fuerza nuclear.

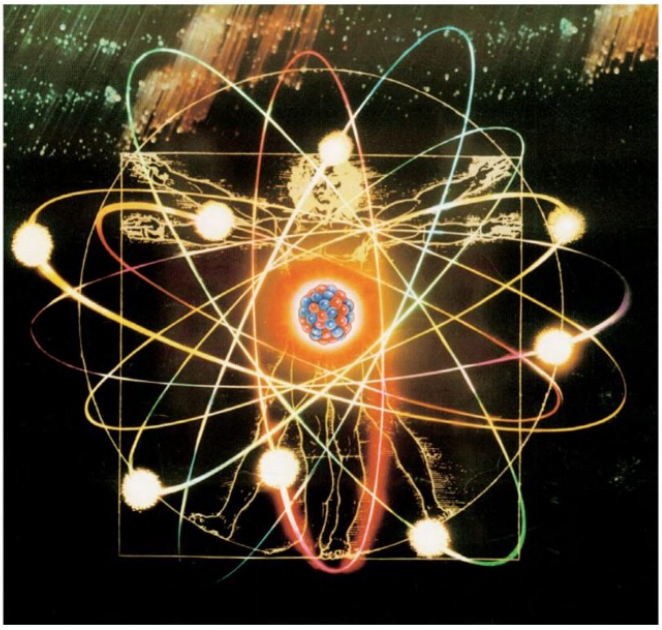


Figura 7.1. **Las fuerzas fundamentales.**

La primera de ellas es la fuerza universal de atracción que existe entre todas las partículas con masa. Los planetas de nuestro sistema solar giran alrededor del sol de forma continua y ordenada, manteniendo siempre la misma órbita, y nuestra galaxia en su conjunto mantiene una unión con el resto de las galaxias. En cambio, los objetos que se acercan a nuestro planeta son atraídos hacia el suelo. Estos dos fenómenos son causados por una misma fuerza, cuyo alcance en principio es ilimitado, **la gravitación**.

La segunda fuerza del universo es la **electromagnética**. Al igual que la gravitación, se ejerce a distancia, y es el origen de fenómenos como la electricidad, el magnetismo y la luz.

La tercera fuerza tiene su origen en el núcleo de los átomos (los protones y neutrones). En condiciones normales, los protones y neutrones son estables, pero mediante determinadas reacciones con ciertos elementos los protones se convierten en neutrones y viceversa (los neutrones en protones), produciendo radioactividad beta (β). A la fuerza que provoca esta transformación se le denomina **interrelación débil** y es la fuerza menos conocida hasta la fecha.

La última de las fuerzas es la **nuclear**, que también se origina en el núcleo de los átomos y se basa en la unión que entre sí tienen los protones y neutrones; tanto al separar estos elementos (fisión), como al unirlos (**fusión**), se desprende una cantidad de energía que es aprovechada para diferentes usos. La más utilizada hasta la fecha es la fisión, base de las centrales nucleares, aunque por los riesgos de radioactividad que produce son ya muchos los países que están optando por potenciar otras energías alternativas. La fusión, de momento, solo se utiliza en los laboratorios, aunque con resultados muy esperanzadores, ya que produce mucha más energía y mucha menos contaminación. De igual forma se está experimentando con la **fusión fría**, utilizando muones (partículas elementales cargadas positivamente o negativamente, cuya masa es 208 veces la del electrón) para catalizar las reacciones y acelerar los procesos de unión.

En este tema se abordan básicamente los conceptos de análisis de los sistemas de fuerzas, donde se recuerdan algunos de los conocimientos adquiridos en cursos anteriores, como son la resolución de problemas de fuerzas mediante vectores, además de componer y descomponer distintos sistemas de fuerzas. Estos conocimientos son básicos, como ya se observará en los próximos temas, para el análisis adecuado de las deformaciones que se producen en los choques de los vehículos y para el correcto estiraje de la carrocería con los útiles apropiados.

7.1. Fuerzas

Un vehículo necesita la fuerza del motor para que inicie el movimiento o aumente su velocidad, de igual forma, para detener el vehículo, el conductor aplica una fuerza a los frenos que transforma la energía que había adquirido el vehículo en calor, hasta conseguir deternerlo.

© Ediciones Paraninfo

Del ejemplo expuesto podemos deducir que fuerza es toda acción que modifica el estado de reposo o movimiento de un objeto.

También existen fuerzas que no producen movimiento o aceleración alguno sobre el cuerpo en que actúa, por ejemplo, cuando se golpea fuertemente una chapa fina con un martillo, la chapa no se mueve pero se produce una deformación. Lo mismo ocurriría si el vehículo del ejemplo, una vez iniciado su desplazamiento, chocara contra un muro, de seguro que este no se desplazaría, en cambio nuestro vehículo quedaría deformado en proporción a la velocidad que hubiese alcanzado al chocar con él.

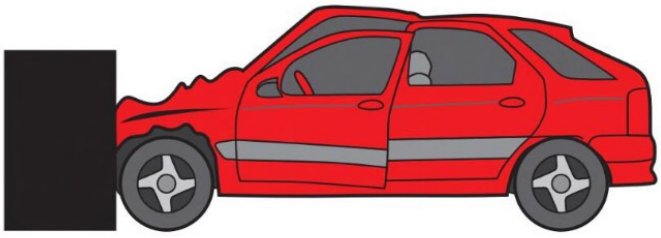


Figura 7.2. **Deformación en una colisión.**

De este nuevo ejemplo se deduce que tenemos que ampliar la definición expuesta anteriormente sobre fuerza, quedando de la siguiente forma:

Fuerza es toda acción o causa que modifica el estado de reposo o movimiento de los cuerpos, o que produce una deformación.

Hasta ahora, en el concepto de fuerza del que hemos partido, hemos supuesto que la fuerza aplicada y el cuerpo están en contacto (el motor sobre el vehículo, el martillo sobre la chapa, el vehículo sobre el muro), este tipo de fuerza se le denomina por contacto directo. Existen, no obstante, fuerzas que actúan a distancia, es decir, sin estar en contacto con el objeto, como las que ejerce un imán a través de su fuerza magnética sobre unos clavos, o la fuerza de atracción o repulsión entre las moléculas de un cuerpo, que provocan que los cuerpos se presenten en estado sólido, líquido o gaseoso.

En los cuerpos sólidos, sus moléculas están muy unidas entre sí, gracias a la fuerza con la que se atraen (cohesión), este hecho hace que sus moléculas tengan poco movimiento y por tanto los sólidos tengan una forma y tamaño constante; en cambio, en los cuerpos líquidos, su cohesión molecular es más pequeña y las moléculas tienen más movimientos, siendo su forma variable gracias a esta libertad de desplazamiento, pero su volumen sigue siendo constante, por ejemplo, cinco litros de agua ocupan el mismo volumen en un recipiente redondo que en uno cuadrado, pero su forma cambia completamente.

Por último, los gases tienen una cohesión molecular nula, dando total libertad de movimientos a sus moléculas, produciendo un estado en donde varía constantemente su volumen y forma.

En los casos anteriores todo sucede gracias a la fuerza de atracción entre las moléculas que nunca tienen un contacto directo entre sí.

La magnitud de la fuerza se determina con unos aparatos llamados dinamómetros, que pueden adoptar distintas formas, pero básicamente todos se basan en la propiedad que tienen los aceros de flexionarse o distenderse cuando se les aplica una fuerza y volver a su forma original cuando esta deja de actuar. Entre los dinamómetros más usados se encuentran los denominados Leroy, Pesón y Regnier.

Figura 7.3. **Dinamómetro Pesón.**

Figura 7.4. **Dinamómetro Regnier.**

La unidad en la que se mide la fuerza en el sistema internacional es el Newton (N), que se define como la fuerza que, aplicada a un objeto de un kilogramo de masa, le produce una aceleración de un metro por cada segundo.

En la física aplicada se utiliza como unidad de esfuerzo el kg-fuerza, que se denomina kilopondio (kp) y se define como la fuerza con que la Tierra atrae un kilogramo de masa situado a 45 grados de latitud norte y al nivel del mar.

1 kp = 1000 p (pondios)

1 kp = 9,81 N

© Ediciones Paraninfo

Para medir el esfuerzo que se realiza sobre una superficie o área se utiliza como unidad el kg-fuerza por centímetro cuadrado kg f/cm^2.

7.2. Relación entre las fuerzas y los movimientos

Como se vio en el apartado anterior, para alterar el estado de reposo, movimiento o deformación de un objeto, este tiene que estar sometido a una determinada acción, a la que hemos denominado fuerza, a mayor fuerza aplicada al objeto, mayor movimiento alcanzará o mayor deformación se producirá; por tanto, es evidente que existe una estrecha relación entre la fuerza aplicada y el movimiento o la deformación producida.

Los principios en los que se basa esta relación se recogen en las tres leyes de Newton:

- Principio de inercia.
- Principio de la aceleración.
- Principios de acción y reacción.

7.2.1. Principio de inercia

Todo cuerpo seguirá en su estado de reposo o de movimiento si las fuerzas aplicadas sobre el cuerpo se equilibran mutuamente, o bien si no existe ninguna fuerza aplicada sobre él.

Si se conduce un vehículo y se frena bruscamente, el cuerpo del ocupante se desplaza hacia adelante; esto es debido a que el cuerpo llevaba el mismo movimiento que el vehículo, pero al frenar, el vehículo se detiene, y nuestro cuerpo tiene tendencia a mantener el movimiento que llevaba hasta ese momento, desplazándonos hacia delante.

Figura 7.5. Principio de inercia.

En cambio, si el vehículo acelera bruscamente, nuestro cuerpo tiene tendencia a ir hacia atrás; en este caso, nuestro cuerpo está en reposo, el vehículo inicia un movimiento rápido hacia adelante, como la tendencia de nuestro cuerpo es la de mantenerse en reposo, y no seguir el movimiento del vehículo, se desplaza hacia atrás.

Esta tendencia de la materia a conservar su estado de movimiento o reposo se denomina **inercia**.

Este efecto es uno de los factores más estudiados en el diseño de la carrocería, ya que en caso de colisión de un vehículo que circule a 48 kilómetros por hora contra un muro, los pasajeros soportan una desaceleración, que puede llegar a ser diez veces mayor que la fuerza de aceleración de un cohete espacial al despegar, de ahí la importancia de estudiar carrocerías que se puedan deformar progresivamente y de forma controlada (tal y como se describe en el tema anterior) para transmitir la menor energía posible a los pasajeros. Los cinturones de seguridad también tienen una función importante para equilibrar la fuerza de inercia que se produce en los pasajeros.

7.2.2. Principio de la aceleración

La aceleración que experimenta un cuerpo es proporcional a la fuerza que la produce.

Este principio determina que a mayor fuerza ejercida es también mayor la aceleración que obtiene el cuerpo. Se puede observar esta afirmación utilizando como ejemplo una pequeña plataforma cargada con un peso, que se desplaza por la fuerza que sobre ella ejerce un determinado peso que tira de la plataforma en su caída. La plataforma adquiere una determinada aceleración, recorriendo un espacio en un determinado tiempo. Si repetimos esta experiencia duplicando el peso que tira de la plataforma se observa que recorre el doble de espacio en el mismo período de tiempo, demostrando por lo tanto que la aceleración

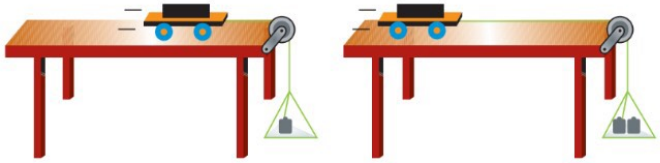


Figura 7.6. Aceleración experimental.

también se ha duplicado. Es decir, que la aceleración que adquiere la plataforma es siempre directamente proporcional a la fuerza aplicada. Si se divide la fuerza aplicada entre la aceleración que adquiere la plataforma se comprobará que siempre se obtiene una cantidad constante

$$F_1/a_1 = F_2/a_2 = K$$

siendo K la relación constante obtenida al dividir la fuerza aplicada a un cuerpo y la aceleración que se produce, denominándose masa inerte del cuerpo, designada con la letra m.

Repitiendo la experiencia anterior de la plataforma, pero aumentando en esta ocasión la masa, se observa que las aceleraciones son distintas, pero que siempre se mantiene la proporcionalidad entre ambas magnitudes.

De acuerdo con esto

$$F/a = m \text{ donde } F = m \times a$$

© Ediciones Paraninfo

Expresión que constituye la ecuación fundamental de la dinámica.

7.2.3. Principios de acción y reacción

Siempre que un cuerpo ejerce una fuerza (acción) sobre otro cuerpo, este reacciona con otra fuerza (reacción) igual en magnitud y dirección a la primera, pero de sentido opuesto.

De este principio se deduce que las fuerzas actúan por parejas, así por ejemplo si un patinador intenta empujar una pared con los patines puestos, este se desplazará hacia atrás, ya que al realizar el esfuerzo contra la pared está realizando el mismo esfuerzo sobre sí mismo, solo que en sentido contrario, y como el rozamiento con el suelo es mínimo, gracias a las ruedas de los patines, se produce su desplazamiento hacia atrás. Igualmente podemos observar este principio en el desplazamiento de los aviones a reacción, los gases que salen de las turbinas hacia atrás son la fuerza de acción, la fuerza de reacción que se produce impulsa hacia adelante al avión.

También se puede observar este principio cuando un vehículo colisiona contra un muro, la fuerza que el vehículo aplica contra el muro produce en primer lugar una fuerza de igual magnitud y dirección, pero de sentido contrario, absorbiendo parte de la magnitud de esta fuerza la deformación de la carrocería. El resto de la fuerza aplicada produce un desplazamiento del vehículo en sentido contrario.

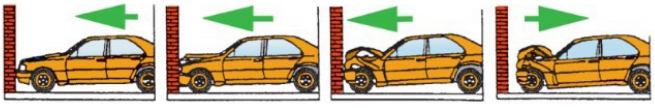


Figura 7.7. Principio de acción y reacción.

7.3. Carácter vectorial de la fuerza

Cuando se dispara una flecha con un arco no solo importa la fuerza con que se lanza, también interesa apuntar correctamente para dar en el blanco, es decir, tiene que ir en la dirección y el sentido adecuado. Otro ejemplo para demostrar que los efectos de la fuerza aplicada no dependen solo de su intensidad se puede observar en el juego del billar, donde para que la bola realice el desplazamiento deseado es necesario aplicarle el impulso en la dirección, el sentido y en el punto de la bola adecuado.

De las experiencias anteriores podemos afirmar que una fuerza está compuesta por:

- **Intensidad o módulo:** es el valor numérico de la fuerza.
- **Punto de aplicación:** es el punto donde se aplica la fuerza.
- **Dirección:** es la línea recta en la que se ejerce la fuerza.
- **Sentido:** es el lado hacia el que se dirige la fuerza, en toda línea recta cabe dos sentidos, uno hacia cada extremo de la línea.

Figura 7.8. Composición de una fuerza.

Definidos los elementos de una fuerza, se deduce que esta admite la misma representación que los vectores, es decir, se puede representar como un segmento rectilíneo orientado, donde la flecha de la línea indica el sentido, y la longitud indica el módulo o intensidad, siendo el origen el punto de partida del segmento, que es el punto de aplicación de la fuerza.

7.4. Sistemas de fuerzas

Se denomina sistemas de fuerzas al conjunto de fuerzas que actúan simultáneamente sobre un cuerpo. Generalmente se genera una fuerza única que produce el mismo efecto que el conjunto de las fuerzas, a esta fuerza se le denomina resultante del sistema. Por el contrario, partiendo de la fuerza resultante puede descomponerse y hallar otras que, actuando a la vez, produzcan el mismo efecto.

Cuando actúan varias fuerzas sobre el mismo cuerpo producen un efecto distinto, en función de su intensidad, dirección, sentido y el punto de aplicación, pudiendo presentarse distintos casos como:

- Fuerzas en la misma dirección.
- Fuerzas angulares.
- Fuerzas con direcciones paralelas.

7.5. Fuerzas en la misma dirección

Este sistema de fuerza a su vez se puede presentar de dos formas:

- **Fuerzas con el mismo sentido:** por ejemplo cuando varias personas tiran a la vez de una misma cuer-

© Ediciones Paraninfo

da para arrastrar un objeto. En este caso la fuerza resultante (R) es igual a la suma de las intensidades de las distintas fuerzas aplicadas y tendrá la misma dirección y sentido que estas.

- **Fuerzas de sentido contrario:** por ejemplo cuando dos grupos de personas tiran a la vez de una cuerda pero en sentido contrario unos de otros. Ahora la fuerza resultante es la diferencia de las intensidades de las fuerzas aplicadas y llevará el sentido de la mayor.

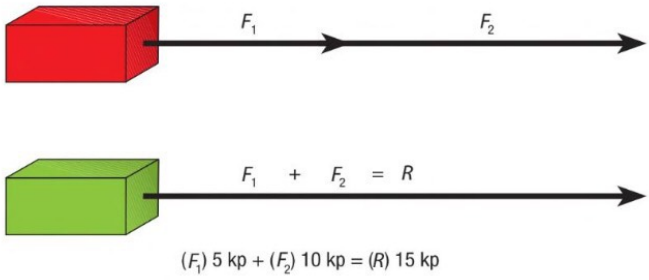


Figura 7.9. Fuerzas en el mismo sentido.

En el caso de que las intensidades de las fuerzas aplicadas en los dos grupos sean iguales, la resultante será nula.

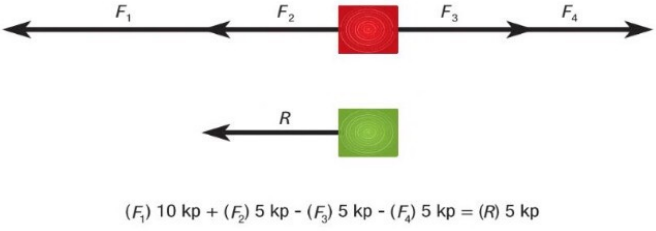


Figura 7.10. Fuerzas en sentido contrario.

7.6. Fuerzas angulares

Son dos fuerzas que actúan sobre el mismo punto de un objeto formando ángulo. Su resultante coincide en dirección y sentido con la diagonal del paralelogramo que se obtiene al trazar en el extremo de cada fuerza unas líneas paralelas idénticas vectorialmente a las fuerzas que componen el sistema. En el caso de que las fuerzas fuesen perpendiculares entre sí, su intensidad o módulo se obtiene de aplicar el teorema de Pitágoras.

También se puede resolver vectorialmente la suma de las fuerzas colocando una fuerza a continuación de la otra, respetando sus respectivas direcciones y uniendo el origen de la primera fuerza con el final de la última.

Este sistema se denomina "método del polígono" y es también válido para resolver sistemas de fuerzas donde se aplican varias fuerzas de forma simultánea.

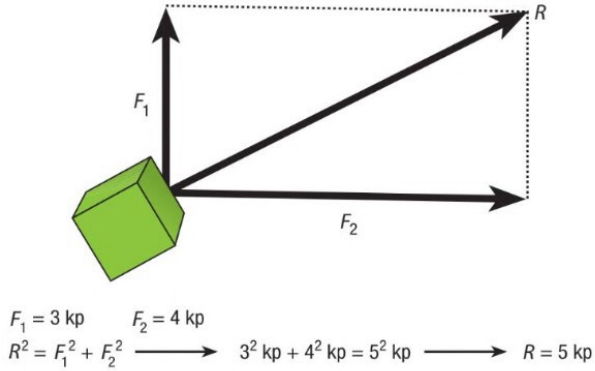


Figura 7.11. Fuerzas angulares.

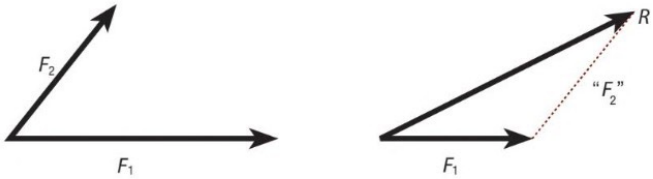


Figura 7.12. Resolución vectorial.

Este sistema se denomina "método del polígono" y es también válido para resolver sistemas de fuerzas donde se aplican varias fuerzas de forma simultánea (Figura 7.13).

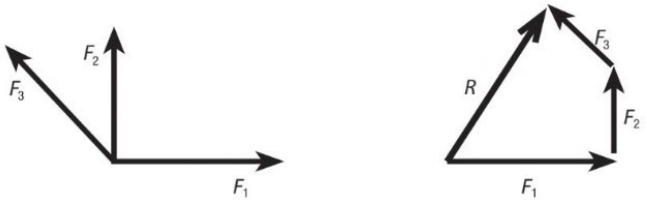


Figura 7.13. Método del polígono.

En las reparaciones estructurales de las carrocerías es necesario aplicar estos conocimientos para corregir adecuadamente estas deformaciones.

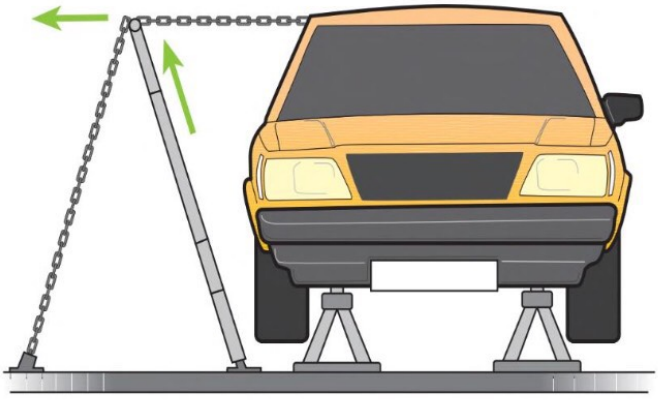


Figura 7.14. Ejemplo real de fuerzas angulares.

© Ediciones Paraninfo

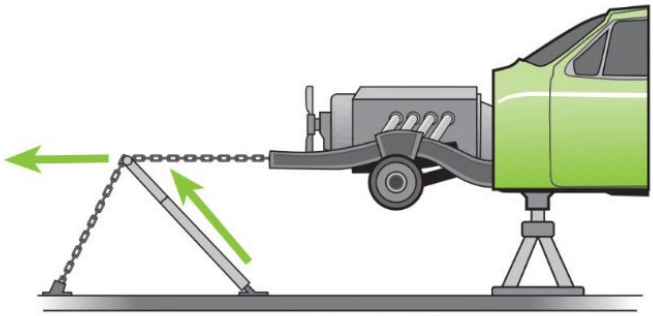


Figura 7.15. Ejemplo real de fuerzas angulares.

7.7. Fuerzas con direcciones paralelas

Los ejemplos explicados hasta ahora son de fuerzas aplicadas en un punto en concreto del cuerpo, pero pudiera ser que las fuerzas que actúan sobre el cuerpo lo realicen de forma paralela pero en distintos puntos de aplicación, pudiéndose presentar dos casos:

- Fuerzas paralelas en el mismo sentido.
- Fuerzas paralelas de sentido contrario.

7.7.1. Fuerzas paralelas en el mismo sentido

Si tenemos una barra metálica suspendida en su parte central por un dinamómetro, y se le aplican dos fuerzas paralelas equidistantes en el mismo sentido y de intensidades iguales se observa que la barra está en equilibrio y que el dinamómetro marca la suma de las dos fuerzas aplicadas, verificándose que el producto de la fuerza aplicada "F_1" por la distancia AC es igual al producto de la otra fuerza por su distancia.

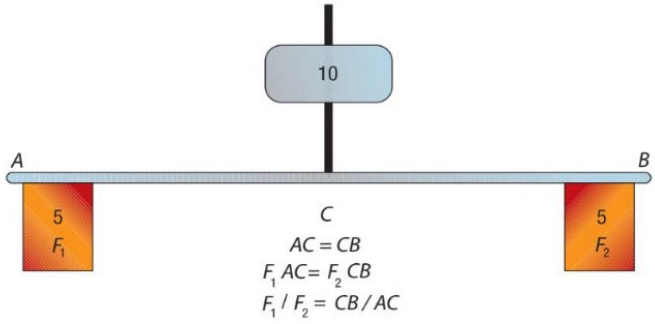


Figura 7.16. Fuerzas con direcciones paralelas.

Pero si las intensidades de las fuerzas no son iguales, para conseguir el equilibrio es necesario que el punto de aplicación de la resultante se encuentre a una distancia tal que se cumpla la ecuación anterior:

$$F_1 / F_2 = CB / AC$$

La resolución vectorial de este tipo de fuerzas se realiza prolongando la fuerza vector $\boldsymbol{F}_2$ en $\boldsymbol{F}_1$ pero en el sentido contrario y a la vez prolongando la fuerza vector $\boldsymbol{F}_2$ hasta que tenga la misma longitud que $\boldsymbol{F}_1$. Uniendo el extremo de las dos prolongaciones obtendremos una intersección con la barra donde actúan las fuerzas, esa intersección determina el punto de aplicación de la resultante, que será la suma de las dos fuerzas y en el mismo sentido que estas.

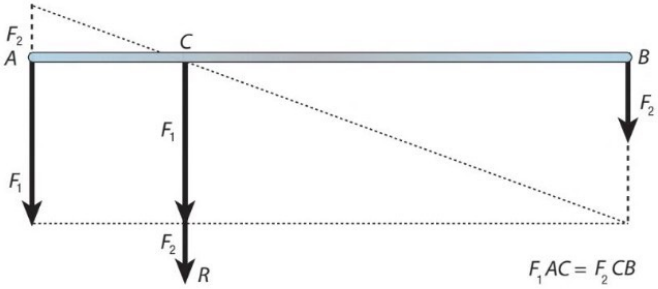


Figura 7.17. Resolución vectorial.

7.7.2. Fuerzas paralelas de sentido contrario

Son fuerzas que, actuando de forma paralela, tienen sentido contrario una respecto a la otra, su resultante será una fuerza cuyo módulo será la diferencia de las dos, su sentido el de la mayor y el punto de aplicación estará en un punto exterior al segmento que une las dos fuerzas AB, cumpliéndose la siguiente ecuación:

$$F_1 AC = F_2 CB$$

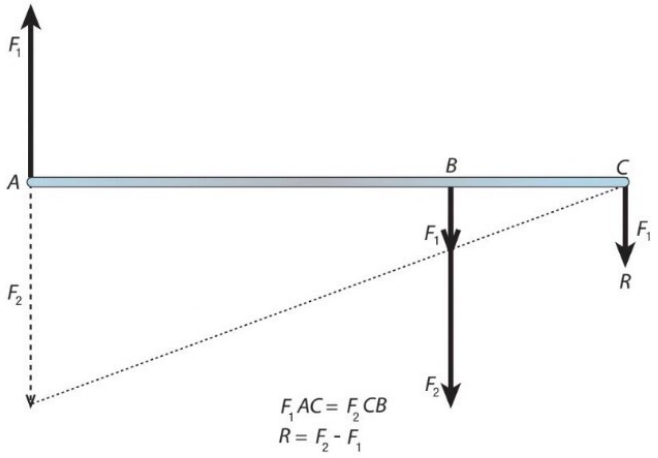
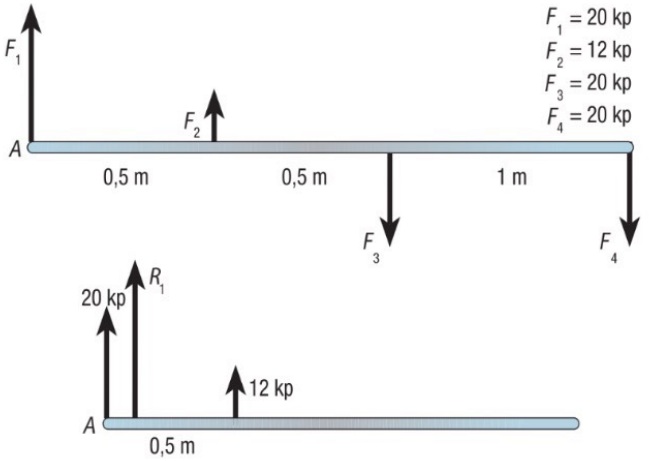


Figura 7.18. Fuerzas paralelas de sentido contrario.

© Ediciones Paraninfo

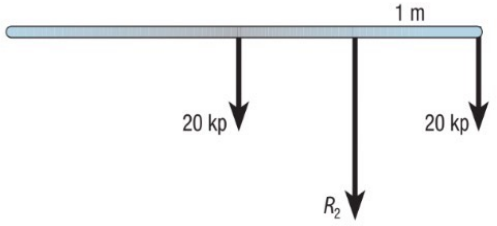
La resolución vectorial de este tipo de fuerzas se realiza prolongando la fuerza vector $\boldsymbol{F}_2$ en $\boldsymbol{F}_1$ pero en el sentido contrario y a la vez superponer en el mismo sentido el vector $\boldsymbol{F}_1$ sobre $\boldsymbol{F}_2$. La recta que une la prolongación de F_1 con el extremo de la superposición de $\boldsymbol{F}_1$ sobre $\boldsymbol{F}_2$ cortará la prolongación de la recta de aplicación, obteniéndose el punto de aplicación de la resultante.

Cuando existen más de dos fuerzas paralelas se determina primero la resultante de dos de ellas, tal y como se desarrolla en el ejemplo anterior, luego se compone esta con la tercera, y así sucesivamente hasta hallar la resultante final.



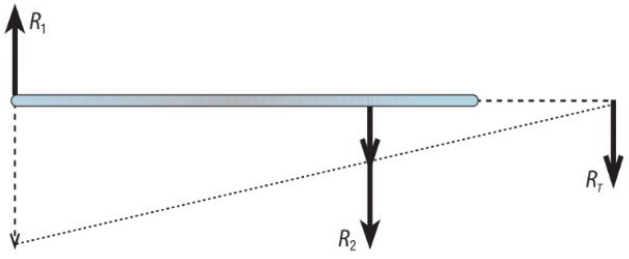
$R_1 = 20 + 12 = 32$ kp

$20 \times d_1 = 12\,(0{,}5 - d_1) \rightarrow 20\,d_1 = 6 - 12\,d_1 \rightarrow 32\,d_1 = 6 \rightarrow d_1 = 32/6 = 0{,}1875$ m



$R_2 = 20 + 20 = 40$ kp

$20 \times d_2 = 20\,(1 - d_2) \longrightarrow 20\,d_2 = 20 - 20\,d_2 \rightarrow 40\,d_2 = 20 \rightarrow d_2 = 0{,}5$ m



$R_T = 40 - 32 = 8$ kp

$32\,(1{,}875 + 0{,}5 + 0{,}5 + d_3) = 40 \times d_3 \longrightarrow 38 + 32\,d_3 = 40\,d_3 \rightarrow 38 = 8\,d_3$

$d_3 = 38/8 = 4{,}75$ m $\longrightarrow d_r = 0{,}1875 + 0{,}5 + 0{,}5 + 4{,}75 = 5{,}9375$ m

Figura 7.19. Ejemplo resolución fuerzas paralelas de sentido contrario.

En la práctica es frecuente tener que realizar varios tiros a la vez pero en sentido contrario.

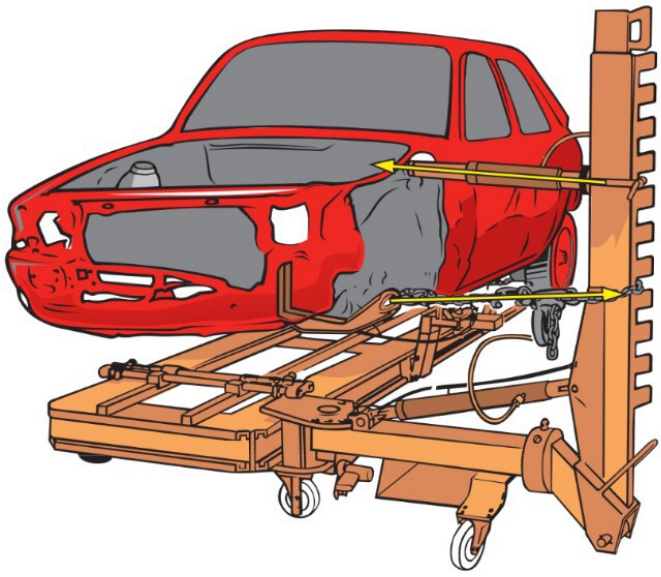


Figura 7.20. Ejemplo real de fuerzas paralelas de sentido contrario.

7.7.3. Par de fuerza

Si el sistema de fuerzas está formado por dos fuerzas paralelas de igual intensidad, pero de sentido contrario y con distinto punto de aplicación, se le denomina **par de fuerza**.

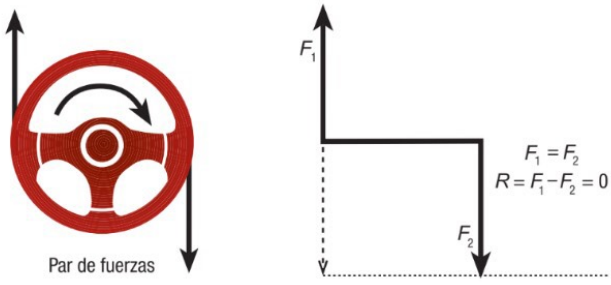


Figura 7.21. Par de fuerza.

Al calcular su resultante se observa que es nula, lo que no quiere decir que sus efectos sean también nulos, ya que en este caso se produce un movimiento de rotación. Un ejemplo muy común de este sistema de fuerzas es el que se realiza cuando se gira el volante de un vehículo; cada mano ejerce una fuerza de idéntica intensidad pero de sentido contrario, produciendo el giro del mismo.

La característica más importante de este sistema es su **momento**, que es el producto de la distancia que existe entre las dos fuerzas por la intensidad de una de ellas. El momento de un par de fuerza determina su poder de giro,

© Ediciones Paraninfo

siendo equivalentes todos los pares con igual momento, aunque las intensidades de las fuerzas que las compongan sean distintas, por ejemplo, un par de fuerzas formado por dos fuerzas de 10 kp con una distancia de separación de 3 m es equivalente a otro par, formado por dos fuerzas de 15 kp con una separación de 2 m. Debido a que en ambos casos su momento resultante es de 30 kp × m.

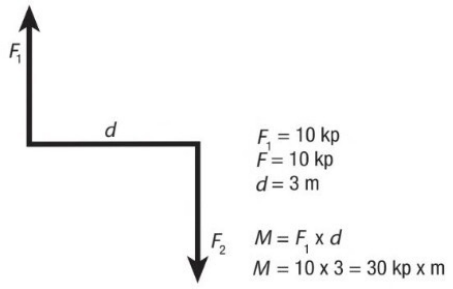


Figura 7.22. Resolución par de fuerza.

7.8. Momento de una fuerza

Al principio de esta unidad se recordaba la definición de fuerza:

Fuerza es toda acción o causa que modifica el estado de reposo o movimiento de los cuerpos, o que produce una deformación.

El movimiento que puede producir una fuerza es generalmente de traslación, aunque en el apartado anterior se ha podido comprobar que también puede producir un movimiento de rotación, donde estos efectos se miden mediante una nueva magnitud denominada **momento de una fuerza, y se define como el producto de la intensidad de la fuerza aplicada por la distancia existente entre la fuerza aplicada y el eje de rotación**.

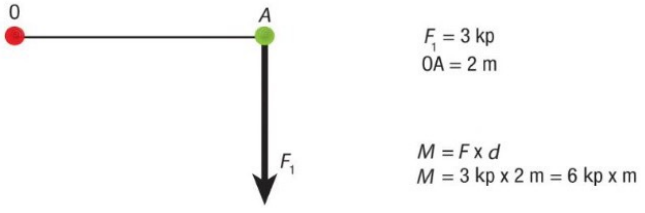


Figura 7.23 Momento de una fuerza.

Esta magnitud rotatoria es directamente proporcional a la distancia entre el eje y la fuerza aplicada, por ejemplo, si tenemos que aflojar un tornillo que está considerablemente apretado tendremos que realizar menos fuerza utilizando una llave con una palanca grande que si utilizamos la misma llave con una palanca pequeña, donde tendremos que realizar mucha más fuerza.

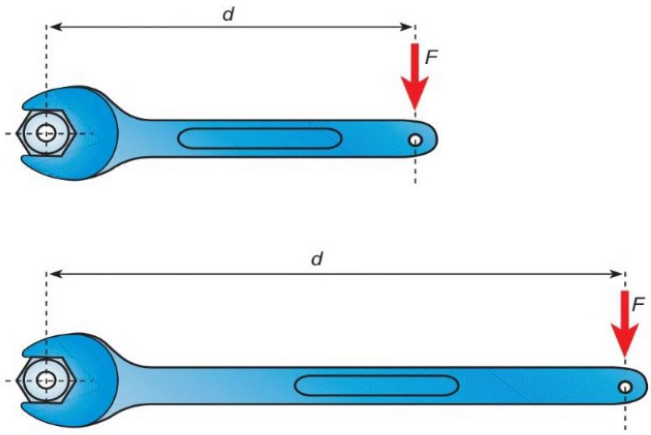


Figura 7.24. Ejemplo de momento de una fuerza.

En función del sentido de giro se establecerá que será positivo (+) o negativo (–). En el primer caso (+) si gira en sentido contrario a las agujas del reloj, y negativo si gira en el mismo sentido.

En las uniones de elementos realizadas por tornillos medir esta magnitud en cada tornillo es fundamental para controlar la presión que ejerce un elemento contra otro, para controlar esta magnitud se utiliza la llave dinamométrica, útil indispensable en el sector de vehículos autopropulsados.

Figura 7.25. Llave dinamométrica.

Si son varias las fuerzas aplicadas en distintos puntos, cada fuerza aplicada tendrá su momento en relación con el punto de giro producido, dependiendo el efecto del giro de la suma algebraica de dichos momentos, pudiéndose sustituir todas las fuerzas aplicadas por otra (resultante) que multiplicado por la distancia de aplicación fuese igual que la suma algebraica de todos los momentos (Figura 7.26).

© Ediciones Paraninfo

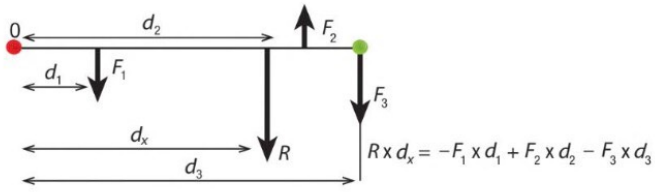


Figura 7.26.

En cualquier sistema de fuerzas, el momento resultante está en función del punto de giro elegido. En el ejemplo anterior, el cálculo del momento se ha realizado tomando como referencia del punto O, pero pudiera calcularse respecto a otros puntos. En este caso la magnitud del momento será distinta, aunque siempre se cumplirá la ecuación anterior.

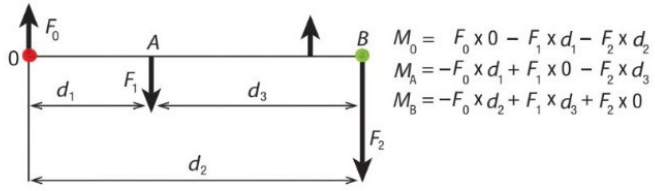


Figura 7.27. **Resolución del momento de una fuerza.**

Actividad propuesta 7.1

Calcular la fuerza que se ejerce en el punto B de la carrocería y la que tiene que soportar el punto de anclaje A en función de los parámetros que aparecen en la Figura 7.28.

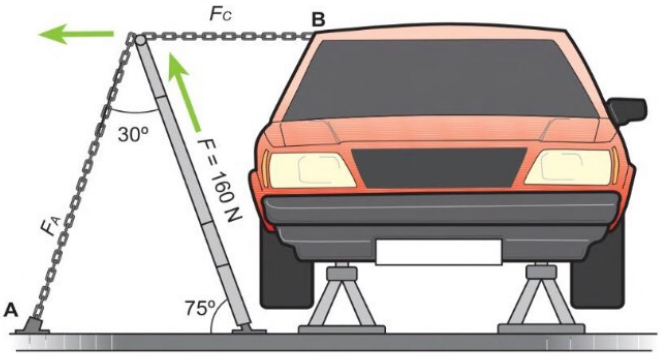
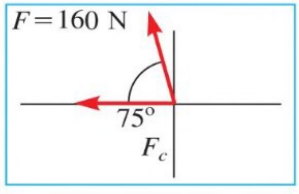


Figura 7.28. **Cálculo de la fuerza que se ejerce en el punto B.**

1.º Fuerza que se ejerce en el punto B:



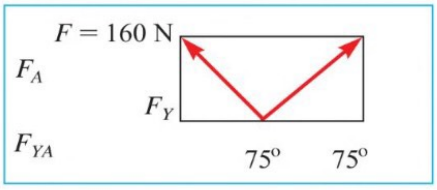
$\cos 75^\circ = F_c/F$

$F_c = F \cdot \cos 75^\circ$

$F_c = 160 \cdot \cos 75^\circ$

$F_c = \mathbf{41{,}41\ N}$

2.º Fuerza que tiene que soportar el punto de anclaje A:



$\text{sen}\ 75^\circ = F_Y/F$

$F_Y = F_{YA}$

$\text{sen}\ 75^\circ = F_{YA}/F_A$

$F_Y/F = F_{YA}/F_A$

$$F_A = F \cdot F_{YA}/F_Y \longrightarrow \boldsymbol{F_A = F = 160\ N}$$

Actividad propuesta 7.2

Calcular la fuerza que debe de ejercer el gato hidráulico para realizar un tiro de 350 N en el punto A y la fuerza que tiene que soportar el anclaje B en la Figura 7.29.

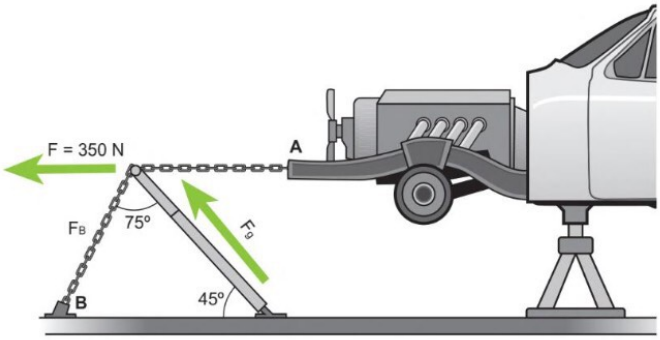
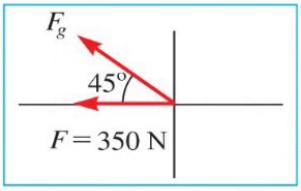


Figura 7.29. **Cálculo de la fuerza que tiene que soportar el punto B.**

1.º Calcular la fuerza que debe de ejercer el gato hidráulico para realizar un tiro de 350 N en el punto A:

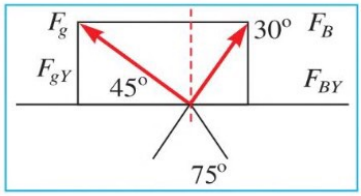


$\cos 45^\circ = F/F_g$

$F_g = F/\cos 45^\circ = 350/\cos 45^\circ$

$\boldsymbol{F_g = 494{,}97\ N}$

2.º La fuerza que tiene que soportar el anclaje B:



$\text{sen}\ 54^\circ = F_{gY}/F_g$

$F_{gY} = F_g \cdot \text{sen}\ 45^\circ$

$F_{BY} = F_{gY}$

$\cos 30^\circ = F_{BY}/F_B$

$F_B = F_{BY}/\cos 30^\circ$

$$F_B = F_g \cdot \text{sen}\ 45^\circ/\cos 30^\circ = 494{,}97 \cdot \text{sen}\ 45^\circ/\cos 30^\circ =$$
$$= 349{,}99/\cos 30^\circ = 404{,}14\ N$$

$$\boldsymbol{F_B = 404{,}14\ N}$$

© Ediciones Paraninfo

7.9. Sistemas de fuerzas en el espacio

Se dice que una fuerza representada por el vector *OA* está en el espacio cuando el vector tiene componentes sobre los tres ejes de un sistema de coordenadas rectangulares.

Si proyectamos un vector sobre tres ejes rectangulares vemos que dicho vector no es otra cosa que la diagonal del paralepípedo cuyas aristas son, precisamente, sus proyecciones sobre los ejes, llamando A al vector y A_x, A_y, A_z, a los valores numéricos de sus proyecciones sobre los ejes x, y, z. De ello se deduce que cualquier vector se puede definir mediante tres números, ya que las proyecciones del vector determinan su módulo, dirección y sentido.

Los puntos dimensionales de la carrocería del vehículo también vienen expresados por tres números que se corresponden con las proyecciones sobre los ejes x, y, z.

Los cosenos de los ángulos que forman el vector con cada uno de los ejes cartesianos se denominan cosenos directores y son los que define la dirección del vector en el espacio y nos dan el ángulo que forma el vector con cada uno de los ejes cartesianos.

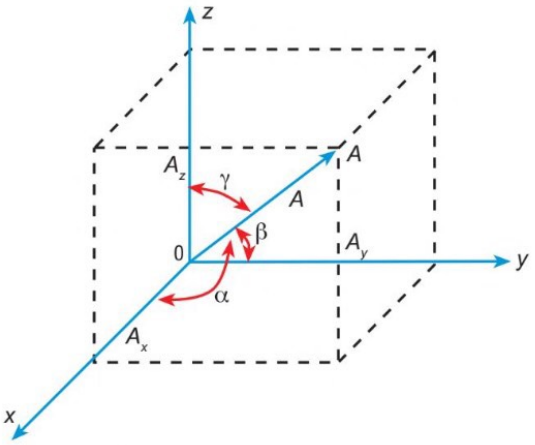


Figura 7.30. Proyección de un vector.

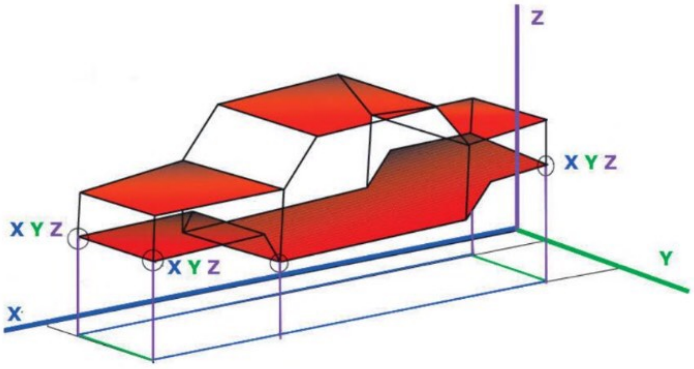


Figura 7.31.A. Puntos dimensionales de una carrocería.

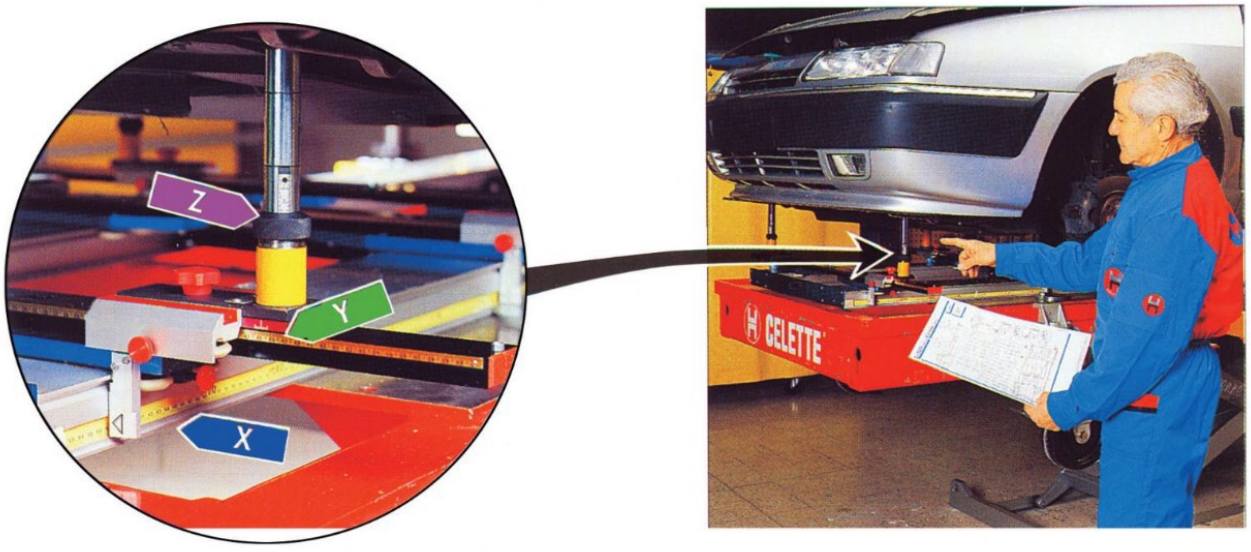


Figura 7.31.B. Ejemplo de puntos dimensionales de una carrocería.

© Ediciones Paraninfo

$A_x = A \cos \alpha$ (alfa)
$A_y = A \cos \beta$ (beta)
$A_z = A \cos \gamma$ (gamma)
Siendo Δ (delta) el módulo del vector:

$$\Delta = \sqrt{A_x + A_y + A_z}$$

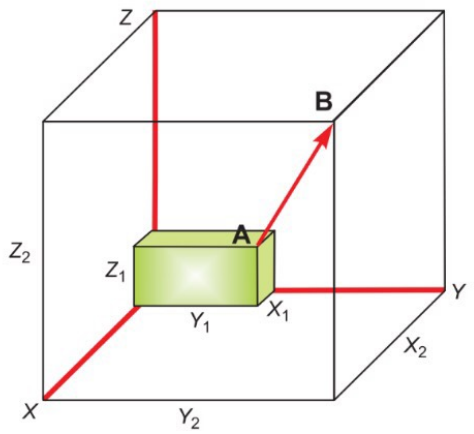


Figura 7.32. Cosenos de los ángulos.

También un vector en el espacio puede estar definido por dos puntos. Sean A y B dos puntos en el espacio, cuyas coordenadas son:

$A\ (x_1, y_1, z_1)$
$B\ (x_2, y_2, z_2)$

El vector $\overrightarrow{AB}$ (Figura 7.27) viene dado por las coordenadas del extremo menos las de origen:

$$\overrightarrow{AB} = (x_2, y_2, z_2) - (x_1, y_1, z_1) = x_2 - x_1,\ y_2 - y_1,\ z_2 - z_1$$

Para calcular el módulo del vector $\overrightarrow{AB}$, proceder de la siguiente forma:

Sea $A = 3, 2, 1$ (origen) y $B = 2, -1, 0$ (extremo)

$$\overrightarrow{AB} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1) + (z_2 - z_1)} =$$
$$= \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2 + \Delta_z^2 = \Delta}$$

$$\overrightarrow{AB} = \sqrt{(2-3)^2 + (-1-2)^2 + (0-1)^2}$$

$$\overrightarrow{AB} = \sqrt{(-1)^2 + (-3)^2 + (-1)^2}$$

$$\overrightarrow{AB} = \sqrt{11}$$

Los cosenos directores vendrán dados por:

$A_x = \Delta \cos \alpha \longrightarrow \cos \alpha = A_x/\Delta = -1/\sqrt{11} \Rightarrow$
$\Rightarrow$ Ángulo formado por el vector y el eje OX

$A_y = \Delta \cos \beta \longrightarrow \cos \beta = A_y/\Delta = -3/\sqrt{11} \Rightarrow$
$\Rightarrow$ Ángulo formado por el vector y el eje OY

$A_z = \Delta \cos \gamma \longrightarrow \cos \gamma = A_z/\Delta = -1/\sqrt{11} \Rightarrow$
$\Rightarrow$ Ángulo formado por el vector y el eje OZ

Con los cosenos directores se calculan los ángulos del vector respecto a los ejes cartesianos, que será útil conocer para establecer las direcciones de los tiros de tracción para conformar la estructura.

7.9.1. Operaciones de vectores en el espacio

SUMA:

$$\vec{V}_1 + \vec{V}_2 = (a_1 + a_2,\ b_1 + b_2,\ c_1 + c_2)$$

DIFERENCIA:

$$\vec{V}_1 - \vec{V}_2 = (a_1 - a_2,\ b_1 - b_2,\ c_1 - c_2)$$

PRODUCTO ESCALAR:

$$\vec{V}_1 \cdot \vec{V}_2 = a_1 \cdot a_2 + b_1 \cdot b_2 + c_1 \cdot c_2 = \text{(número)}$$

$|\vec{V}_1| \cdot |\vec{V}_2| \cdot \cos \alpha$ (siendo α el ángulo entre $\vec{V}_1$ y $\vec{V}_2$)

PRODUCTO VECTORIAL:

$V_1 \wedge V_2$ (es anticonmutativo) $V_1 \wedge V_2 = -(V_2 \wedge V_1)$

$$\vec{V}_1 \wedge \vec{V}_2 = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix}$$

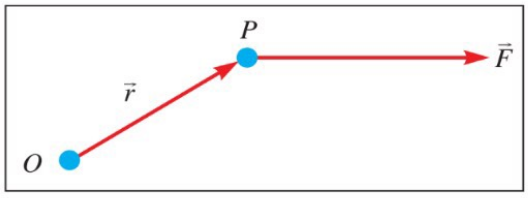
$$a_2 b_3 \vec{i} + b_1 a_3 \vec{j} + a_1 b_2 \vec{k} - [b_1 a_2 \vec{k} + b_2 a_3 \vec{i} + a_1 b_3 \vec{j}] = \text{(vector)}$$

El módulo del producto vectorial es: $|\vec{V}_1| \wedge |\vec{V}_2| \operatorname{sen} \alpha$

$$|\vec{V}_1 \wedge \vec{V}_2| = V_1 \cdot V_2 \cdot \operatorname{sen} \alpha$$
$$|\vec{V}_1| = \text{Módulo de } \vec{V}_1 = V_1$$

CÁLCULO DEL MOMENTO:

El momento de una fuerza en el espacio es una magnitud vectorial que representa un trabajo realizado ($F \times d$).
Analíticamente: $\vec{M} = \vec{r} \wedge \vec{F}$
Gráficamente:



$$\vec{r} = \overrightarrow{OP} = P - O = (P_1, P_2, P_3) - (O_1, O_2, O_3) =$$
$$= (P_1 - O_1), (P_2 - O_2), (P_3 - O_3)$$

$$\vec{F} = (F_X, F_Y, F_Z)$$

© Ediciones Paraninfo

$$\vec{M} = \overrightarrow{OP} \wedge \vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ P_1 - O_1 & P_2 - O_2 & P_3 - O_3 \\ F_X & F_Y & F_Z \end{vmatrix}$$

Ejemplo:

Calcular el momento de la fuerza $\vec{F}(1, 2, 3)$ respecto del punto $O(-1, 3, -2)$, considerando que el punto de aplicación de la fuerza es $P(0, 1, 2)$.

$$\vec{r} = \overrightarrow{OP} = P - O = (0, 1, 2) - (-1, 3, -2) = (1, -2, 4)$$

1.º 3.º

$$\overrightarrow{M_o} = \vec{r} \wedge \vec{F} = \overrightarrow{OP} \wedge \vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 1 & -2 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} =$$

2.º

$$= -2 \cdot 3\vec{i} + 4 \cdot 1\vec{j} + 2 \cdot 1\vec{k} - [-2 \cdot 1 \cdot \vec{k} + 2 \cdot 4\vec{i} + 1 \cdot 3 \cdot \vec{j}] =$$

$$= -14\vec{i} + \vec{j} + 4\vec{k}$$

El módulo del momento se puede hallar de dos formas:

a) Calculando el módulo de $\overrightarrow{M_o}$.

b) Si se conoce el ángulo que forma $\overrightarrow{OP}$ con $\vec{F}$, calculando el módulo del producto vectorial.

a) $\overrightarrow{M_o} = -14\vec{i} + \vec{j} + 4\vec{k}$

$$M_o = \sqrt{14^2 + 1^2 + 4^2} = \sqrt{196 + 1 + 16} = \sqrt{\mathbf{213}}$$

b) $|\overrightarrow{OP} \wedge \vec{F}| = |\overrightarrow{OP}| \cdot |\vec{F}| \cdot \operatorname{sen} \alpha$ (α = ángulo que forma $\overrightarrow{OP}$ con $\vec{F}$)

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{|\overrightarrow{OP} \wedge \vec{F}|}{|\overrightarrow{OP}| \cdot |\vec{F}|}$$

$$\overrightarrow{OP} = (1, -2, 4) = |\overrightarrow{OP}| = \sqrt{1^2 + (-2)^2 + 4^2} = \sqrt{\mathbf{21}}$$

$$\vec{F} = (1, 2, 3) \qquad \vec{F} = \sqrt{1^2 + 2^2 + 3^2} = \sqrt{\mathbf{14}}$$

$$\operatorname{sen} \alpha - \frac{|\overrightarrow{OP} \wedge \vec{F}|}{|\overrightarrow{OP}| \cdot |\vec{F}|} = \frac{\sqrt{213}}{\sqrt{21} \cdot \sqrt{14}} = 0{,}3823$$

$$\boxed{\boldsymbol{\alpha = \text{arc sen } 0{,}3823 = 22^{\circ}\, 25'}}$$

© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

Análisis de sistema de fuerzas

CUESTIONES

7.1. ¿Cuántas fuerzas fundamentales están identificadas en la actualidad?

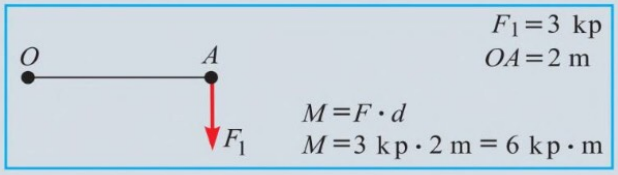
7.2. Identifica y describe los elementos que componen una fuerza.

7.3. Enumera los distintos sistemas de fuerzas.

7.4. Describe las tres leyes de Newton.

7.5. ¿Qué es un dinamómetro?

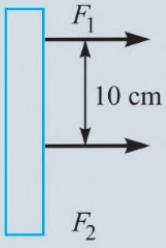
7.6. ¿Qué es el momento de una fuerza?



7.7. Explica en qué consiste el principio de acción y reacción.

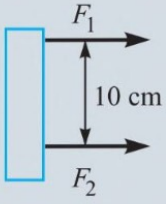
7.8. En el siguiente sistema de fuerza determina la fuerza resultante y el punto de aplicación.

F1 = 700 N / F2 = 700 N



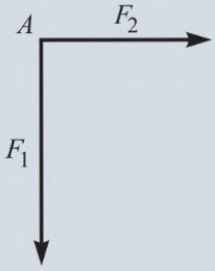
7.9. En el siguiente sistema de fuerza determina la fuerza resultante y el punto de aplicación.

F1 = 200 N / F2 = 400 N

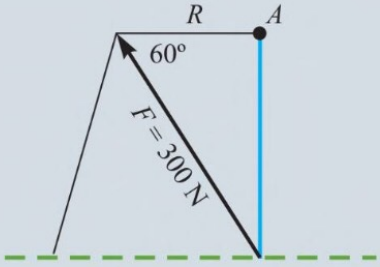


7.10. Calcula la fuerza resultante del siguiente ejemplo.

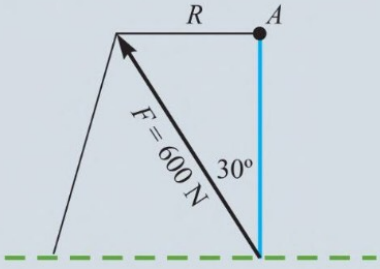
F1 = 500 N / F2 = 300 N



7.11. Calcula la fuerza que se aplica en el punto A conociendo los datos de la figura.



7.12. Calcula la fuerza que se aplica en el punto A conociendo los datos de la figura.

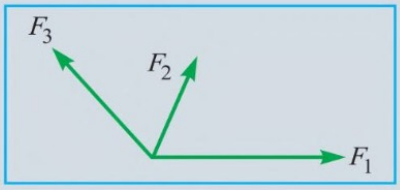


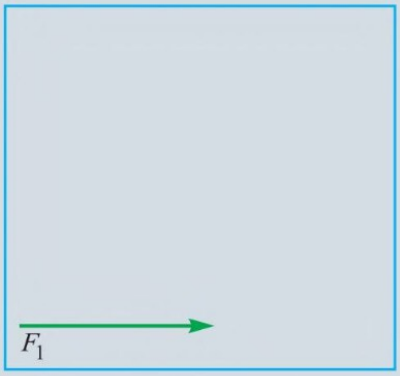
© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES PROPUESTAS

7.1. Desarrolla un ejemplo sobre el principio de la aceleración.

7.2. Resuelve vectorialmente la suma de las fuerzas del gráfico.





- Desarrolla un sistema de fuerzas paralelas de sentido contrario, dándole valor a cada fuerza y calculando su resultante.
- Desarrolla un sistema de fuerzas paralelas que estén en el mismo sentido, dándole valor a cada fuerza y calculando su resultante.

7.3. Señala la respuesta correcta:

1. Una fuerza:

a) Es toda acción o causa que no modifica el estado de reposo o movimiento de los cuerpos o que produce una deformación.
b) Es toda acción que no modifica el estado de reposo o movimiento de los cuerpos o que no produce una deformación.
c) Es toda acción o causa que modifica el estado de reposo o movimiento de los cuerpos o que produce una deformación.
d) Es toda acción que permite el equilibrio de un cuerpo.

2. ¿Cuáles son los principios en los que se basa la relación entre las fuerzas y los movimientos?

a) Principio de inercia y principio de aceleración.
b) Principio de inercia, principio de aceleración y principio de acción y reacción.
c) Principio de equilibrio.
d) Principio de acción y reacción y principio de equilibrio.

3. ¿En qué unidad se mide la fuerza en el sistema internacional?

a) Kilopondios.
b) Metros.
c) Pascales.
d) Newton.

4. Una fuerza viene definida por:

a) Sentido y dirección.
b) Dirección, módulo y sentido.
c) Punto de aplicación, sentido, dirección y módulo.
d) Dirección, punto de aplicación y sentido.

5. Un cuerpo está en reposo:

a) Cuando no está parado.
b) Cuando una fuerza es mayor que otra.
c) Cuando una fuerza es igual a otra.
d) Cuando se equilibran las fuerzas.

6. ¿Cuál de estas afirmaciones es correcta?

a) Las fuerzas de sentido contrario se suman.
b) Las fuerzas del mismo sentido se suman.
c) Todas las fuerzas que tienen la misma dirección tienen el mismo sentido.
d) Las fuerzas del mismo sentido se restan.

7. El momento de una fuerza es:

a) $|F| \times d$ (entre fuerza aplicada y eje de rotación).
b) $|F| \times d$ (entre las dos fuerzas).
c) $|F_1| \times |F_2|$.
d) $|F| / d$ (entre fuerza aplicada y eje de rotación).

8. Según el siguiente vector (3, 8, 6), ¿en qué eje se representaría el 8?

a) Eje x.
b) Eje y.

© Ediciones Paraninfo

c) Eje *w*.
d) Eje *z*.

9. Si la dirección de giro de un momento es contrario a las agujas del reloj:

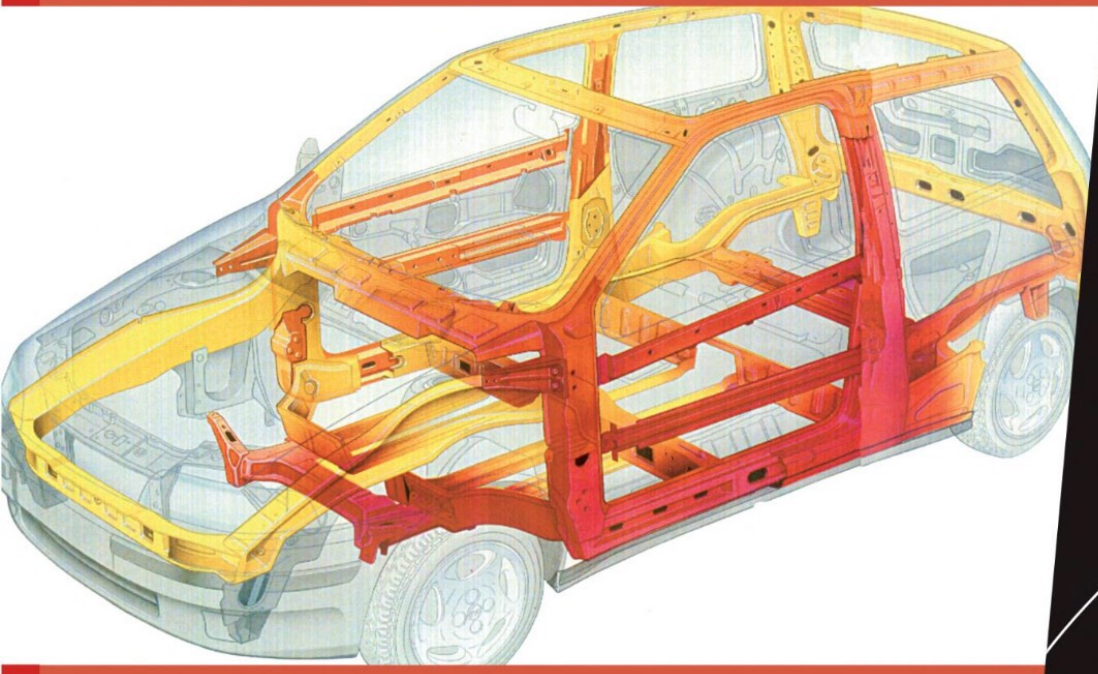
a) El signo es +.
b) El signo es –.
c) Es 0.
d) No importa el signo.

10. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

a) El resultado del producto escalar es un vector.
b) Un número es el resultado del producto vectorial.
c) El resultado del producto vectorial es un vector.
d) Un vector no es el resultado del producto vectorial.

© Ediciones Paraninfo

Influencia de un golpe en un vehículo



Unidad 8

CONTENIDOS

Introducción
8.1 Efecto de las fuerzas en el metal
8.2 Las fuerzas que intervienen en una colisión
8.3 Deformación de la estructura en función de la zona de colisión
8.4 Efectos de una colisión en un vehículo autoportante
8.5 Efectos de una colisión en un vehículo con bastidor
Cuestiones
Actividades propuestas

OBJETIVOS

- Conocer el efecto de las fuerzas en los metales.
- Estudiar las fuerzas que intervienen en una colisión.
- Analizar las deformaciones que se pueden producir en la carrocería, en función de la estructura.
- Comprender los cambios que se producen en la estructura interna del metal cuando se produce una deformación.

Introducción

Los metales sólidos, al igual que el resto de la materia, están compuestos por átomos, que a su vez están constituidos por un núcleo de iones positivos (átomos sin su electrón de valencia) y rodeado de los electrones que forman una gran nube electrónica. Muchos de estos electrones se denominan electrones libres o de valencia, están débilmente enlazados con su núcleo. Los átomos están muy juntos unos con otros y los electrones de valencia no están asociados férreamente a ningún núcleo en particular, siendo atraídos constantemente por los átomos de su alrededor, moviéndose fácilmente por el metal. La alta conductividad térmica y eléctrica de los metales se basa en esta característica.

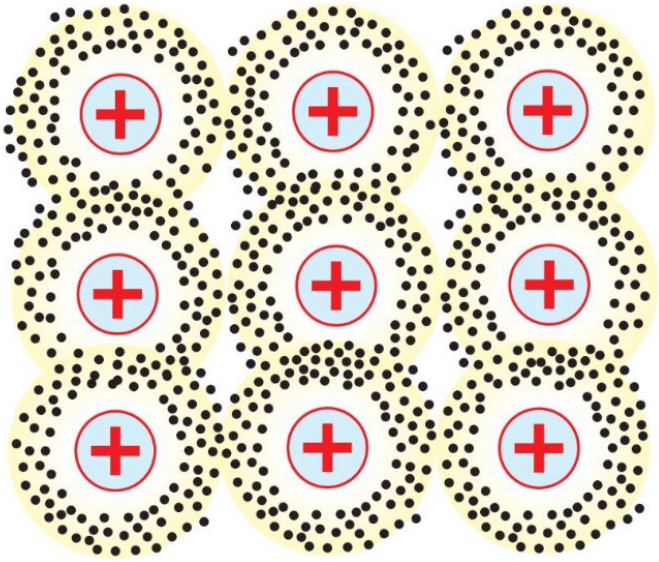


Figura 8.1. Composición de los metales.

Estas diminutas partículas que solo se pueden observar con el microscopio metalográfico se combinan entre sí formando una gran cantidad de granos de forma geométrica irregular, creándose configuraciones granulares que forman un sólido cristalino de distinta geometría y forma, en función de la disposición de los átomos que constituyen el sólido y de la fuerza de enlace entre ellos.

Las chapas metálicas utilizadas en la fabricación de las carrocerías pueden tener idéntico aspecto, pero existen diferencias en su composición química y estructura cristalina; por ejemplo, cuanto menos sea el número de electrones libres que tengan los átomos, el enlace resulta más metálico y viceversa. La configuración granular de los metales determina su reacción ante una fuerza dada. Estas diferencias pueden afectar a su resistencia y características mecánicas en general. En el caso del acero suave los granos individuales pueden resistir cambios y movimientos considerables antes de romperse; en cambio, en los aceros duros o extraduros apenas se permite el movimiento de sus granos, pues al intentar desplazarse se rompe la estructura. A medida que aumenta la dureza, aumenta también la fragilidad.

Como ya se ha mencionado en el tema anterior, los fabricantes de vehículos utilizan diferentes materiales en la estructura de la carrocería; como tienen propiedades físicas y mecánicas diferentes, el técnico reparador debe conocer las características generales del material para no dañar en la medida de lo posible la estructura interna del material cuando realice la reparación de la carrocería.

8.1. Efecto de las fuerzas en el metal

La configuración del grano del metal determina cómo reacciona a una fuerza dada. La resistencia al cambio presenta dos propiedades, que son:

- Deformación elástica (elasticidad).
- Deformación plástica (plasticidad).

La elasticidad es la capacidad del metal que le permite recuperar su forma original al suprimir las cargas que produjeron la deformación. Por ejemplo, si se dobla ligeramente un trozo de chapa, al dejar de realizar la fuerza que ha provocado su deformación, la chapa recuperará su forma inicial.

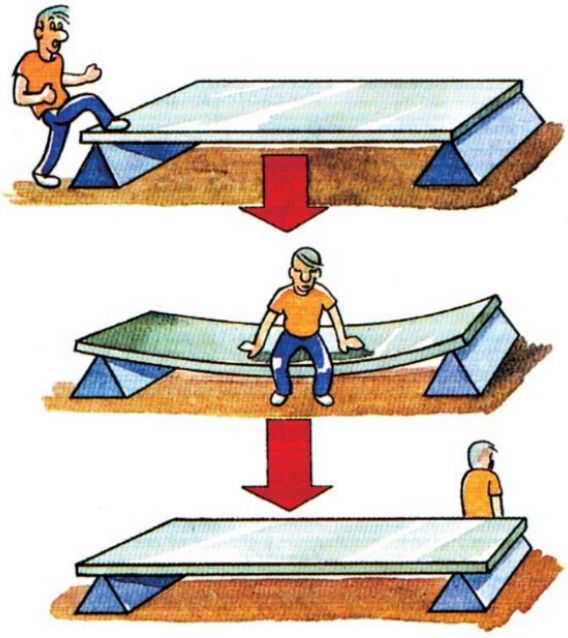


Figura 8.2. Deformación elástica.

© Ediciones Paraninfo

La plasticidad es la cualidad que tiene el metal de doblarse y adoptar distintas formas una vez superado el límite elástico, gracias a que los átomos del metal se pueden deslizar unos sobre otros sin distorsionar completamente la estructura del enlace metálico, aunque sin modificar su posición. En el ejemplo anterior, si se aplica una fuerza superior y se dobla la chapa hasta formar una "U" se observará que la chapa no recupera su forma original, se queda parcialmente curvada.

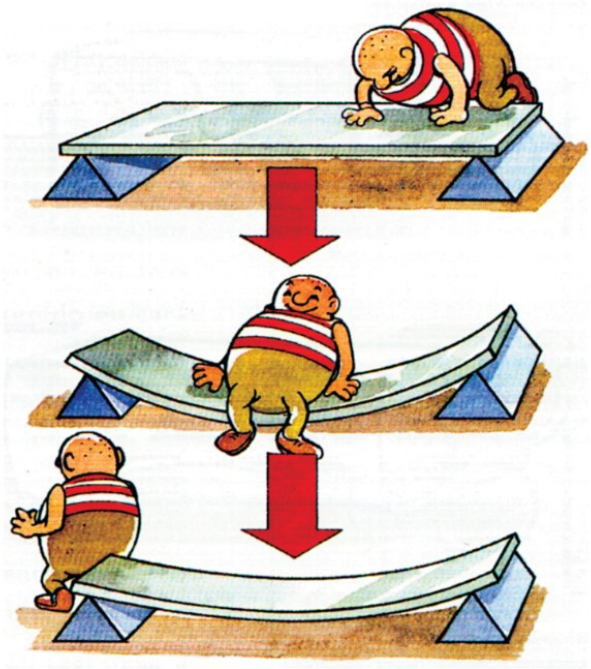


Figura 8.3. **Deformación plástica.**

En una colisión sucede de igual forma: si la colisión es pequeña, la chapa se deformará un poco y una vez desaparezca la fuerza deformadora, la chapa volverá a su posición original. Pero si la colisión genera una fuerza superior al límite elástico de la chapa, la deformación se mantendrá. En ocasiones, la deformación que se produce en un área no es debida a que se haya superado el límite elástico del material, sino a que las zonas adyacentes están deformadas y mantienen ese área en tensión. En este caso, una vez reparadas las zonas deformadas, dicho área recuperará su posición original.

De lo anterior se deduce que es muy importante realizar un buen diagnóstico y analizar correctamente cómo se ha producido la deformación antes de iniciar la reparación.

La elasticidad y plasticidad son propiedades que se pueden representar en un gráfico en el que se observa la relación entre el módulo del esfuerzo aplicado y el alargamiento producido en el metal cuando se le aplica una fuerza capaz de provocar una deformación (Figura 8.5).

Si el módulo aplicado aumenta progresivamente en pequeños valores, el alargamiento que se produce es proporcional a la fuerza aplicada. El punto A representa el límite elástico, si el módulo de la fuerza aplicada es inferior a este valor, la deformación del metal desaparecerá y volverá a su forma original, una vez desaparezca la fuerza. Por el contrario, si se supera el punto A, y sigue aplicándose fuerza hasta llegar al punto P, el alargamiento del metal se producirá hasta P', pudiendo regresar hasta el punto E si desaparece la fuerza, pero siempre existirá el alargamiento OE. Si se supera la fuerza P, se producirá un deslizamiento granular excesivo del material y el alargamiento aumentará de forma considerable hasta que se produce la rotura.

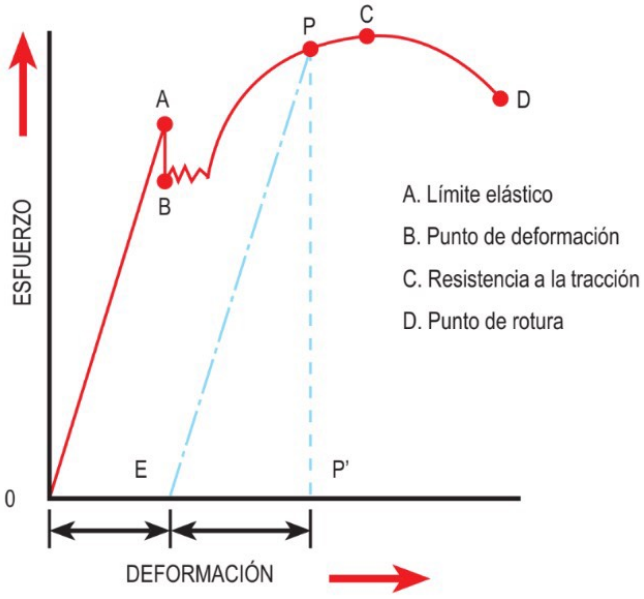


Figura 8.4. **Gráfico esfuerzo/deformación.**

Cuando la deformación plástica del metal en frío ha sido muy grande pero sin llegar al punto de rotura, la estructura granular en esta zona se encuentra muy alterada, los átomos se desplazan, giran y se trituran, desajustándose de tal forma que altera bruscamente sus propiedades físico/químicas y mecánicas. En la chapa de la carrocería, si se produce un pliegue o nervadura, aumenta su resistencia mecánica y su dureza, y disminuye el alargamiento relativo y la resiliencia.

En definitiva, el metal se hace más duro y rígido en esta zona debido a las tensiones a que están sometidos los granos (Figura 8.5), este incremento de la dureza se denomina endurecimiento del metal y se puede producir debido a una colisión, o ser provocado en el proceso de fabricación del panel para reforzar la zona.

En la reparación de la carrocería hay que tener en cuenta estas zonas que tienen mayor rigidez, pues en ocasiones son las que provocan tensiones sobre las zonas adyacentes provocando su deformación.

Una vez más se resalta la importancia de dedicar el tiempo necesario al estudio de la colisión antes de iniciar la reparación para utilizar el método adecuado.

© Ediciones Paraninfo

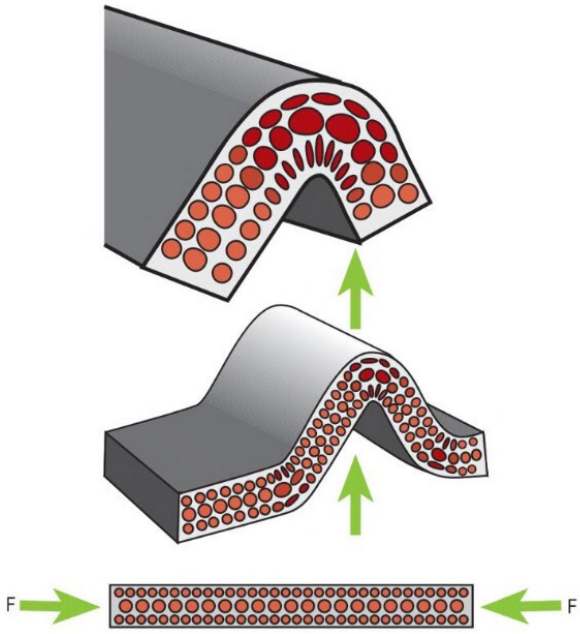


Figura 8.5. Tensiones internas del metal.

8.2. Las fuerzas que intervienen en una colisión

En una colisión el tiempo que transcurre desde el momento del contacto hasta que las reacciones han finalizado es muy pequeño. Los desperfectos causados por las fuerzas de colisión se producen porque el vehículo cambia bruscamente su velocidad al colisionar contra otro objeto. Este cambio repentino de velocidad, producido en tan corto tiempo, crea una serie de fuerzas que se pueden agrupar en dos clases:

- **Fuerzas exteriores:** son generadas por la interposición de otro objeto en la trayectoria del vehículo, como otro vehículo, un poste, una pared, etc.
- **Fuerzas interiores:** son generadas por la inercia de todos los elementos del propio vehículo.

En la colisión de un vehículo contra una pared (fuerza externa) la parte frontal del vehículo que está en contacto directo con la pared sufre un cambio brusco de velocidad y se detiene, el resto del mismo sin embargo continúa moviéndose en la misma dirección, actuando contra las áreas del vehículo que están en contacto directo contra la pared, produciendo la deformación de esa zona en primer lugar y, a continuación, la del resto del vehículo, en relación con la energía que hubiese alcanzado el vehículo.

En la colisión de un vehículo que está parado y es golpeado desde atrás por otro, la superficie en contacto directo con el vehículo que golpea (fuerza exterior) comienza a desplazarse hacia delante por el empuje de la fuerza que se

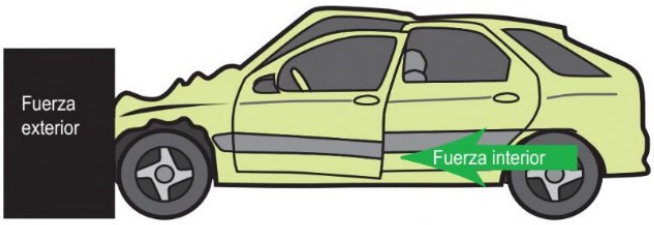


Figura 8.6. Colisión con un obstáculo rígido.

le aplica. Debido a la inercia que se crea en el vehículo estacionado se resiste al movimiento, creando una fuerza interior que actúa contra la zona del vehículo que ha empezado a avanzar, produciéndose la deformación de ambos.

Figura 8.7. Colisión con un obstáculo deformable.

La carrocería de los vehículos está diseñada para absorber impactos y proporcionar seguridad a los ocupantes del habitáculo, dentro de unos límites, haciendo que la carrocería se contraiga y absorba la mayor parte de la energía. Pero no siempre ha sido de esta forma. Al inicio de la producción en serie de los vehículos se consideraba que la estructura tenía que ser casi indeformable, considerándose que el coche era más seguro cuanto más gruesas eran las chapas con las que estaba construido, por lo tanto desde aquel punto de vista, menos indeformable y más seguro, y, en efecto, la estructura estaba segura en las colisiones, pero de los ocupantes no se podía decir lo mismo, ya que toda la energía que se transmitía en la colisión se trasladaba en su totalidad a los ocupantes, sometiéndolos a cargas extremadamente elevadas. En la actualidad estos conceptos han cambiado, pero en el argot popular todavía se sigue relacionando la seguridad del vehículo con el grosor de la chapa.

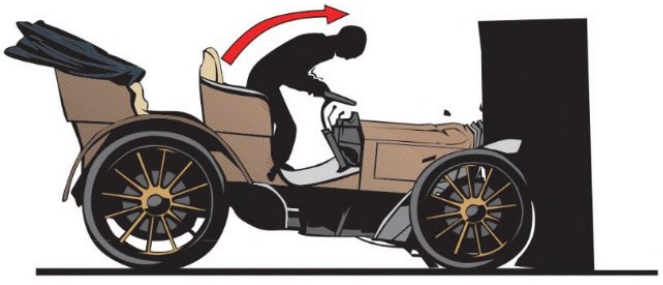


Figura 8.8. Vehículo indeformable = más riesgos para los ocupantes.

Para comprender mejor el estudio de los efectos que se producen en un vehículo ante una colisión, se exponen a continuación una serie de ejemplos tomando como base un vehículo con una estructura rectangular simple, para observar

© Ediciones Paraninfo

las distintas deformaciones producidas en función del material de construcción y del punto de aplicación de la fuerza deformadora. Las dos primeras colisiones corresponden a un vehículo con una estructura teóricamente indeformable, las siguientes son con una estructura deformable. Todas las colisiones se realizan con una fuerza de la misma intensidad.

8.2.1. Estructura muy resistente a la deformación

Golpe frontal: si la energía que ha alcanzado el vehículo antes de la colisión no es suficiente para deformar la estructura ni el muro, ocurrirá igual que al patinador cuando empujaba la pared (tercera ley de Newton), la fuerza aplicada al muro (acción) es la que le transmite el muro al vehículo, desplazándolo en la misma dirección pero en sentido contrario.

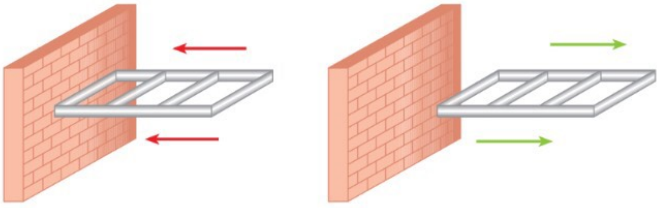


Figura 8.9. Tercera ley de Newton.

Golpe en un extremo del frontal: en este caso, el punto de colisión afecta a un lado del frontal, por tanto, toda la energía se aplica en ese punto, como hemos partido de que la estructura es indeformable, la fuerza de reacción provoca el giro de la estructura, que será mayor o menor en función del punto de aplicación (partiendo de que la intensidad del golpe es idéntica para todas las colisiones del ensayo).

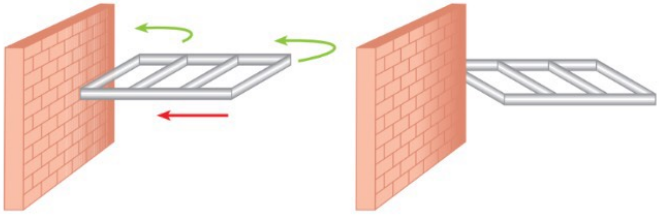


Figura 8.10. Giro al producirse un golpe en un extremo.

8.2.2. Estructura deformable

Golpe frontal: en este caso, las fuerzas de acción y reacción producen una deformación en forma de acordeón en la estructura, debido a que ambos lados están construidos con la misma forma y sus moléculas tienen la misma fuerza de cohesión. Produciéndose un acortamiento de longitud de los lados por igual.

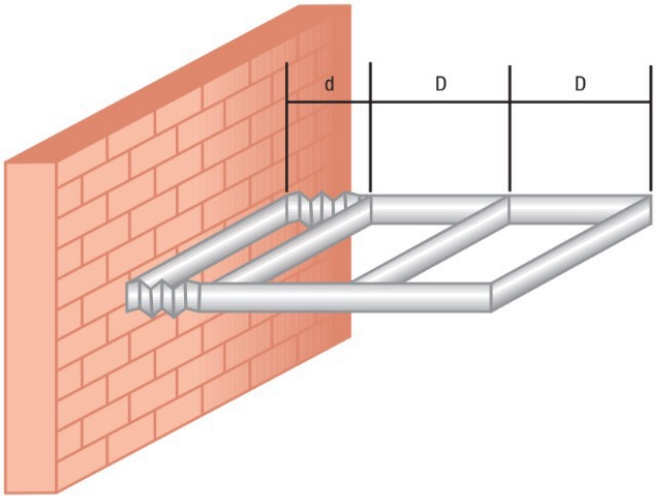


Figura 8.11. Deformación programada en una estructura deformable.

Golpe en un extremo del frontal: el punto de colisión es un lado del frontal de la estructura, por tanto, toda la energía se aplica en ese punto, provocando en primer lugar la deformación de ese lado, como en el otro lado ningún obstáculo le impide el paso, tiende a seguir su trayectoria, provocando el giro de la estructura, que será mayor o menor en función del punto de aplicación, pero en todo caso siempre tendrá tendencia a girar menos que el de la estructura indeformable.

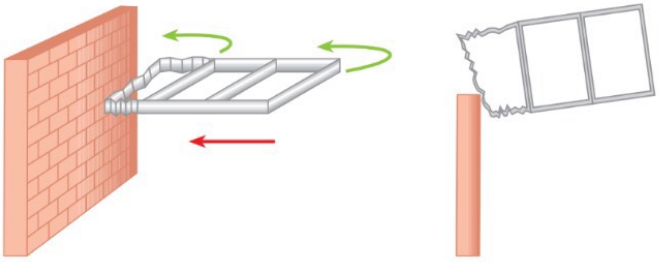


Figura 8.12. Ejemplo de una deformación.

Si repetimos la colisión frontal pero cambiando el material de construcción de uno de los lados por otro de mayor capacidad de absorción de energía deformadora se observa que el efecto producido es una deformación distinta en cada lado, siendo mayor en el lado que tiene más capacidad de absorción (Figura 8.13) y, por tanto, el acortamiento de longitud es también mayor, provocando que la estructura gire hacia ese lado.

En la realidad las colisiones no suelen producirse de forma tan simple, ni la estructura de los vehículos es tan rectangular y uniforme. En el diseño actual de las estructuras, las fuerzas deformadoras se distribuyen por toda la estructura en función del grado de deformabilidad de los materiales, canalizando y cambiando la dirección de dichas fuerzas con el objetivo de asegurar la seguridad en el interior del habitáculo.

© Ediciones Paraninfo

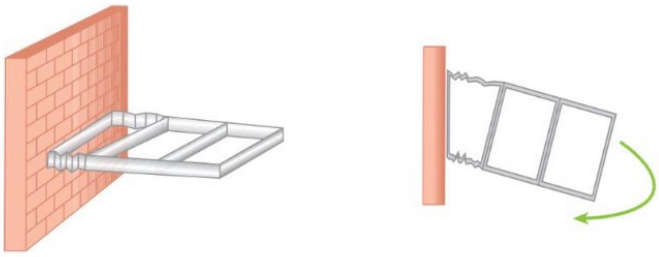


Figura 8.13. Ejemplo de deformación en una colisión.

Cuando se produce un golpe en una carrocería, como la que aparece en la Figura 8.14, se inicia la deformación en el área de contacto y se transmite, disminuyendo progresivamente la energía de colisión en la medida que se va deformando. Según avanza la fuerza de colisión, cambia de dirección en varias ocasiones y se va deformando el metal, reduciendo el valor de la energía de colisión, cuando llega al final del larguero la energía se divide en dos fuerzas (disminuyendo su valor), cambiando de nuevo de dirección, pasando al pilar delantero del habitáculo y de ahí al techo y a los bajos de la carrocería.

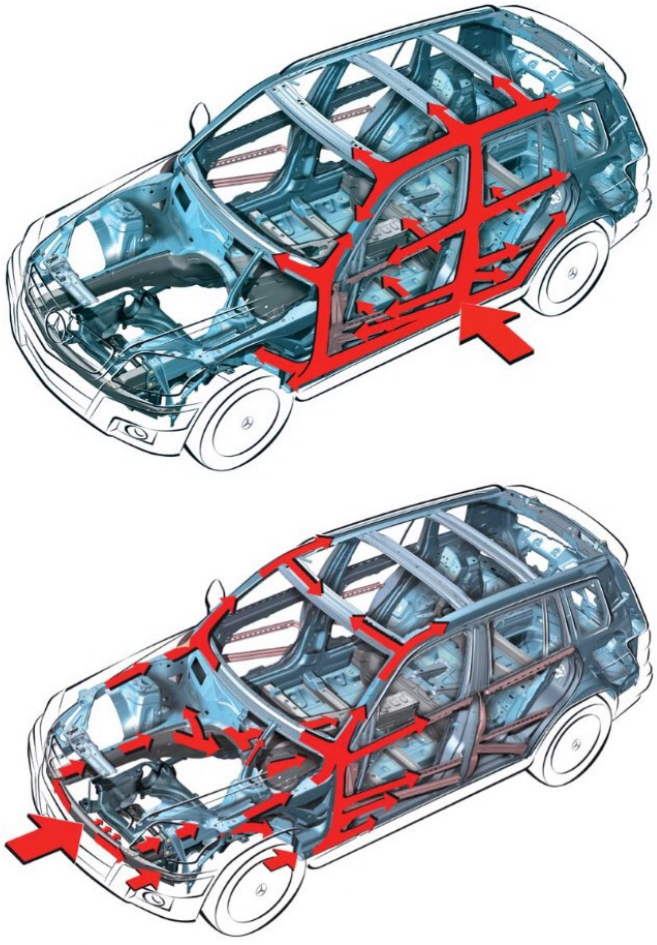


Figura 8.14. Distribución de las fuerzas en una colisión real.

La deformación total dependerá de la energía de la colisión, que a su vez depende de:

1.º El ángulo y la dirección en que se ha producido el golpe; en función de este parámetro actuarán a la vez distintas fuerzas, constituyendo un sistema de fuerzas que producirá un efecto determinado.

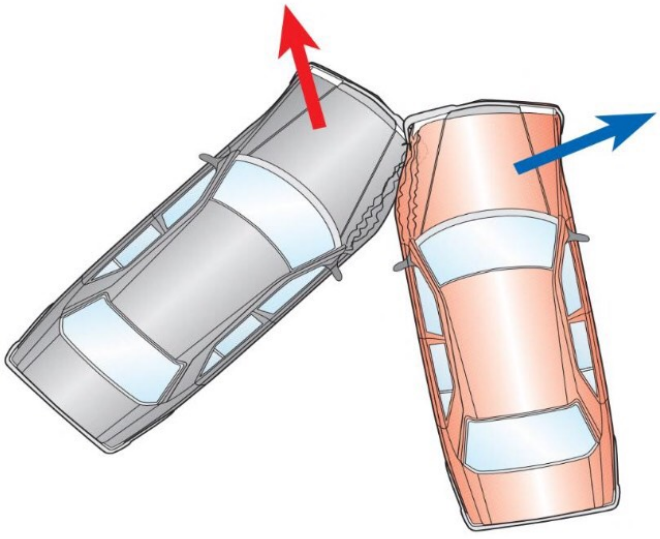


Figura 8.15. Ejemplo de colisión de dos vehículos en movimiento.

2.º La velocidad del/los vehículos en el momento de producirse la colisión; que determinará la intensidad o módulo de la fuerza de colisión.

3.º La zona del vehículo que ha intervenido en la colisión; en función de la zona donde se produce la colisión (frontal, lateral, trasera) provocará unos efectos u otros.

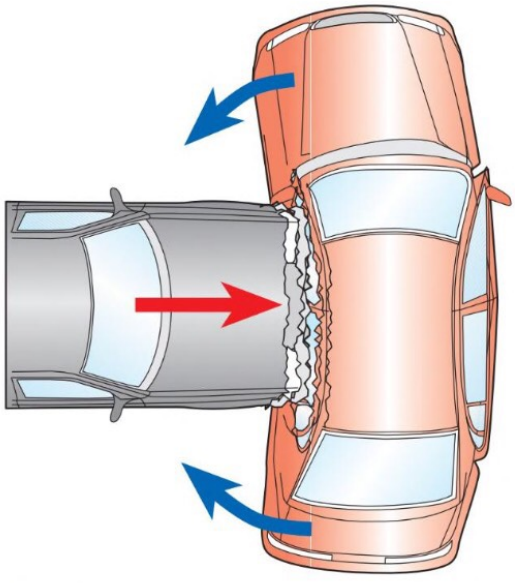


Figura 8.16. Ejemplo de deformación ante esta colisión.

© Ediciones Paraninfo

4.º Del área o superficie; si el golpe se produce como en los ejemplos anteriores (contra un muro), la superficie que interviene es amplia y, por tanto, la deformación se reparte por toda la zona. En cambio, si con los mismos parámetros, el vehículo se golpea contra una columna, los desperfectos que se producen serán más graves, ya que el área es más reducida y en cambio la energía es la misma; a este nuevo parámetro se le denomina intensidad de esfuerzo y se define como fuerza por unidad de superficie y se expresa en kilopondios por milímetro cuadrado o cualquier múltiplo o submúltiplo de esta unidad.

$$I = F / S$$

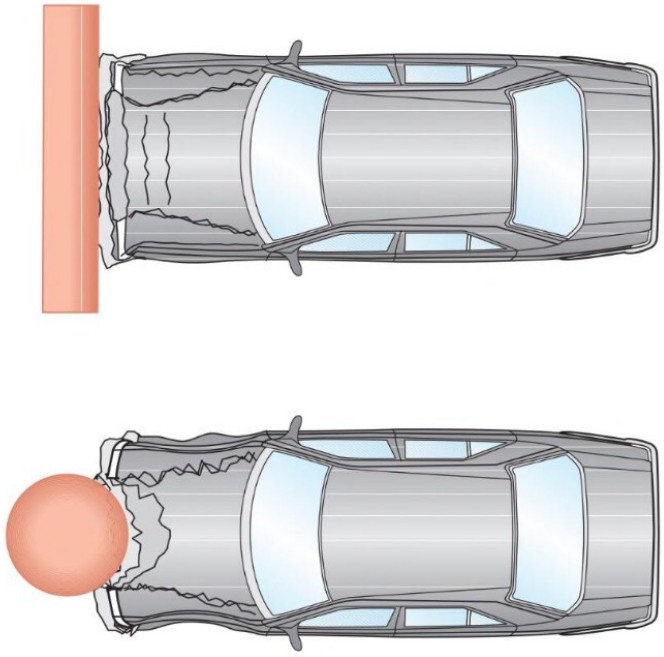


Figura 8.17. Ejemplo de deformación.

8.3. Deformación de la estructura en función de la zona de colisión

Las fuerzas que se producen cuando un vehículo colisiona contra otro en movimiento son las mismas que cuando colisiona contra un objeto parado. En la colisión de los dos vehículos en movimiento, los efectos se incrementan porque se suman las energías generadas por ambos.

Para proceder a analizar las deformaciones que se producen en una colisión es conveniente dividir la carrocería en tres partes o secciones principales:

- Sección delantera.
- Sección central.
- Sección trasera.

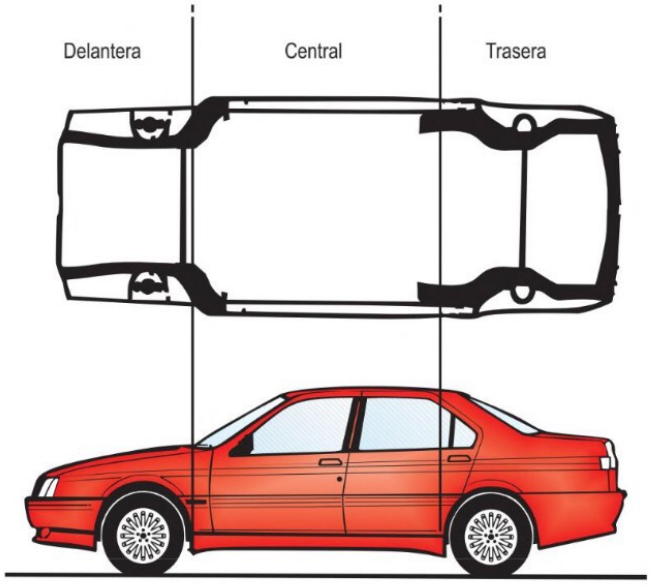


Figura 8.18. Secciones principales de la carrocería.

En función de la zona con que colisiona se producirán más o menos desperfectos, por ejemplo, en un golpe frontal contra un muro a una velocidad de 50 km/h, la sección delantera se contrae longitudinalmente de un 30 a un 40 %, en cambio la sección central solo se contrae de un 1 a un 2 % (partiendo de la base que el vehículo circule con la energía suficiente para producir estos desperfectos).

La carrocería está diseñada para resistir colisiones de una determinada intensidad sin deformarse, pero a partir del valor de esa intensidad crítica se va deformando progresivamente, en función de su diseño y del grado de deformabilidad de los materiales. Con este fin, las carrocerías tienen una serie de zonas que están especialmente preparadas para que, en caso de colisión a una determinada intensidad, se deformen y absorban la mayor parte de la energía. Estas zonas se denominan zonas fusibles o secciones derrumbables, su diseño y construcción responde a la necesidad de convertir el habitáculo en una zona segura para sus ocupantes. Estas zonas no solo están diseñadas para deformarse antes que otras, sino que además canalizan la deformación para que provoquen el menor desperfecto posible, por ejemplo, en un choque frontal hace que los largueros no se incrusten dentro del habitáculo.

En el siguiente apartado se analizan las deformaciones que se pueden producir en función de la zona de colisión, si bien es verdad que pueden estar implicadas varias zonas, por ejemplo, el vehículo que colisiona contra otro y a continuación sale despedido dando vueltas de campana o vuelve a colisionar.

© Ediciones Paraninfo

En primer lugar se analizarán colisiones de vehículos con carrocería autoportante y después los vehículos con estructura formada por bastidor y carrocería.

8.4. Efectos de una colisión en un vehículo autoportante

Los vehículos monocasco y autoportante están diseñados con una estructura envolvente constituida por la unión de chapas de diversos espesores que conforman elementos distintos (incluido el suelo de la carrocería) que, a su vez, están unidos entre sí, proporcionando una gran rigidez a todo el conjunto y posibilitando su deformación programada, consiguiendo que, en caso de colisión, los efectos sobre la estructura de la carrocería se vayan reduciendo según avanza la deformación.

Figura 8.19. Carrocería monocasco.

Cuando colisiona un vehículo contra otro, o contra cualquier objeto, no se comporta como una masa sólida, cada sección actúa como una fuerza individual que intenta mantener su estado de reposo, ofreciendo por tanto resistencia a cualquier cambio de estado. Este hecho puede provocar que unos elementos se mantengan sin deformaciones y el resto se deformen. Cada sección interviene de alguna manera en la deformación del resto en función de su diseño y de su peso, cuanto más pesada sea la sección, más fuerte es el efecto que causa (debido a la inercia).

A continuación se desarrollan para su análisis las siguientes colisiones:

- Colisión frontal.
- Colisión trasera.
- Colisión lateral.
- Colisión con vuelco.

8.4.1. Colisión frontal

Suponiendo que el vehículo colisiona contra un muro. El área de la carrocería que está en contacto directo con el muro sufre un cambio brusco de velocidad, se detiene si el vehículo tiene la suficiente energía. El resto del vehículo (sección central y trasera) continúa moviéndose en la misma dirección provocando la deformación del área que está en contacto contra el muro.

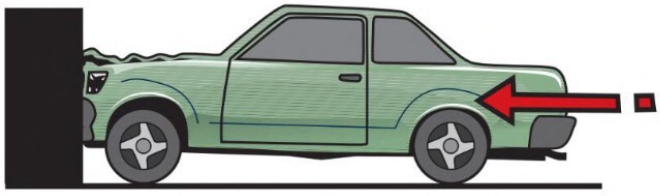


Figura 8.20. 1.º Cambio brusco de velocidad.

La fuerza de empuje del propio vehículo hace que se comience a deformar el travesaño delantero, las aletas, el capó y los largueros (desviándose normalmente hacia abajo), a la vez se inicia el levantamiento de la zona que soporta la suspensión, debido al arco que forma la carrocería para la sujeción de esta y la fuerza hacia arriba que la suspensión está ejerciendo.

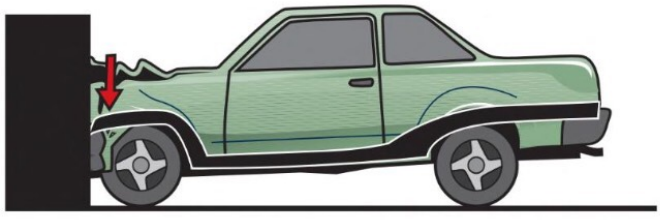


Figura 8.21. 2.º Deformación parte delantera.

La sección trasera del vehículo sigue teniendo la inercia de desplazarse hacia delante, pero se encuentra con la oposición de la sección central, produciéndose una deformación hacia arriba, provocando el cierre del hueco de la puerta y ejerciendo una mayor presión en la zona del techo que suele doblar el travesaño estructural del parabrisas delantero, y deformando el techo. Esta deformación será mayor en los vehículos que tienen el motor en la parte trasera, ya que tienen mayor peso en esa parte que los que tienen el motor en la parte delantera y en consecuencia adquieren más inercia.

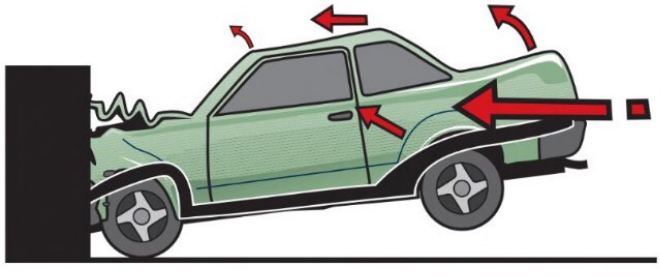


Figura 8.22. 3.º Deformación del resto de la carrocería.

© Ediciones Paraninfo

8.4.2. Colisión trasera

Si un vehículo es golpeado por la parte trasera por otro cuando está parado, o cuando circula a una velocidad inferior al vehículo que le golpea, la masa del primero se convierte en una fuerza activa contra el vehículo que está circulando a mayor velocidad, provocándose deformaciones en ambas carrocerías.

En el momento del impacto la sección delantera del vehículo que golpea entra en contacto con la sección trasera del golpeado, transmitiéndole la energía que el vehículo llevaba en ese momento. El vehículo golpeado puede ser desplazado, pero debido a la inercia que presenta se crea una fuerza interior que se opone a la fuerza aplicada, iniciándose la deformación de la sección trasera. Si los vehículos implicados en la colisión tienen el motor y la tracción en la parte delantera (en algunos casos supone el 50 % del peso total del vehículo) se desarrollan dos posibles efectos:

- En el vehículo que recibe la colisión, al tener el mayor peso en la parte delantera, la inercia mayor se crea en esta sección, oponiéndose al desplazamiento de la sección central y trasera.
- En el vehículo que colisiona es al contrario, además esta sección está más reforzada para poder soportar todo el peso.

La conclusión es que aunque ambas zonas tienen diseñadas áreas de absorción de impactos, la zona más dañada siempre será la sección trasera que recibe la colisión, deformándose generalmente como se describe a continuación.

Una vez iniciada la deformación del faldón y travesaño trasero, la energía deformadora continúa avanzando, deformando las aletas, el maletero y los travesaños, que normalmente se inclinarán hacia abajo, desplazándose sobre la suspensión y el suelo del maletero que comienza a romperse. La inercia que presentan las otras dos secciones provoca que el resto de la carrocería se resista a la fuerza exterior.

Figura 8.23. 1.º Cambio brusco de velocidad e inicio de deformación.

A medida que avanza la colisión se producen desplazamientos y deformaciones adicionales. La sección trasera se desplaza hacia arriba, intentando arrastrar a la sección central (A) que se resiste, provocando que en el extremo opuesto (B) se desplace hacia abajo.

Figura 8.24. 2.º Deformación punto A y B.

La colisión continúa hasta que se agote la energía del vehículo que colisiona, provocando que el pilar o travesaño estructural central se desplace hacia arriba y deforme el techo. Las puertas se descentran y puede que se caigan.

Figura 8.25. 3.º Deformación de las carrocerías en función de la energía de la colisión.

8.4.3. Colisión lateral

Los desperfectos laterales se producen cuando un vehículo es golpeado lateralmente por otro, o cuando choca lateralmente contra otro objeto. Las fuerzas que intervienen son similares en ambos casos. Para explicar estas fuerzas utilizaremos el ejemplo de una colisión de un vehículo que choca directamente sobre otro que está aparcado a una velocidad considerable.

En el momento del impacto, en el vehículo estacionado comienzan a deformarse las puertas y el pilar central, debido a la fuerza externa. El peso total del vehículo estacionado es la fuerza que se opone al vehículo (fuerza externa) que choca contra él.

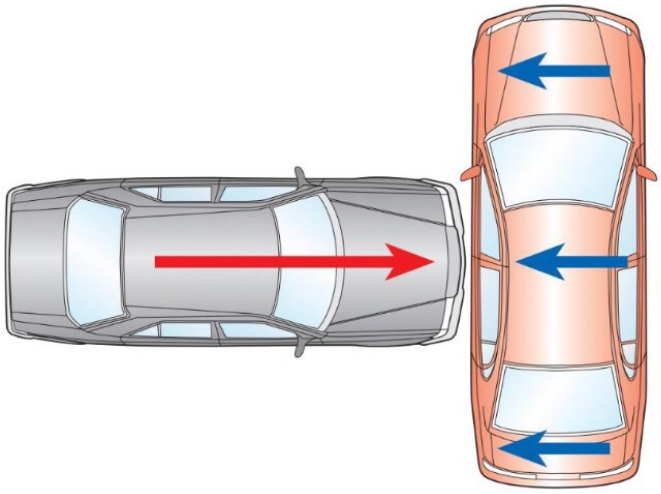


Figura 8.26. 1.º Deformación de los elementos en contacto.

El lateral del vehículo continúa deformándose a medida que la fuerza exterior le empuja (Figura 8.27). A partir de este momento, la sección central comienza a moverse en la misma dirección que la fuerza exterior se está moviendo. Los extremos se resisten al movimiento, mientras comienza a desplazarse lateralmente.

© Ediciones Paraninfo

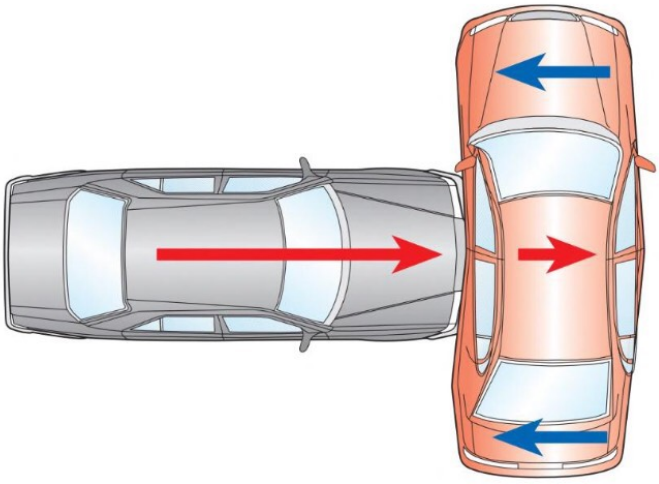


Figura 8.27. 2.º Desplazamiento del vehículo que recibe la colisión.

A medida que continúa la transmisión de energía se producen distintas deformaciones en el lateral del vehículo. La sección central del mismo comienza a moverse más rápidamente, pero los extremos continúan resistiéndose al movimiento. Continúa la deformación lateral hasta que la fuerza interna es vencida y todo el vehículo comienza a resbalar lateralmente. La combinación de la rotura del metal en la sección central y la deformación en los extremos acorta la longitud del vehículo en ese lado de la colisión.

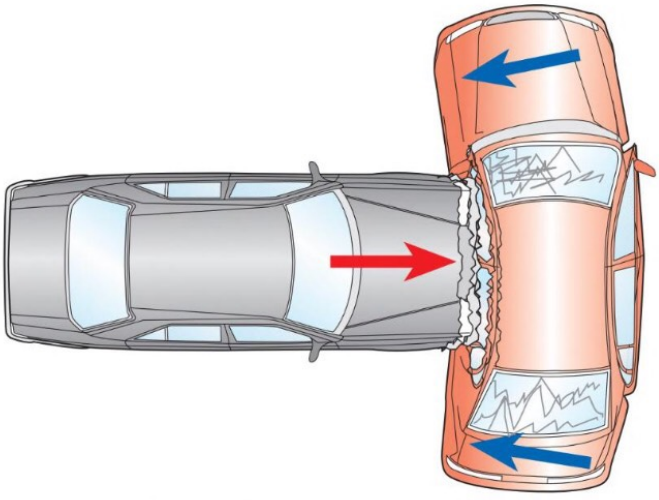


Figura 8.28. 3.º Deformación de la zona central.

8.4.4. Colisión con vuelco

La mayoría de los vehículos que se ven involucrados en este tipo de colisión pueden rodar varias veces, provocando en la carrocería varias colisiones. Cada vez que el vehículo rueda y choca contra el suelo o algún otro objeto se considera una colisión independiente y cada colisión por separado puede añadir o variar los desperfectos producidos.

En el siguiente ejemplo se analizan las fuerzas que participan en una colisión con vuelco, el vehículo solo rueda una vez.

Cuando el vehículo comienza a rodar, el techo golpea el suelo en una de las esquinas del parabrisas. Esta zona que incluye la esquina del techo, el parabrisas, la junta de la viga y la parte central de la carrocería sufre un gran cambio de velocidad, teniendo que soportar el peso del vehículo y la energía que todo el conjunto ha adquirido.

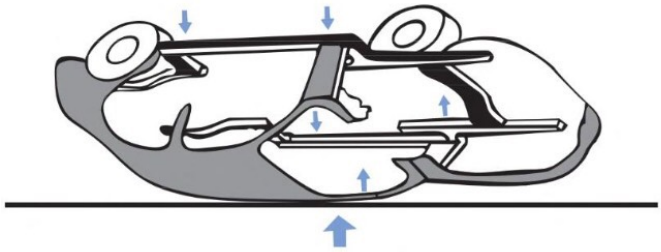


Figura 8.29. Ejemplo de deformación en vuelco.

El área en contacto con el suelo se mantiene en el mismo sitio mientras el resto del vehículo continúa moviéndose, provocando un gran desperfecto en el travesaño estructural del parabrisas y en la zona del casco superior. Sin embargo, debido a la resistencia del travesaño y del pilar central, el desplazamiento que se produce en esta zona se transmite también hacia la zona interior e inferior.

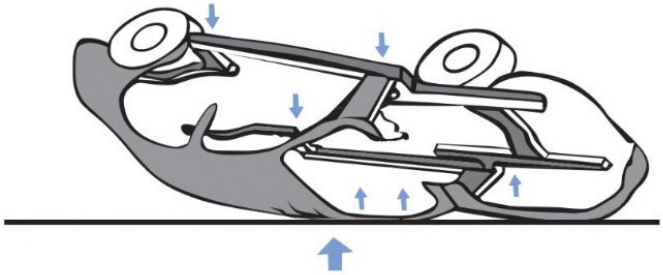


Figura 8.30. Ejemplo de deformación en vuelco.

A pesar de que la parte superior y lateral son las que tienen los desperfectos más visibles, son las zonas bajas, como los largueros, los travesaños y del área del suelo, las que mantienen el descentramiento general de la carrocería.

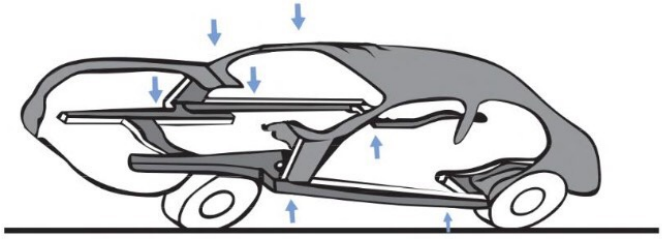


Figura 8.31. Ejemplo de deformación en vuelco.

© Ediciones Paraninfo

8.5. Efectos de una colisión en un vehículo con bastidor

Los vehículos con bastidor son aquellos cuyo diseño está básicamente definido por dos estructuras que desempeñan funciones distintas: el bastidor y la carrocería.

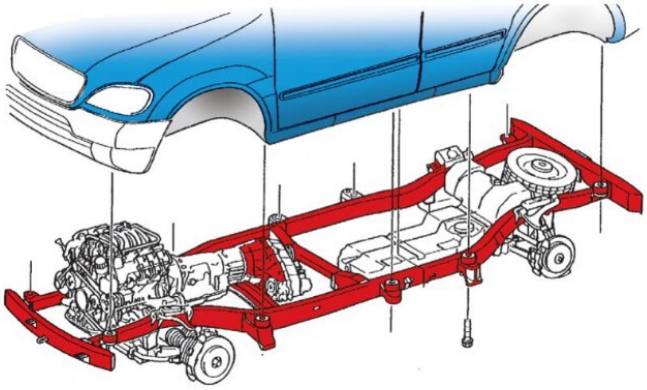


Figura 8.32. Carrocería con bastidor.

El bastidor es el que soporta todos los órganos mecánicos del vehículo y absorbe las fuerzas de flexión y torsión que se producen en la marcha del vehículo, también es la parte más resistente en caso de colisión y, al igual que en el caso de los vehículos con carrocería autoportante, tienen zonas diseñadas para absorber gran parte de la energía que se transmite en una colisión.

La carrocería está unida al bastidor de distintas formas, dependiendo del fabricante, pero, independientemente del sistema, pueden producir colisiones en puntos donde la carrocería esté poco dañada y, en cambio, el bastidor esté deformado, dependiendo de la dirección y magnitud de la colisión.

Las deformaciones del bastidor se pueden agrupar en distintas categorías, aunque en ocasiones se pueden presentar varias a la vez, siendo las más frecuentes:

- Desviación lateral.
- Hundimiento.
- Aplastamiento.
- Diamante.
- Torsión.

8.5.1. Desviación lateral

Es producida por una colisión en un lado de la carrocería, provocando el desplazamiento lateral de los largueros respecto de su línea central. El desplazamiento se sitúa hacia el lado donde se ha producido la colisión, en esta zona se puede observar que en la parte interior del larguero aparecen pliegues, además de posibles desajustes de puerta o capó según donde se haya producido la colisión.

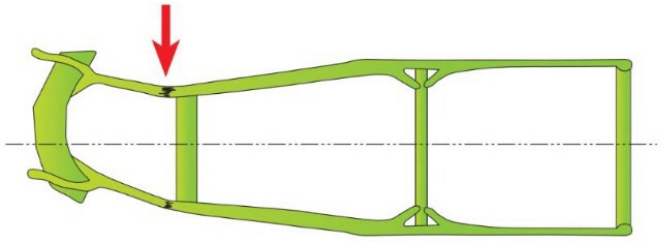


Figura 8.33. Desviación lateral.

8.5.2. Hundimiento

El hundimiento tiene lugar cuando un área está en un plano inferior de la cota establecida. Suele producirse por un impacto frontal o trasero.

Figura 8.34. Hundimiento.

El bastidor se deforma provocando pliegues que, dependiendo de la intensidad y de la zona del impacto, pueden desalinear los paneles de la carrocería, aunque aparentemente no se aprecien deformaciones.

8.5.3. Aplastamiento

Se denomina aplastamiento cuando cualquier sección del bastidor está más corto de lo especificado en las cotas. Este tipo de deformación casi siempre está acompañada por el hundimiento del bastidor en otro punto distinto a la zona aplastada, como en el caso del hundimiento se produce por una colisión frontal o trasera.

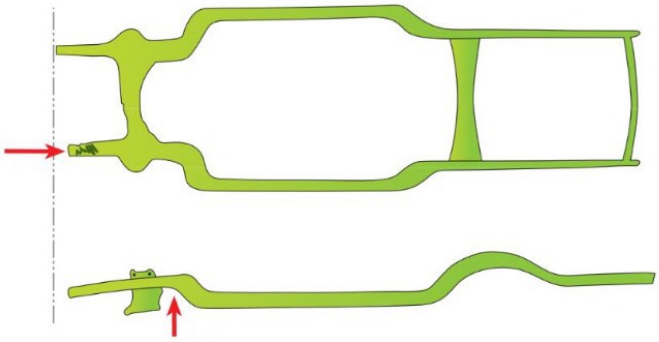


Figura 8.35. Aplastamiento.

© Ediciones Paraninfo

8.5.4. Diamante

La deformación de diamante es aquella en la que todo un lado del bastidor ha sido desplazado hacia atrás o hacia delante respecto del otro lado, provocando que la carrocería se descuadre. En este tipo de deformación pueden aparecer otros efectos como el aplastamiento y el hundimiento.

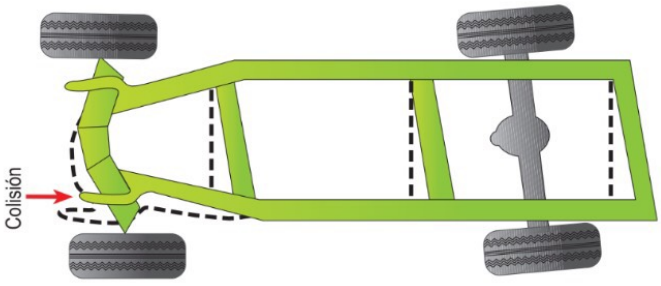


Figura 8.36. Deformación en diamante.

Esta deformación es producida cuando ha existido una colisión muy fuerte en una zona retirada del centro, que puede ser tanto en la parte delantera como trasera.

8.5.5. Torsión

Se denomina así cuando un larguero del vehículo se encuentra más elevado que las medidas establecidas en las cotas y, a la vez, el larguero opuesto está más bajo de lo indicado en las mismas, o hay hundimiento de un área con respecto a otras adyacentes.

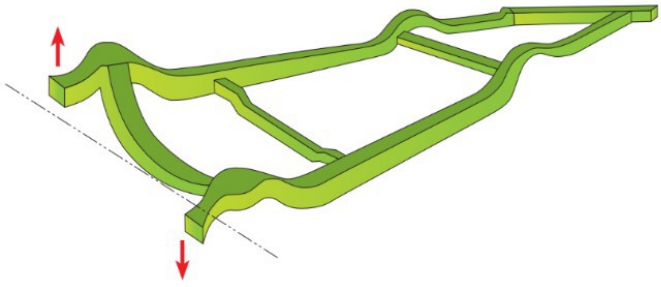


Figura 8.37. Torsión.

Esta deformación se produce cuando el vehículo colisiona contra el bordillo o la mediana a una velocidad elevada, o también cuando se produce una colisión con vuelco.

© Ediciones Paraninfo

CUESTIONES

8.1. Explica la constitución interna de los metales sólidos.

8.2. ¿Qué es la plasticidad?

8.3. ¿Por qué se produce el endurecimiento del metal cuando forma un pliegue muy pronunciado?

8.4. ¿De qué factores depende la deformación en una colisión?

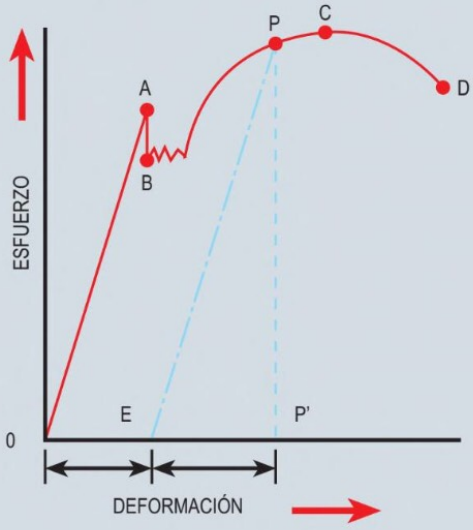
8.5. ¿Nombra los efectos más frecuentes que se pueden presentar en un vehículo con bastidor que sufre una colisión?

8.6. ¿Qué es la deformación elástica?

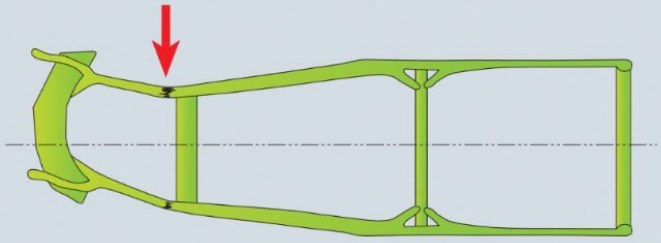
8.7. ¿Qué tipo de fuerzas intervienen en una colisión?

8.8. ¿Cuándo se dice que el bastidor tiene una deformación en diamante?

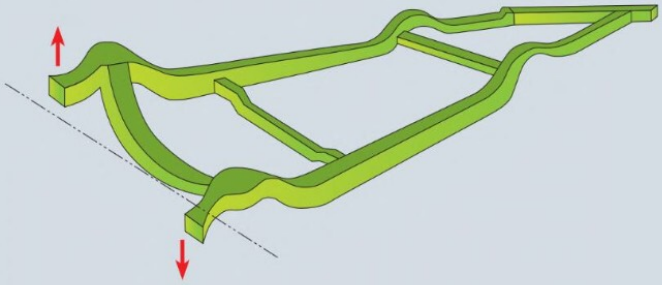
8.9. Indica qué representan los puntos del gráfico siguiente.



8.10. ¿Cómo se denomina esta deformación?



8.11. ¿Cómo se denomina esta deformación?



© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

Influencia de un golpe en un vehículo

ACTIVIDADES PROPUESTAS

8.1. Describe paso a paso cómo se produce un accidente de dos vehículos que chocan frontalmente a gran velocidad, anota cómo se van deformando los elementos de cada vehículo según avanza la deformación.

8.2. Dibuja a mano alzada las diferentes deformaciones que se pueden producir en un vehículo con bastidor y carrocería.

8.3. Señala la respuesta correcta.

1. ¿Cuáles son las propiedades de la resistencia al cambio de un metal?

a) Temperatura de evaporación y dilatación.
b) Elasticidad y plasticidad.
c) Dureza y tenacidad.
d) Temperatura de fusión y flexibilidad.

2. Las fuerzas que intervienen en una colisión son:

a) Fuerza transversal y perpendicular.
b) Fuerza del propio vehículo.
c) Fuerzas exteriores e interiores.
d) 100 N.

3. ¿En qué golpe se cumple la tercera ley de Newton?

a) Golpe frontal.
b) Golpe en un extremo del frontal.
c) Golpe lateral.
d) Golpe transversal.

4. ¿Cuáles son los golpes para comprobar la deformación de la estructura?

a) Golpe frontal y en un extremo del frontal.
b) Golpe lateral y transversal.
c) Golpe cerrado con vuelco.
d) Golpe frontal y lateral.

5. La deformación total depende de:

a) Ángulo y dirección.
b) Velocidad.
c) Resistencia.
d) Ángulo, dirección, velocidad y área.

6. ¿En qué partes se divide la carrocería para analizar las deformaciones en una colisión?

a) Media y alta.
b) Baja, transversal y alta.
c) Delantera, central y trasera.
d) Delantera y trasera.

7. ¿Cuáles son los efectos de una colisión en un vehículo autoportante?

a) Colisión frontal trasera.
b) Colisión lateral y con vuelco.
c) Colisión frontal y lateral.
d) Colisión frontal, trasera, lateral y con vuelco.

8. Una de las deformaciones del bastidor más comunes es:

a) Corte de la carrocería.
b) Licuefacción.
c) Hundimiento.
d) Destrozo.

9. El hundimiento tiene lugar cuando un área está en un plano:

a) Inferior.
b) Superior.
c) Medio.
d) Lateral.

10. Cuando cualquier sección del bastidor está más corta de lo especificado en las cotas se denomina:

a) Hundimiento.
b) Aplastamiento.
c) Diamante.
d) Torsión.

© Ediciones Paraninfo

Equipo de enderezado

Unidad 9

CONTENIDOS

Introducción
9.1 El banco de trabajo
9.2 El sistema de anclaje
9.3 El equipo de tracción
9.4 El equipo de medida
9.5 Los accesorios
9.6 Otros tipos de bancadas
9.7 Mantenimiento de los equipos de tracción
Cuestiones
Actividades propuestas

OBJETIVOS

- Identificar los diferentes tipos de bancada.
- Conocer los diferentes sistemas de tracción y anclaje.
- Conocer y seleccionar los diferentes accesorios en función del trabajo a realizar.

Introducción

Para no modificar la estructura molecular del material y, por tanto, sus características mecánicas (resistencia, dureza, tenacidad, etc.), la reparación estructural de la carrocería siempre se realizará en frío, es decir, sin aplicar ningún tipo de calor, siendo necesario utilizar grandes fuerzas en sentido contrario a las que provocaron la deformación en la colisión.

La fuerza aplicada, en ocasiones, llega a ser de varias toneladas, dependiendo de la deformación y de la zona afectada, para ello se necesita un equipamiento específico capaz de:

- Aplicarla en el punto adecuado, con la dirección correcta.
- Anclar correctamente la carrocería para no dañar otras zonas en el transcurso de la reparación.
- Tiene que permitir utilizar un equipo de medida para verificar la reparación.

Los equipos de enderezado que cumplen todas estas características son las bancadas; que son un conjunto de elementos y útiles con los que se pueden diagnosticar y reparar las carrocerías de los vehículos cuando sufren una colisión que afecta a su estructura.

Figura 9.1. Equipo de enderezado estructural.

Se pueden clasificar de distintas formas, aunque las más generalizadas se realizan en función del sistema de medida que utiliza por ser uno de los elementos de mayor importancia, pues la fiabilidad de la reparación depende, entre otros, de la precisión con que se tomen las medidas de cada cota y son:

- Bancadas universales.
- Bancadas de control positivo o de útiles.

Existen otros tipos de bancada como son: las minibancadas, las bancadas para motos o las bancadas para vehículos industriales.

Básicamente todas las bancadas tienen los mismos principios y sus diferencias se encuentran en la manera de aplicarlos y el sistema que utilizan para verificar los puntos de control de la carrocería. También existen en el mercado bancadas que están preparadas para utilizar ambos sistemas (universal y control positivo).

La elección del tipo de bancada vendrá determinada por distintos factores relacionados directamente con el taller de reparación, como:

- El volumen de trabajo.
- Los modelos de vehículos que suelen reparar.
- El espacio disponible en el taller.
- Presupuesto disponible para la adquisición de la bancada.
- Perfil profesional del carrocero/a.

Generalmente, las bancadas están compuestas por:

- El banco de trabajo (bastidor).
- El sistema de anclaje.
- El equipo de tracción.
- Los accesorios.
- El equipo de medida.

9.1. El banco de trabajo

Se denomina con este nombre a la parte más rígida de la bancada. Es el encargado de sujetar el vehículo y todos los útiles necesarios para realizar correctamente los trabajos de reparación y comprobación. Existen dos tipos de bancos:

- De bastidor elevado del suelo.
- De bastidor anclado al suelo.

9.1.1. Bastidor elevado del suelo

Está compuesto por una estructura rectangular de vigas de acero en doble "T" o en "U", las más usuales, pero también las hay de sección cuadrada, soldadas entre sí, que le hace prácticamente indeformable. La parte superior suele estar totalmente mecanizada para obtener una superficie plana de referencia, sobre la que se basa la medición de la carrocería, bien porque sostiene al equipo de medida (bancadas universales), o bien porque sirve de soporte para los útiles de medida (bancadas de control positivo).

En los bordes tienen unos rieles o cremallera que sirven de anclaje a distintos dispositivos y accesorios de la bancada (pinzas de anclaje, ruedas, gatos, soportes, etc.).

Las bancadas de control positivo tienen practicados distintos orificios en la parte superior, donde se sujetan los útiles de comprobación y anclaje.

© Ediciones Paraninfo

Este tipo de bastidor se puede encontrar en el mercado de distintas formas: fijos, móviles y sobre elevador.

- **Fijos:** el bastidor se encuentra elevado sobre el suelo mediante unas vigas que hacen de patas y que se encuentran atornilladas al suelo. Este sistema se utilizaba mucho en los inicios de las bancadas, pero tiene el inconveniente que ha de realizarse obra para el anclaje y nivelado del suelo y permanentemente están ocupando un espacio fijo en el taller.

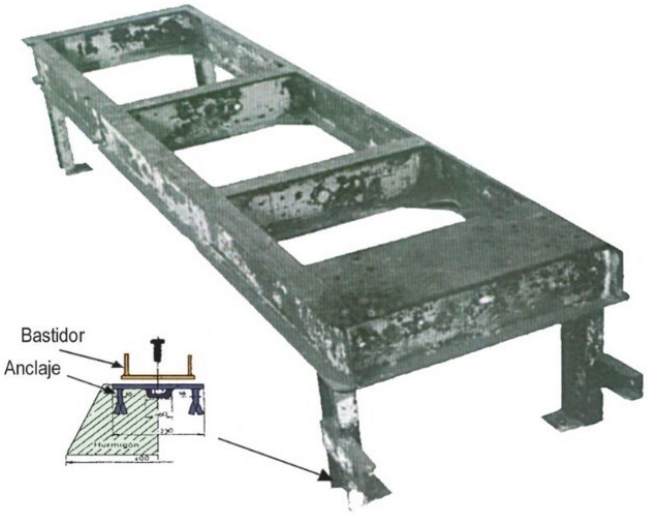


Figura 9.2. **Bancada fija.**

Actualmente, existen otros bastidores que también son fijos, pero requieren menos obras para su anclaje y nivelado, ya que tienen unas patas regulables para su correcto nivelado.

Figura 9.3. **Bancada fija.**

- **Móviles:** el bastidor se encuentra elevado sobre el suelo, pero apoyado sobre unas ruedas que pueden soportar el peso de la carrocería y todo el equipamiento de enderezado.

Figura 9.4. **Bancada móvil.**

Todas las ruedas tienen incorporado un sistema de freno y bloqueo para evitar el movimiento del bastidor en el transcurso de la reparación y, dependiendo del modelo, las ruedas pueden estar fijas en las esquinas o desplazarse a lo largo de la bancada.

La ventaja respecto al sistema anterior es que la bancada se puede trasladar a cualquier espacio del taller y no requiere ninguna obra en su instalación.

- **Sobre elevador:** en este caso el bastidor se encuentra sobre un elevador, permitiendo al operario regular la altura de la carrocería a sus necesidades de trabajo.

Es un sistema que facilita el trabajo de la reparación, ya que, en muchas ocasiones, sobre todo cuando hay que trabajar en los largueros o en la parte inferior de la carrocería, las posturas del operario pueden ser incómodas y fatigosas. Regular la altura de trabajo significa una mejora importante, tanto en tiempo como en la salud y seguridad del operario.

Existen en el mercado distintos tipos de elevadores para bastidores: de tijera (pantógrafo) y de columnas (Figura 9.6), siendo el sistema más extendido el de tijera.

Figura 9.5. **Elevador de pantógrafo.**

9.1.2. Bastidor anclado al suelo

Consiste en unos raíles que están empotrados en el suelo que hacen las veces de bastidor (Figura 9.7), donde se

© Ediciones Paraninfo

Figura 9.6. Elevador de columnas.

pueden acoplar y anclar a lo largo de los raíles los distintos útiles y accesorios necesarios para la reparación (soportes, anclajes, gatos, etc.).

Figura 9.7. Bastidor anclado al suelo.

Figura 9.8. Ejemplo de reparación de bastidor anclado a suelo.

La ventaja principal que presenta esta bancada es que cuando no se utiliza, el espacio queda totalmente libre y se le puede dar otra utilidad. El inconveniente es que se requiere realizar obra para su instalación y, por otro lado, si se quiere cambiar su ubicación dentro del taller, los raíles no son recuperables.

Es un sistema de bancada que se utiliza mucho para la reparación de vehículos de grandes dimensiones.

9.2. El sistema de anclaje

Es el conjunto de útiles y accesorios que se utilizan para fijar la carrocería al bastidor.

Todas las bancadas disponen de un sistema de anclaje para mantener la carrocería bien sujeta, al tiempo que se realizan los distintos trabajos de reparación (medición, tiros de tracción, diagnosis, etc.). El anclaje se realiza sujetando la carrocería en unos puntos concretos, previstos por el fabricante del vehículo con una serie de mecanismos que a su vez se sujetan al bastidor de la bancada.

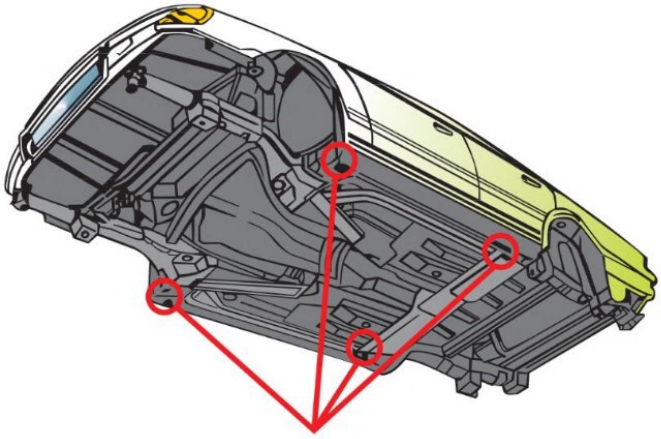


Figura 9.9. Puntos de anclaje.

Dependiendo del modelo de bancada, del modelo del vehículo y del punto de la carrocería a sujetar, se deberá utilizar el sistema de anclaje adecuado (Figuras 9.10, 9.11, 9.12 y 9.13), no obstante, existen unas mordazas universales de anclaje (Figura 9.14) que realizan el agarre en zonas resistentes, normalmente en las pestañas de los estribos.

Todos los puntos de amarre, así como los útiles adecuados, vienen descritos en las fichas técnicas de las bancadas.

Un vehículo mal amarrado puede provocar una deformación de la carrocería en puntos distintos a los provocados por la colisión, incluso ser el causante de un accidente durante el proceso de trabajo, por tanto, nunca se deberá escatimar tiempo para realizar el correcto anclaje de la carrocería.

© Ediciones Paraninfo

Figura 9.10. Sistema de anclaje.

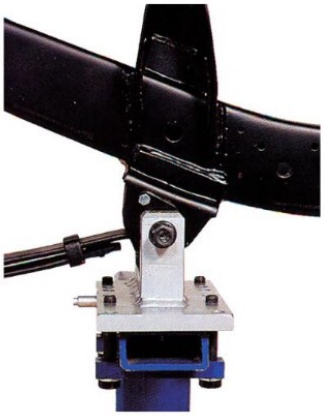


Figura 9.11. Sistema de anclaje.

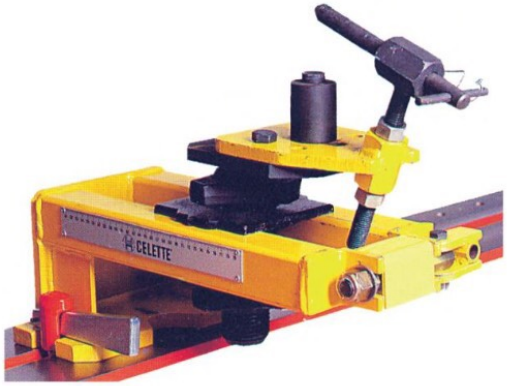


Figura 9.12. Sistema de anclaje.

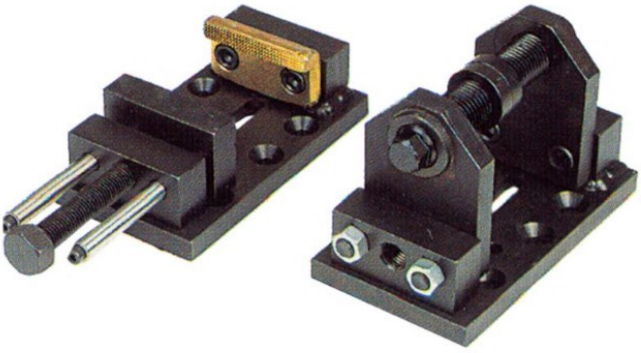


Figura 9.13. Sistema de anclaje.

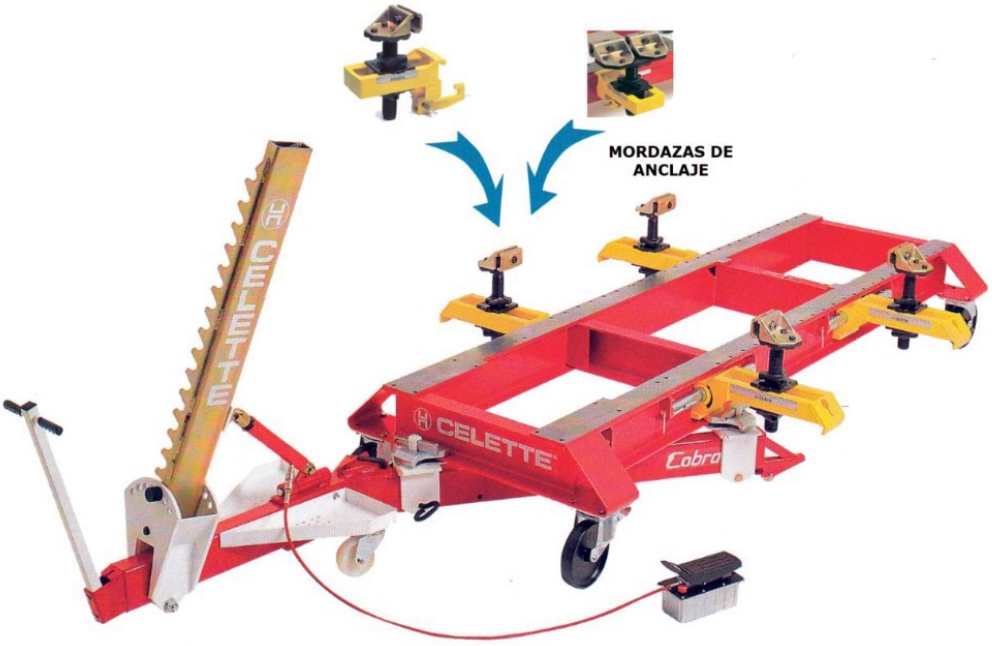


Figura 9.14. Mordazas universales.

© Ediciones Paraninfo

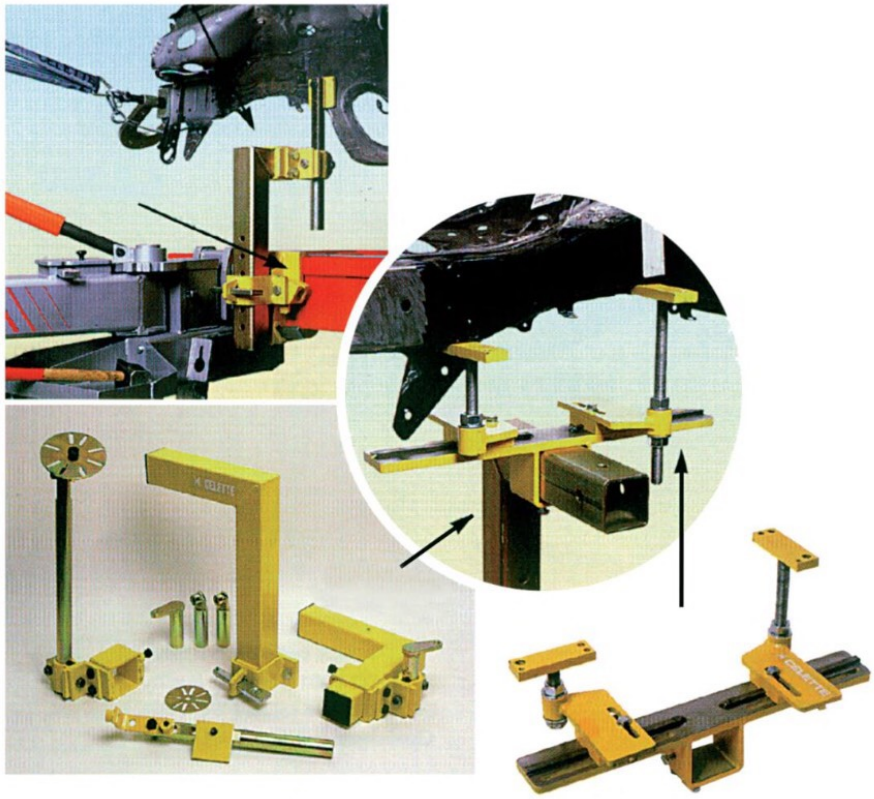


Figura 9.15. Útiles de anclaje.

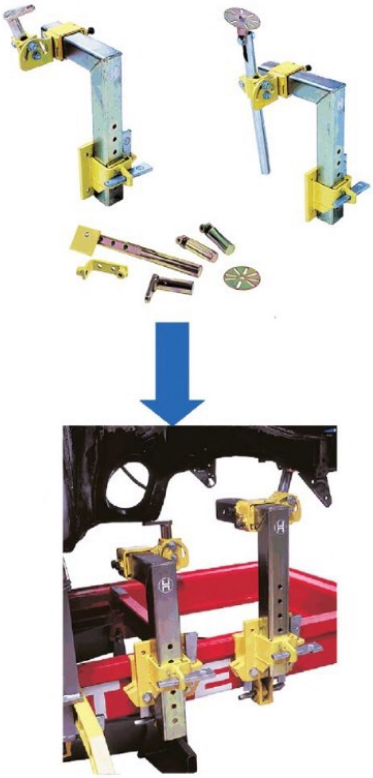


Figura 9.16 Útiles de anclaje.

En el sistema de anclaje de las bancadas se incluyen unos útiles que sirven para inmovilizar las piezas que se tengan que sustituir en el proceso de la reparación, mientras se realiza su unión definitiva mediante la soldadura o por el sistema prescrito por el fabricante del vehículo.

9.3. El equipo de tracción

Está compuesto por equipos que utilizan la fuerza hidráulica para realizar tiros de tracción o compresión, realizando esfuerzos en la misma dirección pero en sentido contrario a los que produjeron la deformación de la carrocería, con el fin de restablecer sus cotas originales.

Normalmente, suelen ser gatos comandados por una bomba oleohidráulica o hidroneumática de gran potencia.

Se puede presentar accionando tres mecanismos distintos:

- Escuadras.
- Columnas.
- Tiros vectoriales.

9.3.1. Equipo de tracción con escuadra

También llamado "L", Caimán, Cobra y otra serie de denominaciones, según el fabricante de la bancada. Está com-

© Ediciones Paraninfo

puesto por un cilindro hidráulico que es accionado con una bomba oleohidráulica o hidroneumática. Este cilindro une dos brazos que forman una escuadra y pueden bascular en su punto de unión. Cuando el cilindro es sometido a presión provoca que los extremos libres de los brazos se separen.

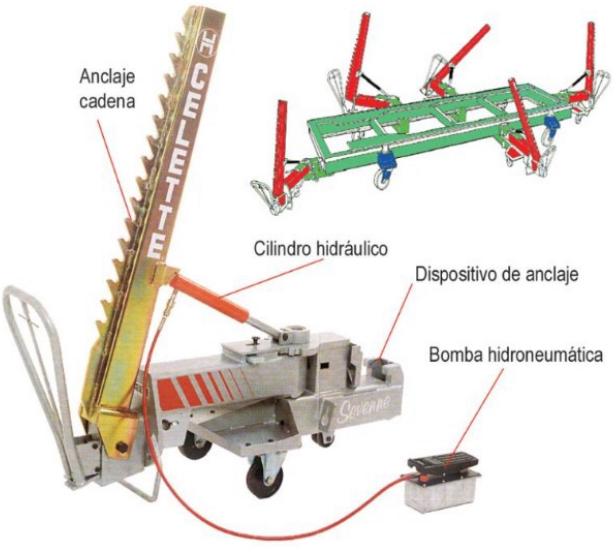


Figura 9.17. Escuadra de tiro.

El brazo que está colocado horizontalmente lleva incorporado un sistema de anclaje a la bancada y el brazo vertical tiene distintos acoplamientos para poder sujetar la cadena de tiro, formando diferentes ángulos respecto al punto deformado de la carrocería. El punto de unión de ambos brazos puede girar para que la cadena pueda ser posicionada en la misma dirección que la fuerza que provocó la deformación.

El tiro que produce este equipo de tracción en muchas ocasiones ha de ser corregido en el transcurso del estiramiento, ya que la dirección de la fuerza va cambiando según se desplaza el punto deformado.

Figura 9.18 A. Distinta posición de la cuadra de tiro.

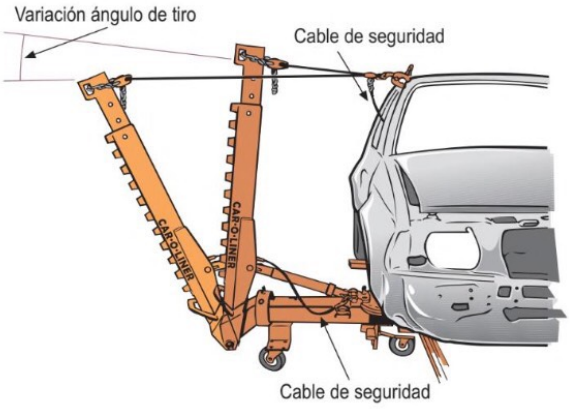


Figura 9.18 B. Variación ángulo de tiro.

9.3.2. Equipo de tracción por columna

Igual que en los sistemas anteriores, también adoptan otras denominaciones como "torre de estiraje" (Figura 9.19).

El equipo está compuesto por:

- Una bomba hidroneumática.
- Un cilindro hidráulico: instalado en el interior de la columna.

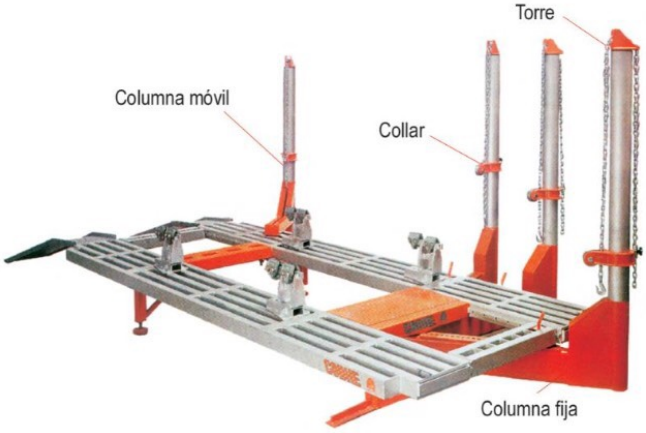


Figura 9.19. Equipo de tracción por columna.

- La columna principal: dispone en su parte inferior de un sistema de anclaje para fijarse a la bancada, pudiendo estar anclada de forma fija (nunca se desmonta de la bancada) o por el contrario ser móviles, pudiéndose desmontar de la bancada.
- La torre que se desplaza por el interior de la columna, saliendo por la parte superior, donde tiene incorporada una polea.
- El collar: que es un sistema de regulación de la altura del tiro y se desplaza por el exterior de la columna

© Ediciones Paraninfo

hasta situarlo en el ángulo de tiro necesario, posición donde se bloquea y no tendrá movimiento mientras se realiza el estiramiento, en la parte posterior tiene un anclaje para sujetar la cadena de tiro.

Figura 9.20. Tiro de tracción con columna.

El funcionamiento del equipo es muy simple, la cadena de tiro está fijada al collar, pasa por la torre y, de nuevo, atraviesa el collar por el lado opuesto en forma de polea, donde se ancla a la carrocería para tirar de un punto en concreto. Cuando la bomba hidroneumática transmite su presión al cilindro provoca el desplazamiento de la torre hacia arriba que, a su vez, tira de la cadena, pero como esta tiene un extremo anclado en el collar (que no se puede mover), se produce el desplazamiento desde el otro extremo que está anclado a la carrocería, extrayendo la deformación. En algunos modelos, el extremo de la columna, en lugar de estar anclado al collar, se encuentra fijado a la torre, pero de esta manera se pierde fuerza de tiro.

La principal característica de este equipo es que la dirección de tiro permanece constante en todo su desplazamiento, característica que le hace ser un equipamiento idóneo para determinados tiros.

Figura 9.21. Tiro constante, no hay variación de ángulo.

9.3.3. Equipo de tracción por tiros vectoriales

Este equipo se basa en los sistemas de fuerzas angulares, donde se estudian detenidamente los puntos de anclaje de la cadena de tiro para que, aplicando una única fuerza en cada polígono formado, el punto deformado retorne a sus cotas originales.

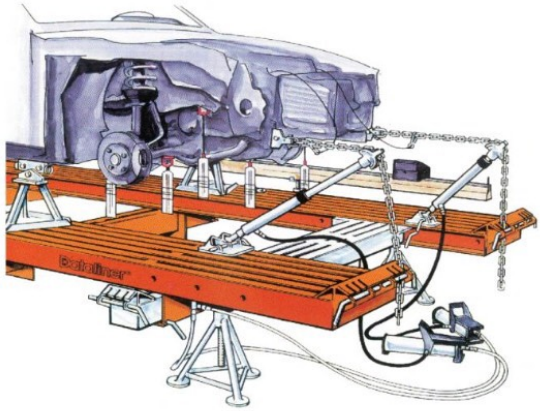


Figura 9.22. Equipo de tracción vectorial.

El equipo más simple de este método está compuesto por un gato hidráulico de expansión que suele incluirse como accesorio al equipamiento de las bancadas; de hecho, en los sistemas explicados anteriormente hay que recurrir a este sistema en determinadas deformaciones para provocar un tiro adicional.

También existen bancadas que están diseñadas especialmente para utilizar este equipo y vienen preparadas con soportes de apoyo para los gatos hidráulicos y amarres para las cadenas. Los gatos pueden ser actuados con una bomba manual o hidroneumática.

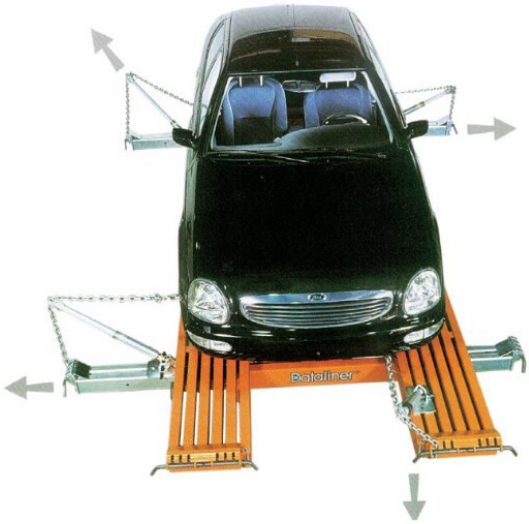


Figura 9.23. Bancada con equipo vectorial.

© Ediciones Paraninfo

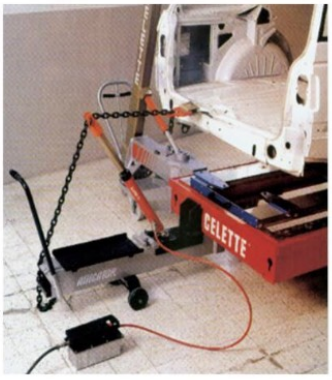


Figura 9.24. Escuadra tiro vectorial.

Figura 9.25. Escuadra vectorial con tres gatos.

Para las bancadas que utilicen los sistemas explicados anteriormente, también existen unas escuadras vectoriales que tienen incorporados uno o varios gatos, que se anclan a la bancada igual que los sistemas anteriores. La escuadra dispone de varios gatos que actúan conjuntamente; unos serán para tirar y otros para empujar.

Figura 9.26. Tiro vectorial con mando único.

El accionamiento de estos gatos suele realizarse mediante una bomba hidroneumática, en el caso de la escuadra que dispone de varios gatos, dispone además de una llave para enviar la presión al gato deseado.

9.4. El equipo de medida

La medición en las reparaciones estructurales de la carrocería resulta fundamental para asegurar que las cotas de los puntos deformados una vez efectuada la reparación sean las indicadas por el fabricante del vehículo. Las cotas de la estructura de la carrocería están en estrecha relación con la geometría de la suspensión y de la dirección que, por otro lado, son sistemas que en los vehículos actuales tienen pocas posibilidades de ser manipulados para corregir variaciones, como ocurría en los vehículos antiguos, donde existía la posibilidad de corregir muchos de los ángulos de estos sistemas (avance, caída, altura, etc.). Una variación en las cotas de la estructura de la carrocería no corregida puede suponer una pérdida de seguridad y del correcto comportamiento dinámico del vehículo, además de producir vibraciones, ruidos o un desgaste excesivo en alguno de los mecanismos del vehículo.

Existen distintas formas de comprobar la reparación de la carrocería:

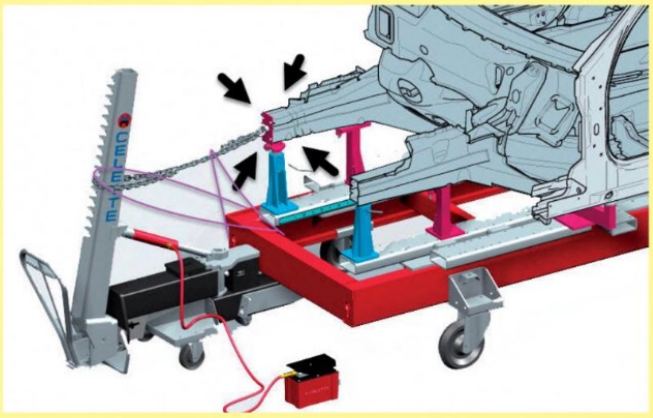
- Empleando útiles específicos para el control de cada punto de la carrocería seleccionado por cada fabricante de vehículos, siendo necesario disponer de útiles distintos para cada vehículo.
- Utilizando un sistema de medida universal que permite controlar los puntos de cualquier carrocería.
- Utilizando un sistema de medida basado en la comparación de los puntos simétricos de la carrocería.

El primer sistema se denomina de control positivo o de útiles, y está compuesto por una serie de calibres fijos para cada punto a comprobar, estos calibres están diseñados por el fabricante de la bancada a partir de las dimensiones proporcionadas por el fabricante de vehículos y de su propia investigación. Son fáciles de utilizar pero requiere poder disponer de un número de útiles muy amplio en caso de que sea un taller no marquista, aunque en la actualidad, y debido al gran número de modelos de vehículos, el proveedor de la bancada dispone de un sistema de alquiler de los útiles talleres. Este sistema también es conocido por el nombre MZ y ha tenido distintas evoluciones, la última el sistema (MZ+), que básicamente consiste en la separación del actual juego de fijación en dos partes: pistón y terminal. En otras palabras, de una pieza del juego de fijación que se tenía se pasa a tener dos piezas. El objetivo ha sido reducir la pieza que difiere de modelo a modelo.

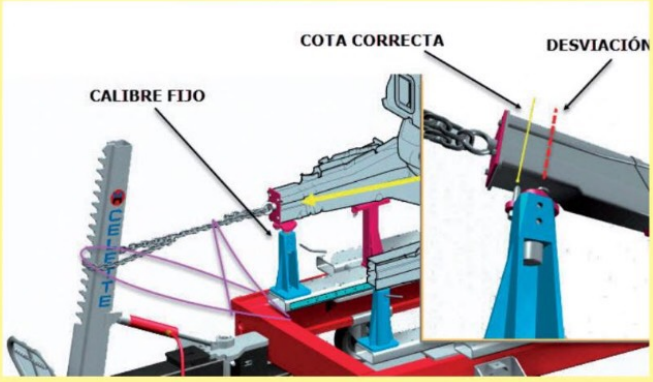
A continuación se expone un proceso de este sistema de medida.

© Ediciones Paraninfo

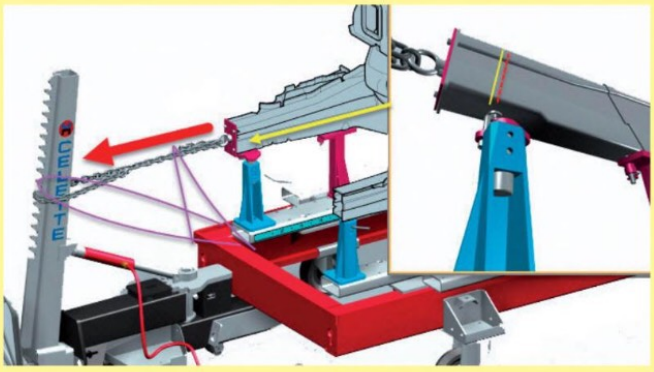
El vehículo ha sufrido una deformación en el larguero derecho.
La carrocería se ha montado en la bancada e instalado los útiles de medida, sujeción y tiro.



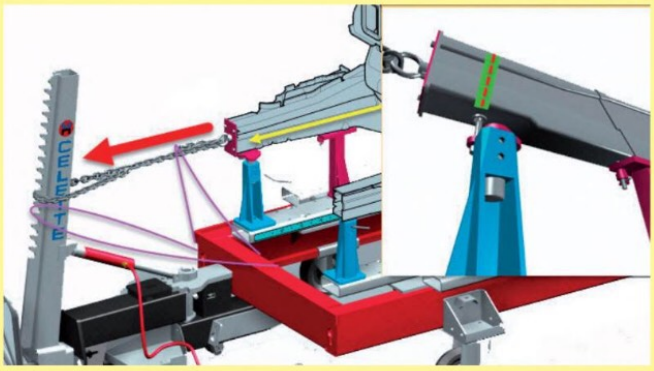
A través del calibre fijo se puede comprobar la desviación que se ha producido como consecuencia de la deformación producida por el golpe.



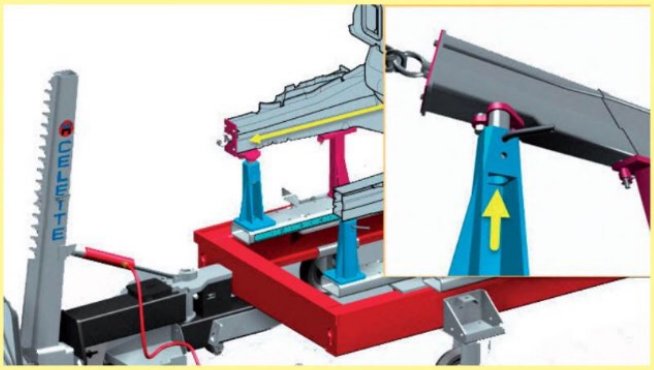
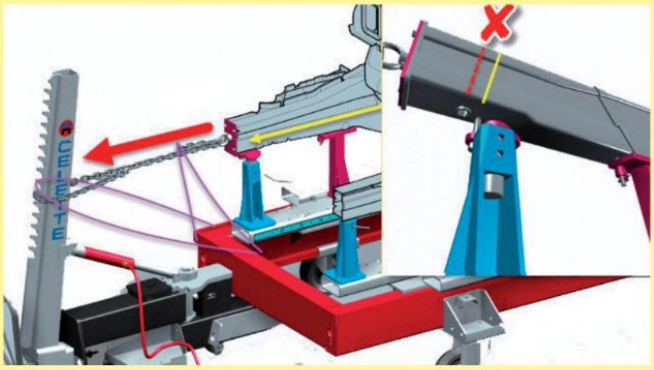
Con los útiles de tiro se va enderezando el larguero y la zona de desviación va disminuyendo.



Una vez que desaparece la desviación y el punto de control del larguero coincide con el punto de la cota, dejar de hacer tiro.



© Ediciones Paraninfo

Si al dejar de hacer tiro ambos puntos coinciden, subir el eje del calibre e introducirlo en el punto de control.	
Tener especial cuidado con no pasarse al hacer el tiro, siempre es mejor comprobar con asiduidad hasta hacer coincidir los puntos.	

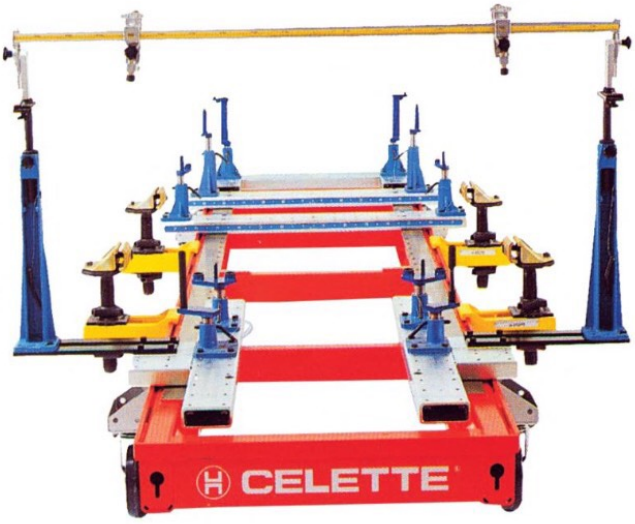


Figura 9.27.A. Control positivo.

El segundo sistema se denomina de control universal o dimensional, en el mercado existen distintos equipos y útiles que realizan esta función, su característica principal es que puede medir por comparación o directamente cualquier punto de la carrocería de cualquier vehículo.

En la actualidad, las bancadas de control positivo suelen venir preparadas para poder utilizar también los sistemas de medidas dimensionales.

El tercer sistema se basa en comprobar la estructura de la carrocería, comparando distancia entre los puntos simétricos, existiendo en el mercado distintos útiles para este fin.

Figura 9.27.B. Ejemplo de control.

© Ediciones Paraninfo

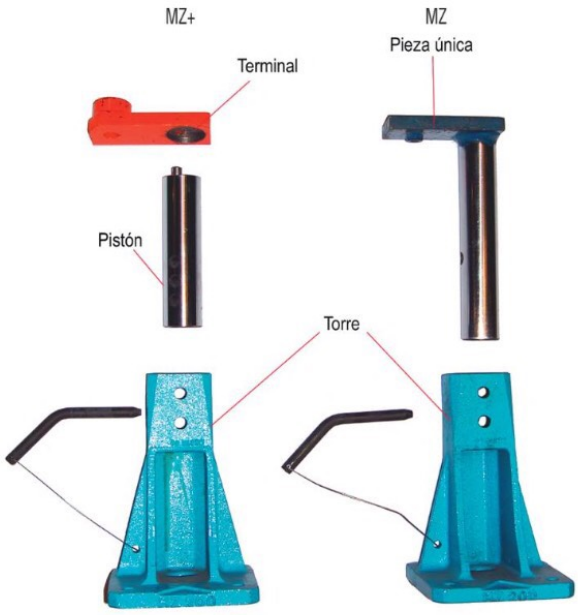


Figura 9.27.C. Sistema MZ+ y MZ.

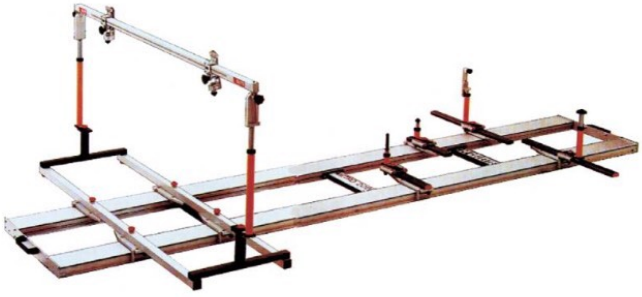


Figura 9.28. Control dimensional.

Todos estos sistemas se desarrollan con mayor amplitud en el tema de diagnóstico de daños estructurales.

9.5. Los accesorios

Para realizar la reparación, además de los componentes explicados anteriormente, son necesarios otra serie de útiles, sin los cuales en algunos casos no sería posible la reparación, y en otros, para que pueda ser llevada a cabo de la forma más adecuada y en el menor tiempo posible. Los más utilizados se describen a continuación, no obstante, no son todos, ya que en determinados vehículos se requiere un utillaje específico.

9.5.1. Cadena

Es uno de los elementos indispensables en la reparación de la carrocería. Están fabricadas para soportar la fuerza de tracción de los gatos hidráulicos que se incluyen en el equipamiento de la bancada (son distintas a las que se suelen suministrar habitualmente en las ferreterías). En caso de necesitar otras cadenas, se deben pedir al fabricante de la bancada.

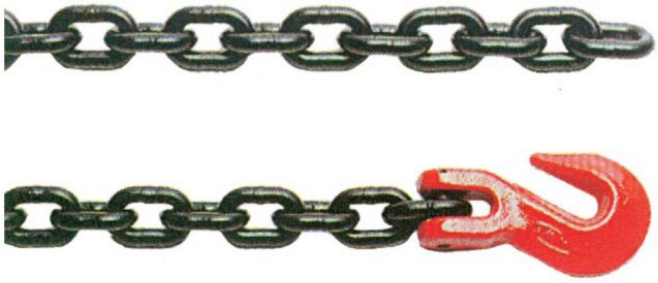


Figura 9.29. Cadena.

En caso de rotura de un eslabón, este no debe soldarse, pues se desconoce la fuerza de tracción que sería capaz de soportar y puede suponer un serio peligro.

Las características que definen a una cadena son: la longitud, la fuerza de tracción que es capaz de soportar, el diámetro de los eslabones y el sistema de anclaje que tiene en sus extremos.

9.5.2. Eslinga textil

Es una cadena de fibra textil capaz de soportar la fuerza de tracción de los gatos hidráulicos incluidos en el equipamiento de la bancada. Tiene la ventaja de ser más ancha que la cadena y no dejar marca en la chapa donde realiza el tiro. Este tipo de cadena se utiliza mucho en la industria para trasladar pesadas cargas o como sistema de seguridad de los operarios de la construcción.

Figura 9.30. Eslinga.

9.5.3. Uniones de cadena

Es un útil que se utiliza cuando es necesario prolongar dos cadenas.

Figura 9.31. Uniones cadena.

© Ediciones Paraninfo

9.5.4. Mordazas

Es el útil encargado de anclar la cadena en la zona donde se desea realizar el tiro. Como las zonas donde se tienen que realizar los tiros pueden tener una geometría y conformación muy diferente, existe una gran gama de mordazas, con diferentes configuraciones. A continuación se exponen las más habituales:

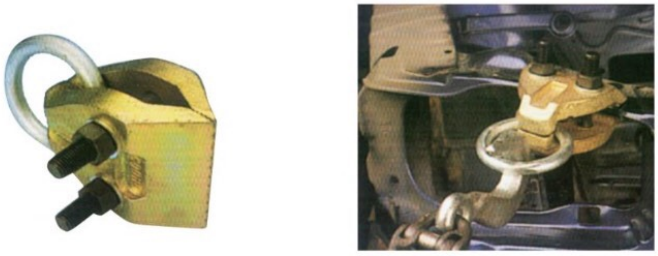


Figura 9.32. Mordazas para realizar tiros rectos.

Acoplando un útil a las mordazas anteriores se pueden realizar tiros desde cualquier ángulo, aunque existen también mordazas que ya vienen preparadas para realizar este tipo de tiros.

Figura 9.33.

Existe también una doble mordaza para realizar tiros laterales sin que se revire.

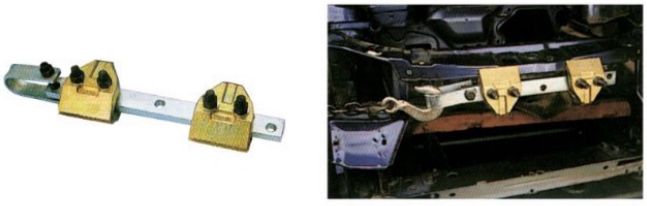


Figura 9.34.

Mordazas autoblocantes: actúan de forma que al ejercer la tracción, se ajusta con más fuerza a la superficie de acoplamiento. Esto se consigue gracias a la forma cónica que tiene en el extremo opuesto, cuanto mayor es el tiro, el cono se desplaza haciendo bascular el extremo de sujeción.

Figura 9.35.

Mordazas diseñadas para salvar pestañas y entrar en lugares estrechos de difícil acceso.

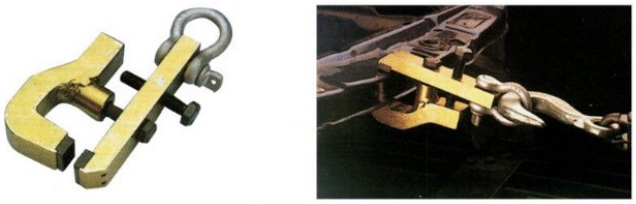


Figura 9.36.

Mordazas finas, diseñadas para lugares estrechos, como pueden ser los largueros de la carrocería.

Figura 9.37.

Mordazas para enderezar techos, cuyo punto de sujeción está preparado para fijarse al vierteaguas.

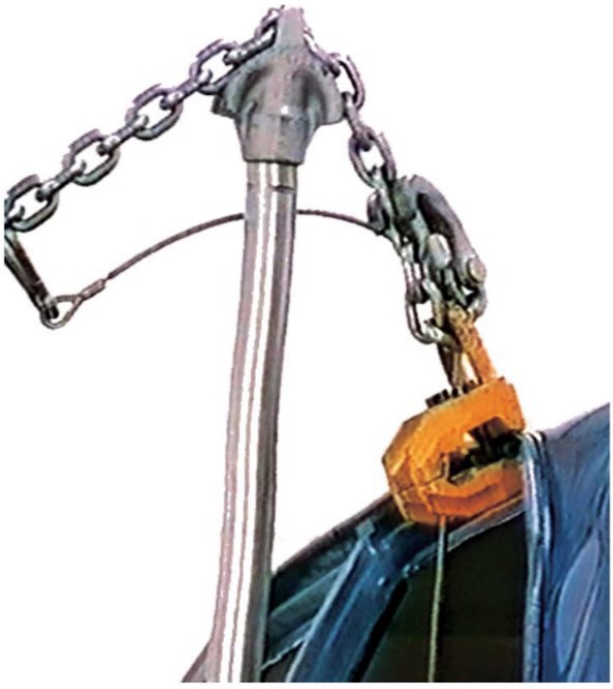


Figura 9.38. Ejemplo de sujeción para realizar tiro en el techo.

Mordazas diseñadas para efectuar tiros en distintas direcciones sin cambiar el anclaje de la mordaza.

© Ediciones Paraninfo

Figura 9.39. **Mordazas para varios tiros.**

Mordaza tipo tijera.

Figura 9.40. **Mordazas tijera.**

9.5.5. Cable de seguridad

Su función es limitar el desplazamiento de la cadena de tiro y las mordazas en caso de rotura o deslizamiento sobre la superficie de acoplamiento.

También se utiliza para limitar el desplazamiento del equipo de tracción en los casos anteriores.

Figura 9.41. **Cadena de seguridad.**

9.5.6. Reenvío

Es un útil que se utiliza para cambiar la dirección del tiro.

Figura 9.42. **Reenvío.**

9.5.7. Plataformas rodantes

Es un útil que se utiliza para trasladar vehículos que tienen las ruedas bloqueadas (Figura 9.43).

Figura 9.43. **Plataforma rodante.**

9.5.8. Cabrestante

Es un torno que tiene acoplado algunas bancadas para subir los vehículos a la plataforma. Al igual que el resto de los cabrestantes utilizados en la industria pueden ser manuales o eléctricos (Figura 9.44).

9.5.9. Pilar de apoyo

Se utiliza para poder elevar un punto de la carrocería cuando se encuentra en un elevador (Figura 9.45).

9.5.10. Placa de anclaje universal

Es una placa que dispone de múltiples orificios para que se pueda atornillar o fijar en distintas zonas de la carrocería y realizar tiros rectos (Figura 9.46).

© Ediciones Paraninfo

Figura 9.44. Cabrestante.

Figura 9.45. Pilar de apoyo.

Figura 9.46. Placa de anclaje universal.

9.5.11. Elevador móvil

Es un elevador portátil que se emplea para montar la carrocería en la bancada o poder realizar diagnósticos.

Figura 9.47. Elevador móvil.

9.5.12. Caballetes con ruedas

Son unos soportes con ruedas que sirven para desplazar la carrocería a la zona de reparación. Dependiendo de su altura, también se utilizan para desmontar la mecánica.

Figura 9.48. Caballete con ruedas.

9.5.13. Caballetes individuales

Son unos soportes que se emplean para mantener el vehículo elevado mientras se introduce la bancada y proceder a su amarre.

© Ediciones Paraninfo

Figura 9.49. Caballetes individuales.

9.5.14. Útil McPherson

Útil que se adapta a las torres de suspensión para efectuar tiros sin deformarlas.

Figura 9.50. Útil torre suspensión McPherson.

9.5.15. Extensor mecánico

Son unos brazos extensibles que se utilizan para evitar la deformación de huecos de la carrocería cuando se realizan los tiros. Para esta operación también se pueden utilizar los gatos hidráulicos conectándoles unos agarres especiales en sus extremos.

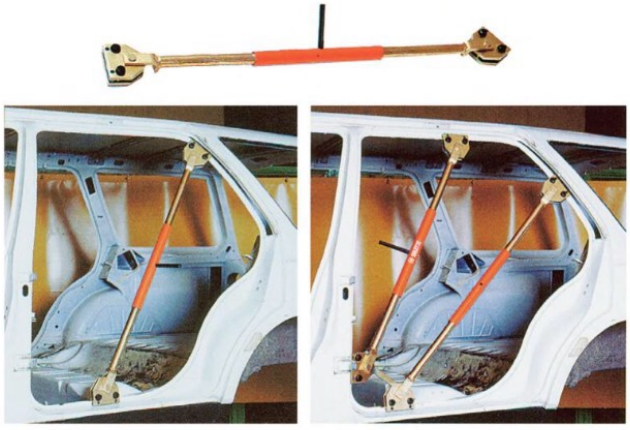


Figura 9.51. Extensor mecánico.

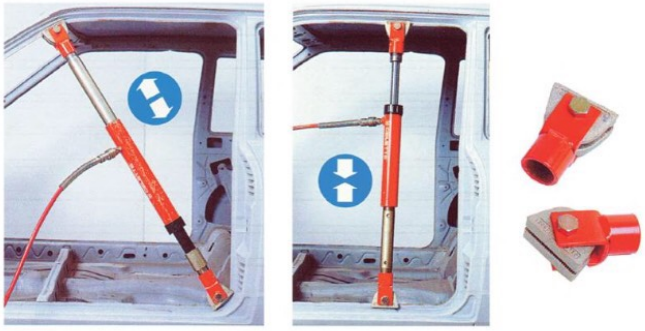


Figura 9.52. Extensor hidráulico.

9.5.16. Gancho de tracción universal

Es un útil diseñado para realizar los primeros tiros en grandes daños.

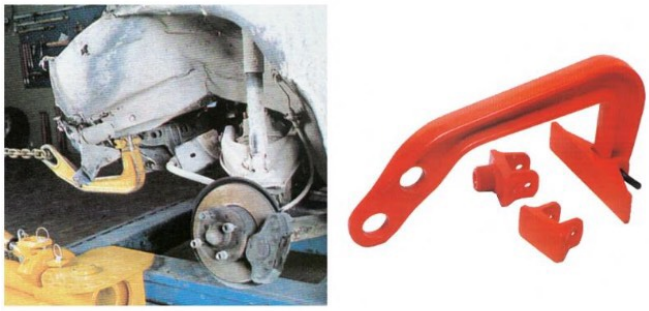


Figura 9.53. Gancho tracción universal.

9.5.17. Equipo hidráulico portátil

Está formado por gatos hidráulicos en cuyos extremos se pueden acoplar distintos adaptadores y extensiones para enderezar las zonas deformadas, pudiendo usarse para comprimir, tensar o estirar la chapa en distintas posiciones y zonas como:

- Separación de largueros.
- Huecos de puertas.
- Separación de los montantes centrales.
- Aproximación de los montantes centrales.
- Separación de guardabarros.
- Restablecimiento de la diagonal del habitáculo.
- Etcétera.

El equipo está compuesto (Figura 9.55) por una bomba hidráulica manual y unos cilindros hidráulicos de distintas dimensiones que se conectan entre sí mediante una tubería flexible de alta presión, ya que este equipo puede suministrar una fuerza de tracción de hasta 10 toneladas. En los cilindros hidráulicos se pueden acoplar distintos soportes y extensiones, utilizando unos acoplamientos rápidos, que variarán en función del punto donde haya que aplicar la fuerza.

© Ediciones Paraninfo

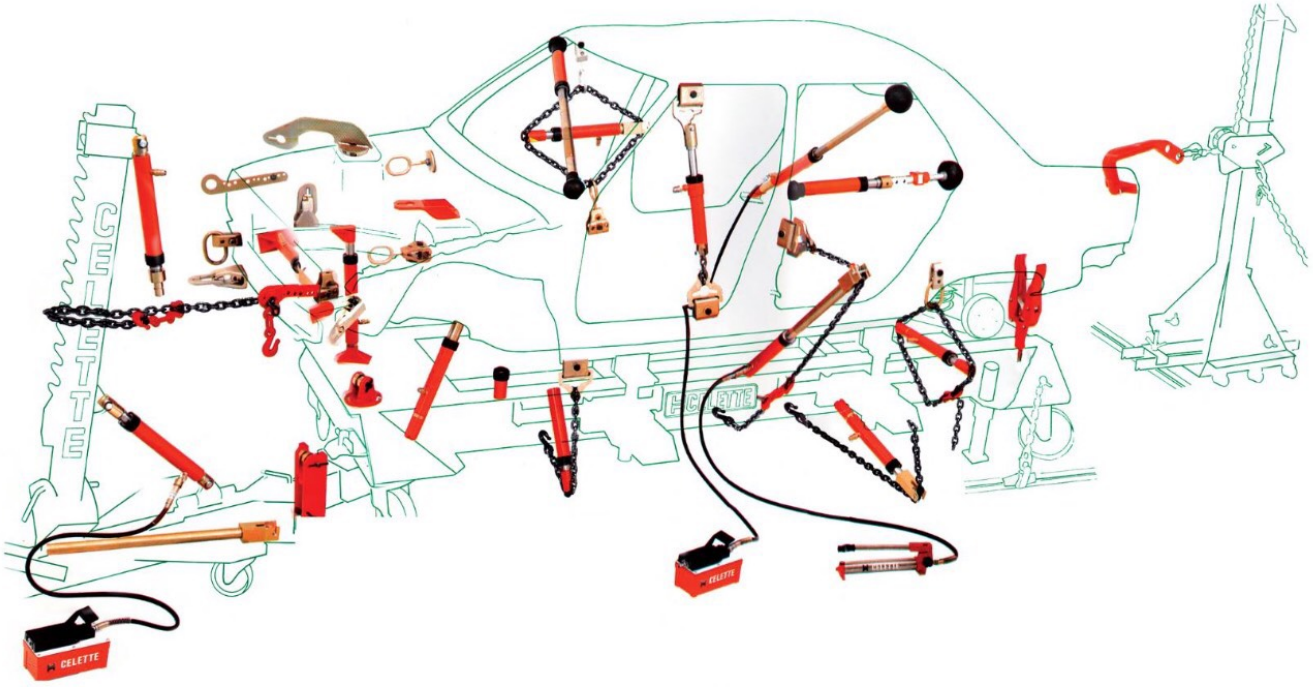


Figura 9.54. Equipos hidráulicos portátiles.

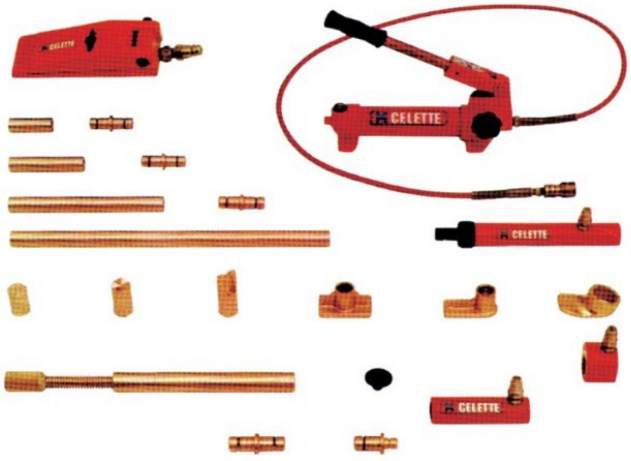


Figura 9.55. Elementos de un equipo hidráulico.

9.6. Otros tipos de bancadas

Además de las descritas anteriormente, existe una gran variedad de bancadas, cada una con una característica determinada que le diferencia de las demás, pero sus principios de funcionamiento son iguales. A continuación se detallan algunas de ellas.

9.6.1. Bancadas para vehículos industriales

Son bancadas cuyos principios son similares a los que se utilizan para los turismos, salvo que sus estructuras son más robustas para poder realizar y soportar mayores esfuerzos. Al igual que en la reparación de los turismos, existen bancadas de bastidor, elevado del suelo y de bastidor anclado al suelo. La elección del sistema a utilizar vendrá determinada, entre otras cosas, por la zona a reparar del vehículo (Figuras 9.57 y 9.58).

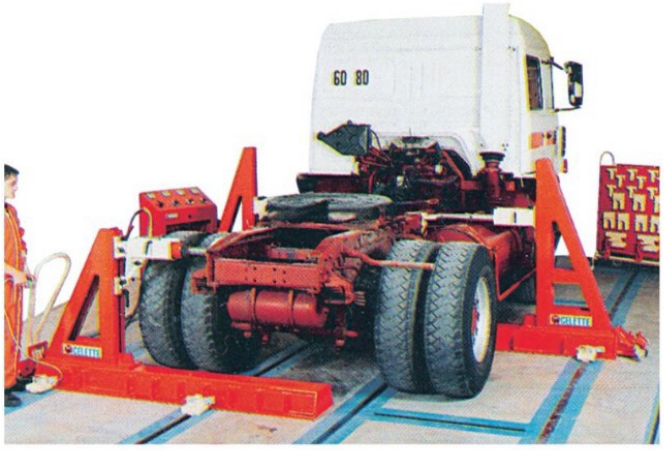


Figura 9.56. Bancada anclada al suelo.

© Ediciones Paraninfo

En la Figura 9.59 aparece el equipamiento básico para la reparación de las cabinas de camión de carga pesada:

- Banco concebido para el enderezamiento de las cabinas.
- Juego de soportes universales.
- Gálibo específico para cada cabina.
- Torres de tracción.

Figura 9.57. Reparación travesaños.

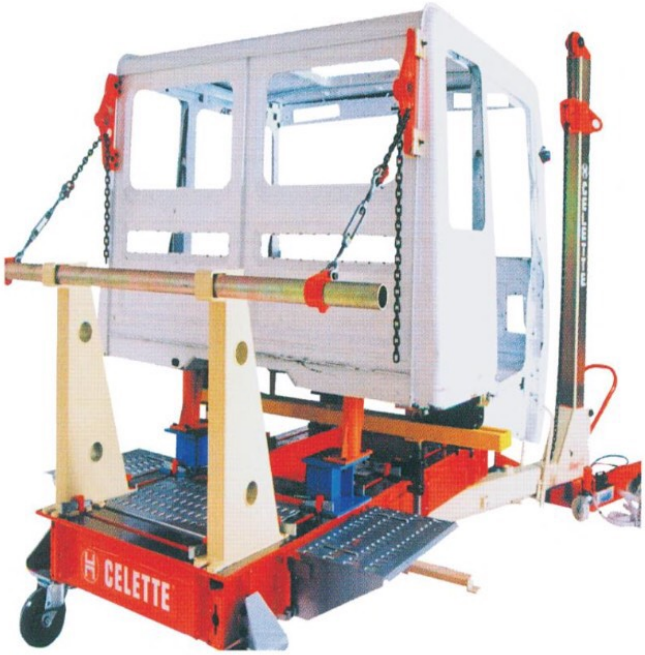


Figura 9.58. Reparación de cabina.

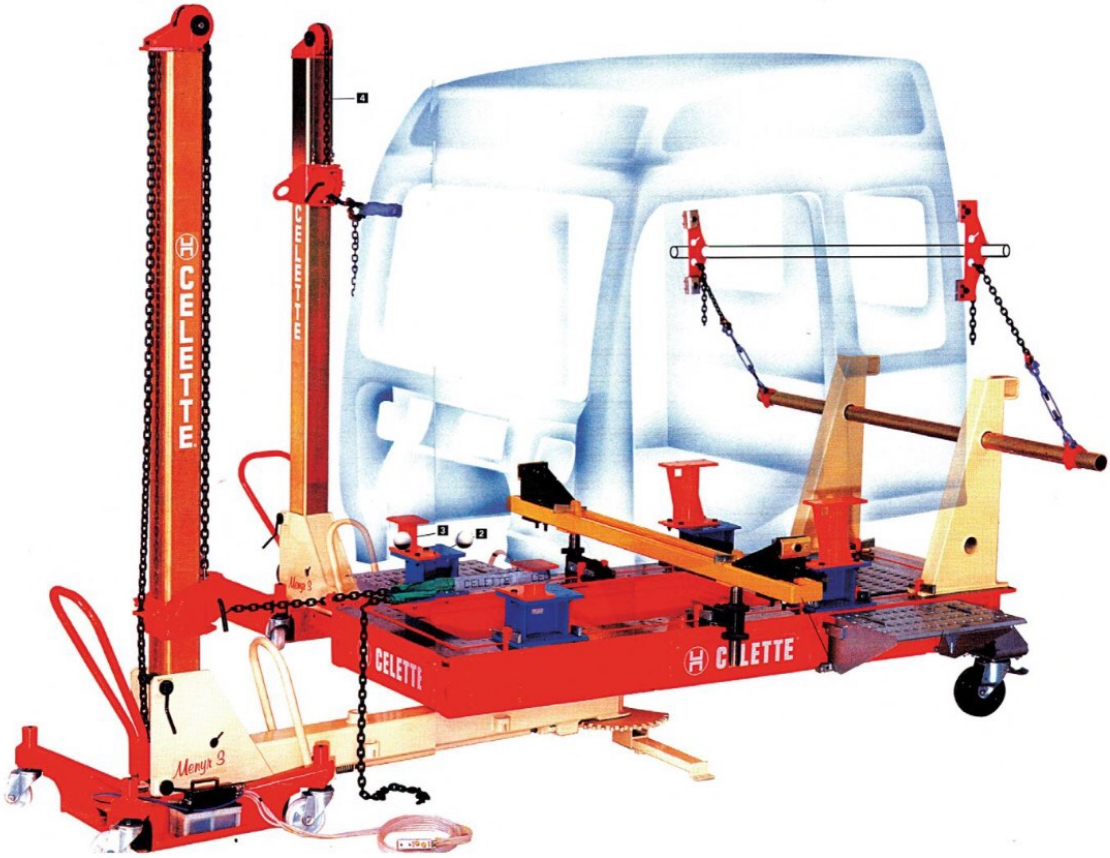


Figura 9.59. Equipamiento básico para reparación de cabina.

© Ediciones Paraninfo

- Mantenimiento de las estructuras traseras de la cabina.
- Mantenimiento del zócalo de la cabina.
- Estribos móviles.

9.6.2. Minibancadas

Son bancadas de reducido tamaño que se utilizan para efectuar reparaciones rápidas en deformaciones que no hayan afectado de manera importante la estructura del vehículo. Básicamente, consisten en un bastidor de reducido tamaño que está instalado sobre un pantógrafo y dispone de un juego de mordazas de sujeción. Los tiros se realizan normalmente con un gato hidráulico en forma de "L", aunque dependiendo del fabricante también puede estar equipado con un gato vectorial y sus accesorios de tiro.

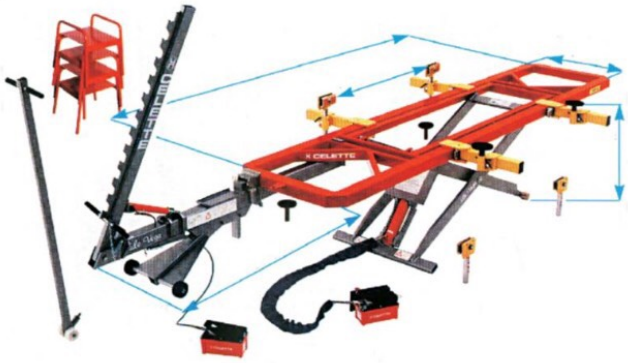


Figura 9.60. Minibancada.

Figura 9.61. Ejemplo de reparación con minibancada.

9.6.3. Bancadas plegables

En realidad no son bancadas especiales, ya que su funcionamiento es igual que las demás, aunque con la peculiaridad que, una vez realizado el trabajo, se pueden plegar para que ocupen menos espacio en el taller.

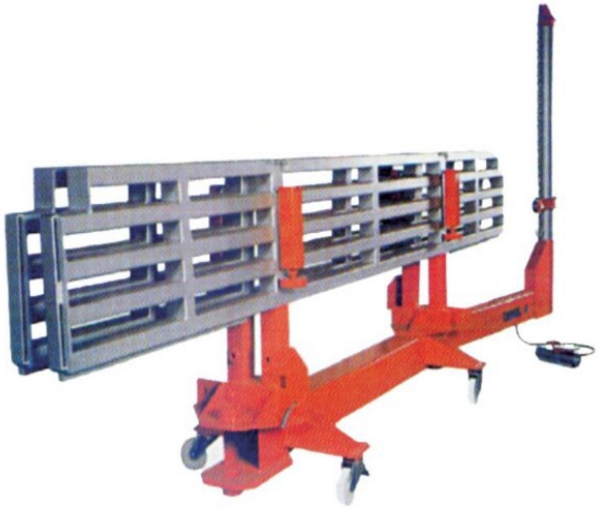


Figura 9.62. Bancada plegable.

9.6.4. Conjunto de tracción simple

En determinadas ocasiones se producen golpes que no afectan a la estructura de la carrocería, pero en los que es necesario realizar diversos tiros para su reparación. Estos tiros se pueden realizar con las minibancadas, o también con este conjunto de tracción simple, compuesto por dos o cuatro caballetes que están unidos por una barra que sujeta las mordazas de sujeción. Sobre esta barra hace tope el gato hidráulico para realizar el tiro.

La principal ventaja que presenta este sistema es que su coste es reducido y no se requieren muchos accesorios. Por el contrario, los tiros (tal y como su nombre indica) han de ser simples y solo deben utilizarse en deformaciones que **NO** hayan afectado a la estructura de la carrocería.

Figura 9.63. Conjunto de tracción simple.

© Ediciones Paraninfo

9.7. Mantenimiento de los equipos de tracción

El equipo de tracción y sus accesorios están sometidos a grandes cargas y esfuerzos, por lo que es importante realizar una inspección de forma periódica, reparando los posibles desperfectos o cambiando aquellos que no tengan reparación por exceso de desgaste o deformación.

Como norma, la inspección deberá realizarse siempre antes de utilizarse, revisando:

- **Los componentes hidráulicos:** comprobar que el pistón del gato no está arañado ni tiene fugas.

Comprobar que los pasadores de seguridad están correctos.

Comprobar que las mangueras del circuito hidráulico no tienen fugas.

Comprobar que las conexiones rápidas de las mangueras se conectan bien y no tienen fugas.

Utilizar siempre el aceite recomendado por el fabricante.

- **Los componentes mecánicos:** comprobar que todos los pernos y tornillos están apretados.

Comprobar que los pasadores de seguridad están correctos.

Comprobar que las cuñas de bloqueo no han sufrido daños, en caso de tener rebabas, esmerilarlas para evitar posibles accidentes.

En los equipos de tracción de columnas, engrasar al menos dos veces al año la torre y la columna.

Revisar las cadenas que no tengan eslabones estirados o doblados.

Como norma básica de mantenimiento y control es aconsejable que después de usar el equipo se limpie y se guarde ordenadamente.

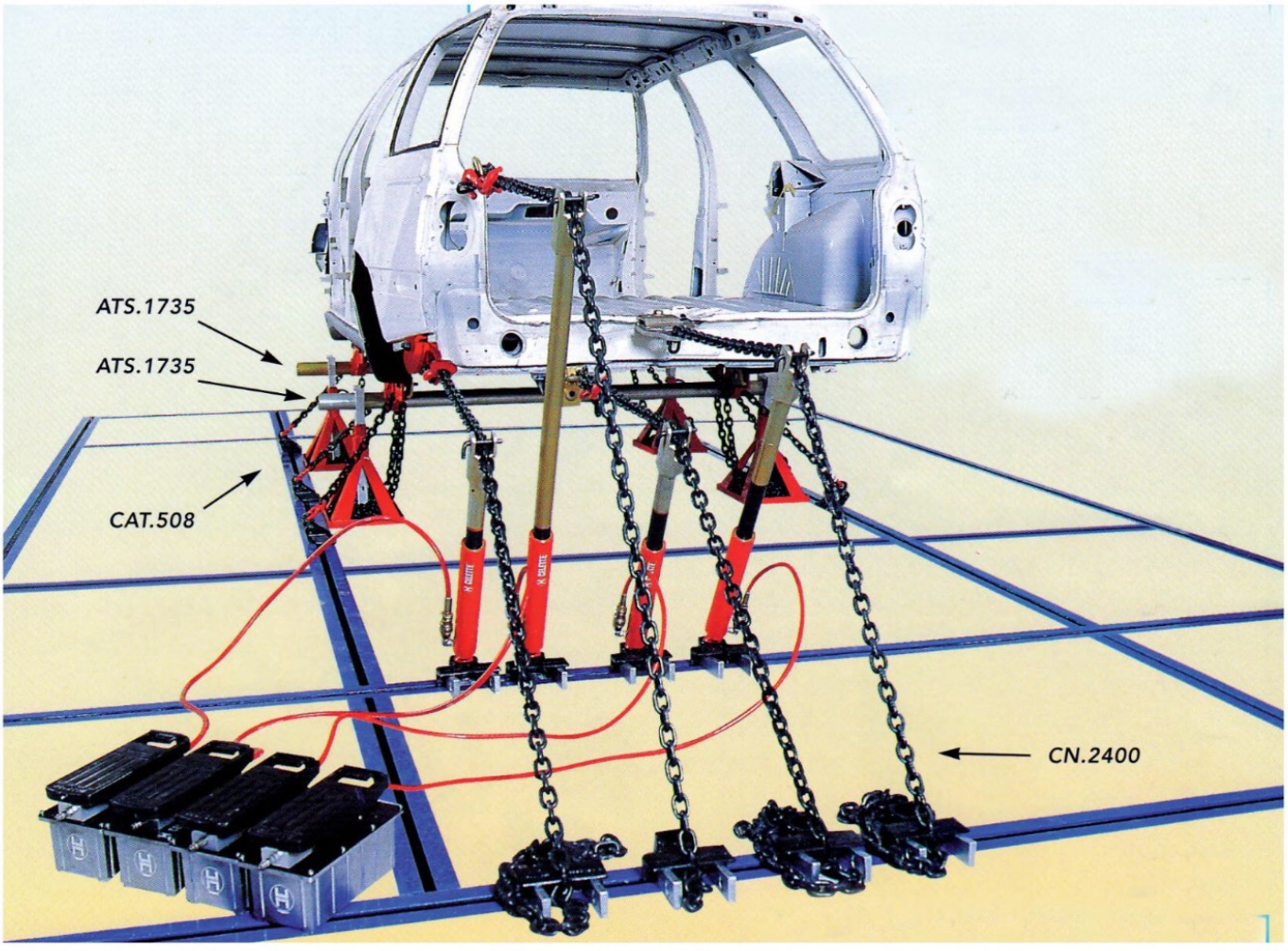


Figura 9.64. Mantenimiento de los equipos de tracción.

© Ediciones Paraninfo

CUESTIONES

9.1. Explica la diferencia entre los distintos tipos de equipos de tracción.

9.2. ¿Cuántos tipos de banco de trabajo existen, cuáles son sus diferencias?

9.3. Detalla un mínimo de cuatro mordazas distintas y sus aplicaciones.

9.4. ¿Qué diferencia hay entre una bancada de vehículos industriales y otra de turismos?

9.5. ¿Qué es una plataforma rodante y para qué sirve?

9.6. ¿Qué factores determinan la elección del tipo de la bancada?

9.7. ¿Qué son los sistemas de anclaje?

9.8. ¿Qué misión tiene el cable de seguridad y dónde se coloca?

9.9. ¿Cómo se debe realizar el mantenimiento de los elementos hidráulicos y mecánicos de los equipos de tracción?

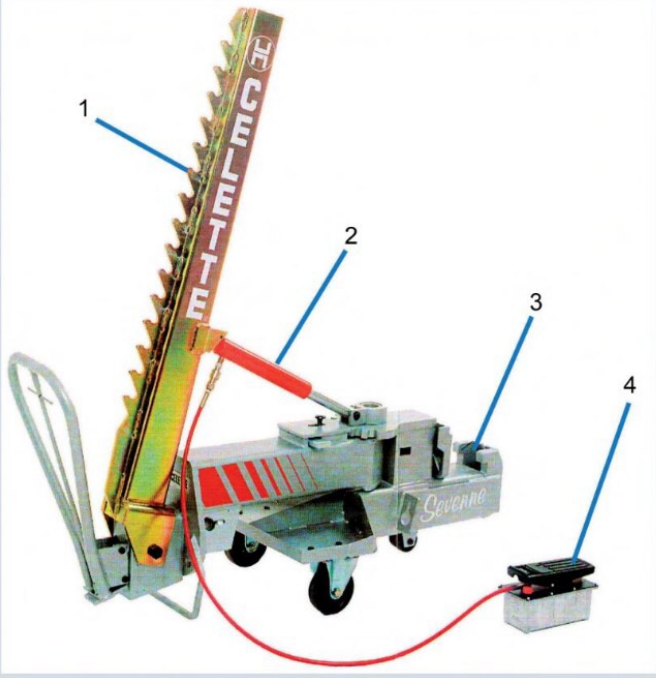
9.10. ¿Qué son las minibancadas?

9.11. Indica cuál de estos dos sistemas es el MZ+

9.12. Indica cómo se denominan los útiles de las imágenes que aparecen a continuación.

9.13. ¿Qué es un extensor mecánico?

9.14. ¿Cómo se denominan los elementos marcados en la imagen?



© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

Equipo de enderezado

ACTIVIDADES PROPUESTAS

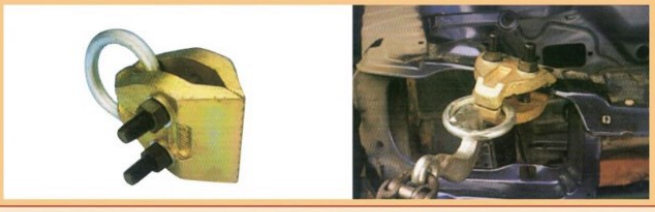
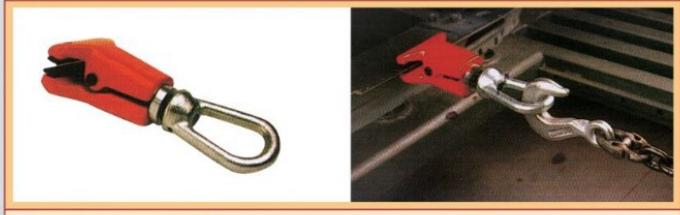
9.1. Realiza una relación de las herramientas y útiles que tienes en el taller relacionados con la reparación de los elementos estructurales de la carrocería.

9.2. Un vehículo ha sufrido una colisión, deformándose el larguero delantero derecho a la altura de la sujeción de la suspensión, ¿puede repararse con el conjunto rápido de tracción? Razona la respuesta.

9.3. Realiza el mantenimiento del gato hidráulico de la bancada de tu centro.

9.4. A través de internet localiza bancadas distintas a las que tienes en tu centro y analiza las diferencias existentes.

9.5. Escribe los nombres de las mordazas que aparecen a continuación:

© Ediciones Paraninfo

Diagnóstico de daños estructurales

Unidad 10

CONTENIDOS

Introducción
10.1 Las cotas de la carrocería
10.2 Las fichas técnicas o de datos
10.3 Análisis visual de una colisión
10.4 Compás de varas
10.5 Sistema de medidas Codhe
10.6 Galgas de nivel
10.7 Diagnóstico con sistemas de medición universales
10.8 Sistema de medición mecánico
10.9 Sistema de medición informatizado
10.10 Sistema de medición por láser
10.11 Sistema de medición acústico
10.12 Sistema de control positivo
10.13 Mantenimiento de los sistemas de medidas
Cuestiones
Actividades propuestas

OBJETIVOS

- Conocer los diferentes sistemas para diagnosticar y comprobar la estructura de la carrocería.
- Identificar los distintos sistemas de comprobación.
- Aprender a interpretar las fichas técnicas de la carrocería.
- Analizar los posibles desperfectos de una colisión realizando una inspección visual.
- Identificar las zonas fusibles diseñadas por el fabricante del vehículo.
- Establecer el método adecuado para comprobar las cotas de la carrocería.
- Localizar y comprobar los distintos puntos de control.

Introducción

Cuando un vehículo sufre una colisión es necesario en primer lugar diagnosticar las deformaciones que se han producido en la carrocería, detectando las zonas afectadas y evaluando los daños que se han producido. Esta primera parte de la reparación es, sin lugar a dudas, una de las operaciones más importantes y hay que dedicarle el tiempo que sea necesario. De ello van a depender las decisiones posteriores que hayan de realizarse en base a las siguientes consideraciones:

- ¿Resultó afectada la estructura del vehículo?
- ¿Se puede reparar esta deformación?
- ¿Qué elementos de la carrocería hay que sustituir?
- ¿Qué elementos se pueden conformar para que vuelvan a sus cotas originales?

Como respuesta a estas consideraciones, el carrocero podrá establecer un plan de trabajo utilizando el método y los medios más adecuados, respetando las indicaciones del fabricante del vehículo y las normas de seguridad e higiene. Todo con el objetivo de conseguir una reparación de calidad.

El proceso de diagnóstico de una colisión que ha afectado a la estructura del vehículo se ha de iniciar siempre obteniendo la información de las cotas de la carrocería, proporcionada por el fabricante de la bancada o útil de medida que se vaya a utilizar.

A partir de la localización de los datos de comprobación se podrá establecer la deformación producida por la colisión utilizando los medios de verificación que disponga el taller. Estos medios pueden ser simples (como comparar los puntos simétricos de la carrocería), o utilizar la tecnología actual más avanzada (sistemas informatizados).

Esta unidad comienza indicando la forma de interpretar las fichas de datos de diferentes fabricantes de carrocerías y bancadas, el procedimiento adecuado para realizar una inspección visual, como punto de partida del primer diagnóstico que se debe realizar en cualquier colisión para introducirse a continuación en los distintos sistemas que existen en la actualidad para comprobar la carrocería y los métodos más apropiados para su correcta utilización.

10.1. Las cotas de la carrocería

La carrocería del vehículo está diseñada mediante cotas que determinan con exactitud todos y cada uno de sus puntos basándose en una medición espacial, donde cada punto está definido por las coordenadas x, y, z.

La coordenada **x** representa la cota de anchura.
La coordenada **y** representa la cota de longitud.
La coordenada **z** representa la cota de vertical.

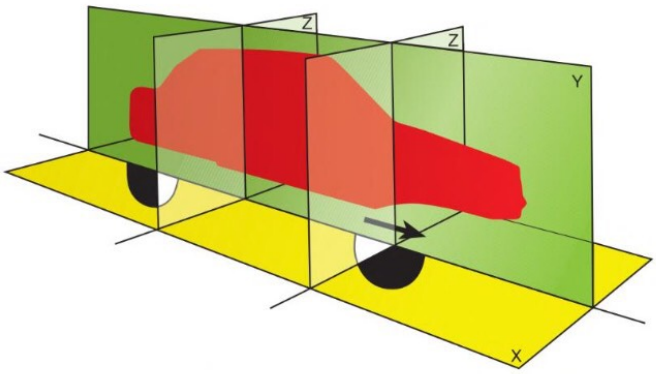


Figura 10.1. Coordenadas de la carrocería.

El conocimiento de estas cotas es indispensable para la comprobación y reparación de la carrocería. Los datos son proporcionados por:

- Los fabricantes de vehículos.
- Los fabricantes de útiles de medidas.
- Los fabricantes de bancadas.

Todas las informaciones son complementarias y se utilizará una u otra en función de:

- Los puntos a medir (distancia entre puntos, medidas tridimensionales, etc.).
- Los medios que se utilicen (compás de varas, sistema universal de medida, etc.).
- Lugar donde se encuentra el vehículo situado (elevador, bancada, sobre el suelo, etc.).
- La precisión de las medidas (sistema mecánico, por comparación, sistema informático, etc.).

La información de las cotas es específica para cada marca de vehículo y para cada modelo, inclusive, un mismo modelo puede presentar variaciones en sus cotas dependiendo de la fecha de fabricación.

Todas las cotas vienen acompañadas normalmente de su tolerancia dimensional.

Los fabricantes de vehículos, a través de sus manuales de reparación, informan de los puntos de control de la carrocería, las zonas fusibles y todos sus puntos dimensionales, tanto para una diagnosis visual, como para una comprobación con medición entre puntos (Figura 10.2).

Sin embargo, algunas cotas proporcionadas por el fabricante del vehículo no se pueden emplear para la comprobación de la carrocería en la bancada, ya que los puntos de referencia para la reparación del vehículo montado en la bancada pueden variar, siendo necesario recurrir a cotas proporcionadas por el fabricante de la bancada que se establecen basándose en la información dada por el fabricante del vehículo y sus propias mediciones.

Las cotas se establecen partiendo de unas líneas principales de referencia que se utilizan para dimensionar el vehículo en su plano horizontal, transversal y vertical. Estas líneas principales son:

© Ediciones Paraninfo

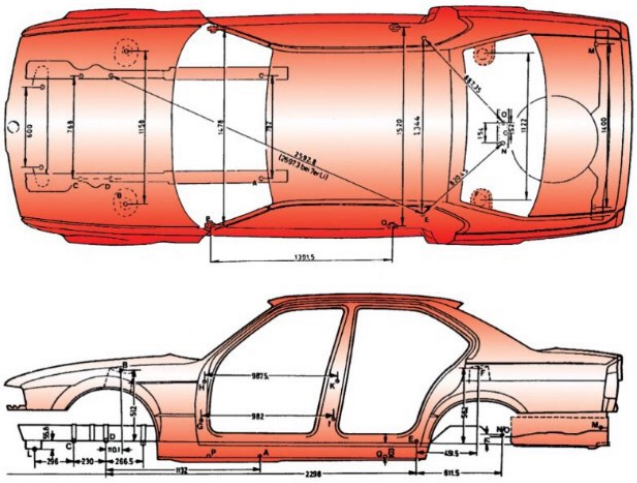


Figura 10.2. Puntos de control.

- Central.
- De referencia.
- Línea "0".

▶ **Línea central:** es la línea que pasa longitudinalmente por el centro del vehículo, siendo también el eje de simetría. Entre otras dimensiones, a partir de esta línea se define: el ancho de vía, la distancia entre largueros y la distancia de los anclajes de la suspensión (Figura 10.3).

▶ **Línea "0" de la carrocería:** es una línea perpendicular a la línea central que puede estar situada en diferentes posiciones a lo largo de este eje. A partir de esta línea se toma la referencia para las cotas de longitud. Algunos modelos de bancadas no emplean un punto "0", sino que informan de la distancia de longitud existente entre cada punto de control.

▶ **Línea de referencia:** es una línea paralela al plano del vehículo en sentido vertical y a partir de la cual se obtienen todas las dimensiones verticales (Figura 10.4).

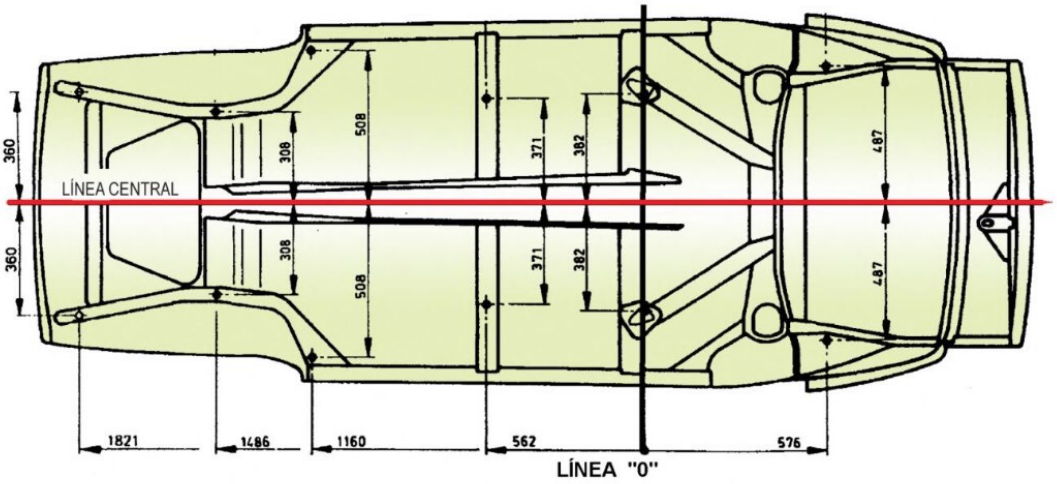


Figura 10.3. Línea central y "O".

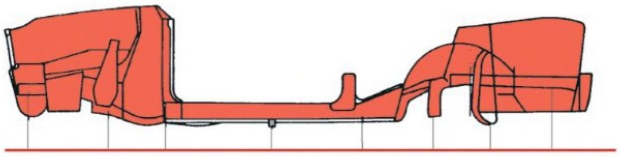


Figura 10.4. Línea de referencia.

10.2. Las fichas técnicas o de datos

Basándose en estas tres líneas citadas anteriormente, cada fabricante de bancada o útil de medida ha desarrollado unas fichas técnicas o fichas de datos donde informan al operario de las cotas de comprobación, los útiles a utilizar y, en caso de ser necesario, la mejor forma de anclar la carrocería. La interpretación de estas fichas es sencilla, basándose principalmente en la interpretación gráfica de los dibujos que aparecen en la ficha y las dimensiones correspondientes. Estas dimensiones pueden variar ligeramente entre vehículos del mismo modelo, debido a las tolerancias de producción, en cualquier caso siempre se debe buscar la simetría de los puntos como referencia básica.

Independientemente de la procedencia de la ficha técnica, en primer lugar se ha de seleccionar la ficha adecuada para ese modelo. Esta operación se realiza de la siguiente forma:

1.º Localizar la placa de identificación del vehículo para determinar el modelo (Figura 10.5).

© Ediciones Paraninfo

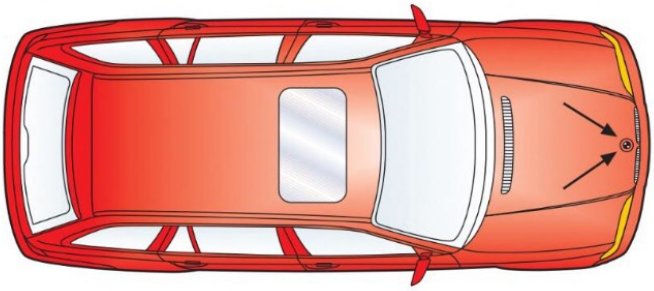


Figura 10.5. Placa de identificación.

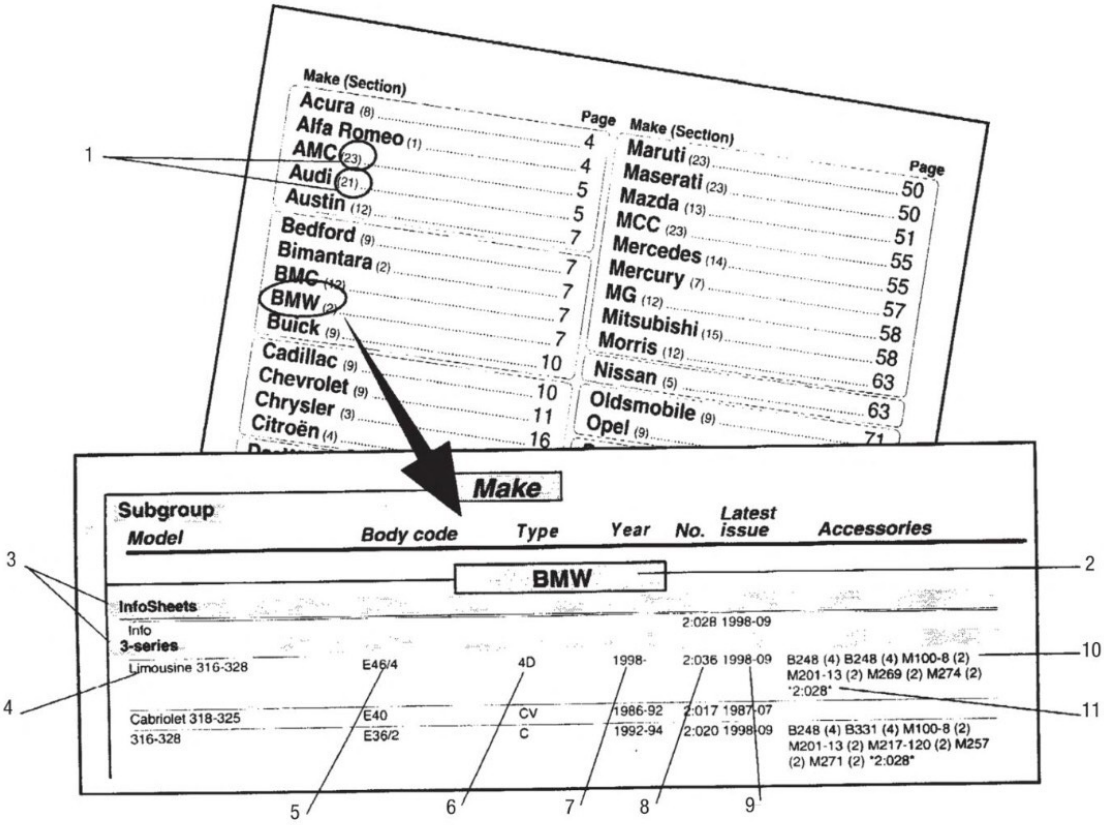
Ejemplo BMW serie 3 de 1998, limusina 316, E46, 4 puertas.

2.º En el índice de las hojas de datos (Figura 10.6), localizar la marca del vehículo "BMW página 7".

3.º Acudir a la página indicada donde comienzan los modelos de este fabricante de vehículo y localizar el modelo "limusina 316, E46, 4 puertas".

4.º Localizado el modelo, anotar el número de la ficha técnica (2:036) y la fecha de la última actualización (el 09 de 1998), algunos fabricantes informan también en esta ficha si el modelo necesita algún accesorio de medida, mordazas especiales o cualquier otro útil. En caso de no encontrar el modelo buscado, consultar con el fabricante de la bancada. En ningún caso utilizar otra ficha similar sin tener la certeza que es la correcta.

A continuación se desarrolla a modo de ejemplo la interpretación de tres fichas técnicas de distintos fabricantes.



1. Prefijo de marca (índice).
2. Marca.
3. Subgrupos.
4. Modelo de coche y distancia entre ejes en mm.
5. Código de carrocería (en ocasiones distancia entre ejes).
6. Códigos. (Ver la última página del manual de hojas de datos o página 8 en este manual.)
7. Año.
8. Número de hoja de datos.
9. Fecha de actualización.
10. Accesorios de medida y de bancada. Pueden variar dependiendo del mercado. (Por ejemplo, el kit B-73 en USA incluye accesorios adicionales.)
11. Número de hoja de información.

Figura 10.6. Hoja de datos.

© Ediciones Paraninfo

10.2.1. Fichas Car-O-Liner

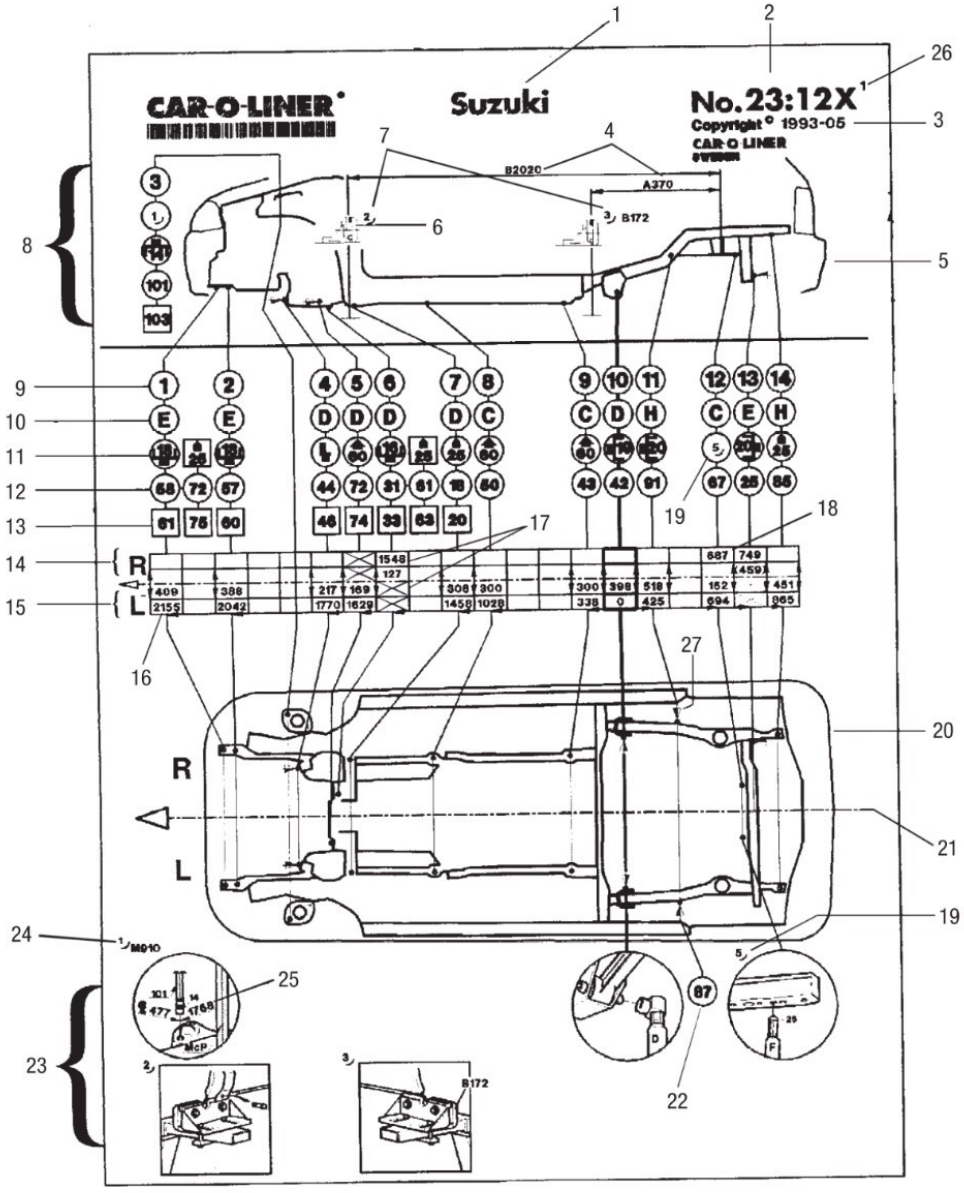


Figura 10.7. Ficha Car-O-Liner.

1. Marca del vehículo.
2. Número de la ficha.
3. Fecha de actualización de la ficha.
4. Distancia de las mordazas al centro del eje trasero.
5. Vista lateral, parte izquierda del vehículo.
6. Posición de las mordazas de anclaje.
7. Utilizar mordazas especiales, R = derecha, L = izquierda, ver dibujos explicativos "2 y 3".
8. Puntos de medidas, controlados desde arriba con el sistema de medida de puntos superiores M-910.
9. Numeración de los puntos de medidas; los puntos de medida o de control son los puntos de referencia que el fabricante de la bancada o útil de medición ha considerado conveniente por su localización o posición para informar de las tres cotas que los definen. Pueden ser orificios, tornillos, pestañas, etc.
10. Tubo de altura (Figura 10.8): son unos tubos de extensión de distintas longitudes sobre los que se desplazan unas escalas deslizantes graduadas en

© Ediciones Paraninfo

milímetros para la medición de altura. Están clasificados por distintas letras B, C, D, etcétera.

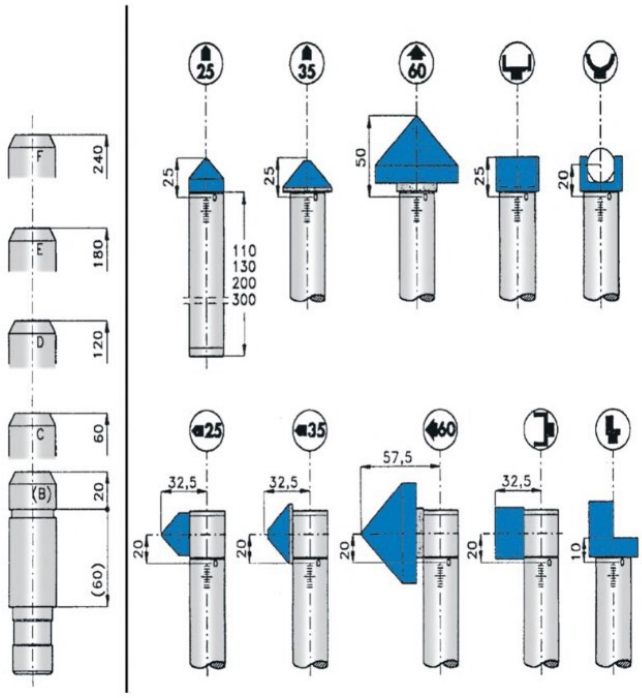


Figura 10.8. Tubos de altura.

11. Tipo de adaptador: son adaptadores de medición, preparados para tomar las medidas en los puntos indicados en la ficha. Si se encuentra en el interior de un cuadrado, indica que hay que realizar la comprobación con la mecánica desmontada, y si se encuentra en el interior de un círculo es para realizar la comprobación con la mecánica montada. El extremo de cada adaptador está diseñado para unos puntos determinados.

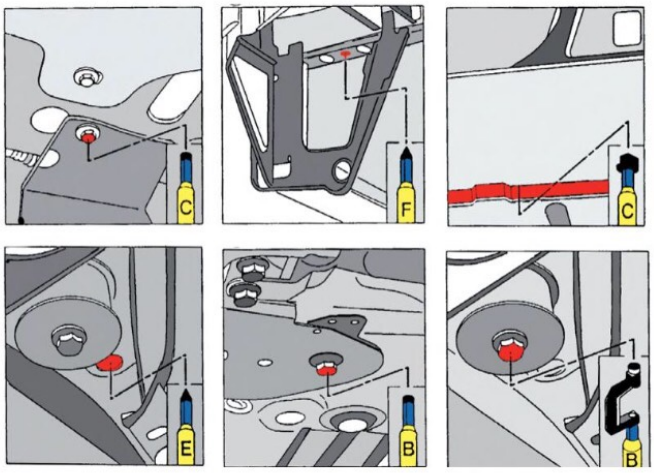


Figura 10.9. Adaptadores de medición.

12. Dimensiones de altura: es la cota de altura que debe medir ese punto con la mecánica montada. La cota se lee directamente en la escala graduada.
13. Dimensiones de altura sin motor: es la cota de altura que debe medir ese punto con la mecánica desmontada.
14. Longitud y anchura de la parte derecha del vehículo: indica la cota de longitud y anchura del lado derecho, siempre que ese punto no sea simétrico respecto al lado izquierdo. La casilla superior indica la cota de longitud y la segunda casilla indica la cota de anchura.
15. Longitud y anchura de la parte izquierda del vehículo: indica la cota de longitud y anchura del lado izquierdo, siempre que ese punto sea simétrico respecto al lado derecho. La casilla inferior indica la cota de longitud y la segunda casilla indica la cota de anchura.
16. Igual medida para la parte izquierda y derecha: siempre que en las casillas inferiores (lado izquierdo) aparezcan cotas y en las casillas superiores (lado derecho) no tengan cotas, significa que la cota reflejada es para ambos lados.
17. Punto que solo existe en la parte derecha: cuando en las casillas superiores (lado derecho) aparezcan cotas y en las casillas inferiores (lado izquierdo) tengan unas cruces, significa que esa medida es exclusivamente para el lado derecho.
18. Longitudes diferentes pero igual anchura: cuando en la casilla superior aparece una cota reflejada y en la siguiente casilla no aparezca ninguna cota, indica que ese punto tiene la misma medida de anchura que el lado izquierdo, pero es de diferente medida de longitud.
19. Ver el dibujo explicativo: algunos puntos de medidas tienen anotado un número que se corresponde con un dibujo aclaratorio.
20. Vehículo visto desde arriba.
21. Línea central del vehículo.
22. Dimensiones de altura del lado izquierdo no simétrica.
23. Dibujos explicativos para puntos de medidas: si están dentro de un círculo (○) es con la mecánica montada, y si está dentro de un cuadrado (□) es con la mecánica desmontada.
24. Dimensiones para el sistema de medida de puntos superiores M-910: indica que esta cota debe utilizarse siempre que se utilice el útil M-910 para tomar medidas en la parte superior. Estas son las cotas de ese punto.
25. Medida longitud con el útil M-910 para puntos superiores.
26. Número de página.
27. Dirección de la medición (si no es desde abajo).

© Ediciones Paraninfo

10.2.2. Fichas Celette

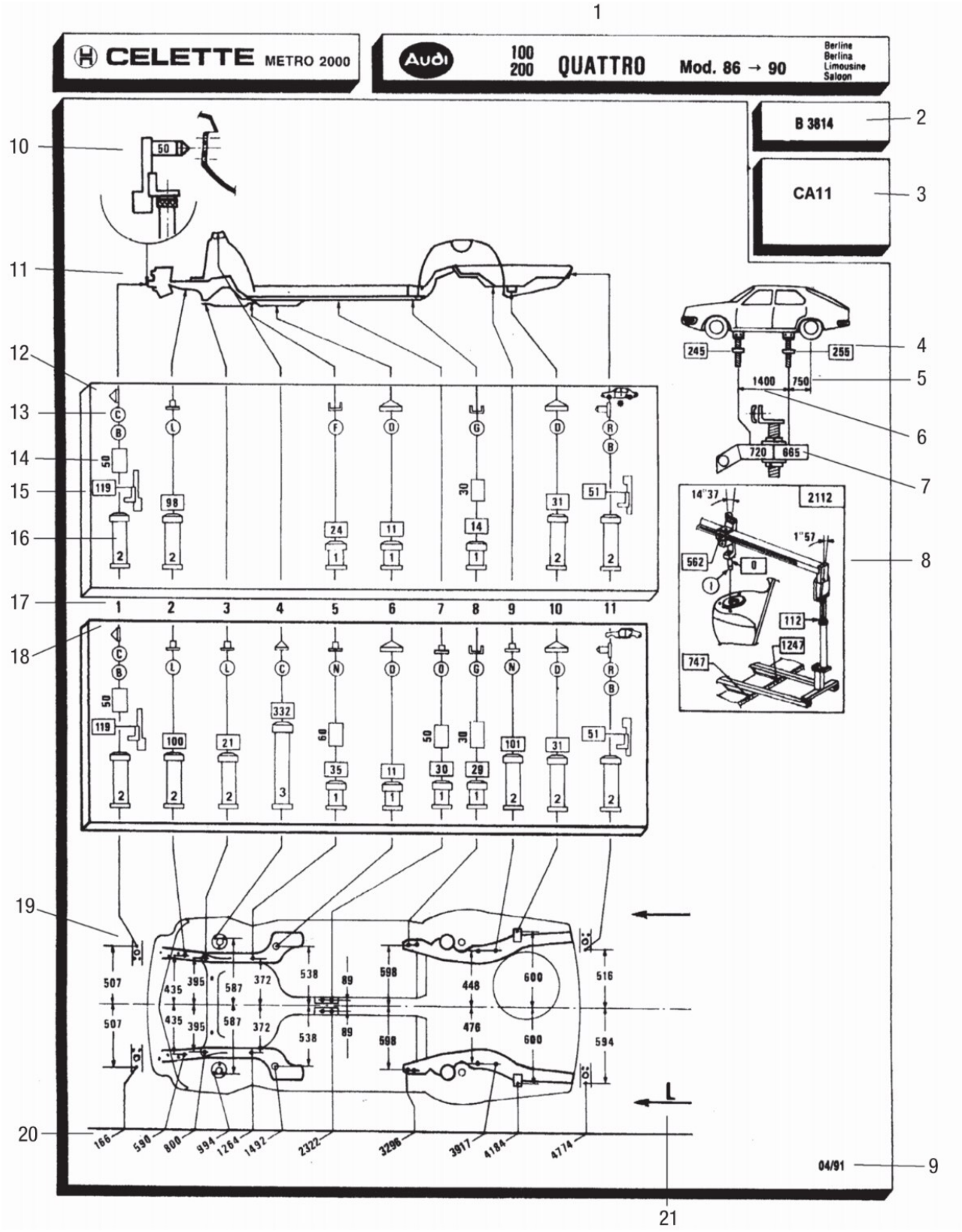


Figura 10.10. Ficha Celette.

© Ediciones Paraninfo

1. Marca y modelo de vehículo.
2. Número de ficha.
3. Accesorios.
4. Cota de altura de las mordazas de anclaje traseras.
5. Cota de longitud de las mordazas de anclaje partiendo del centro del eje trasero.
6. Cota de longitud entre las mordazas de anclaje.
7. Cota de anchura de las mordazas de anclaje.
8. Cota de las torres de suspensión.
9. Fecha de actualización de la ficha.
10. Dibujo explicativo de un punto de control.
11. Vista lateral izquierda de la carrocería.
12. Útiles y puntos de control de la carrocería con la mecánica montada.
13. Terminales específicos para cada punto de control. Están clasificados por letras.

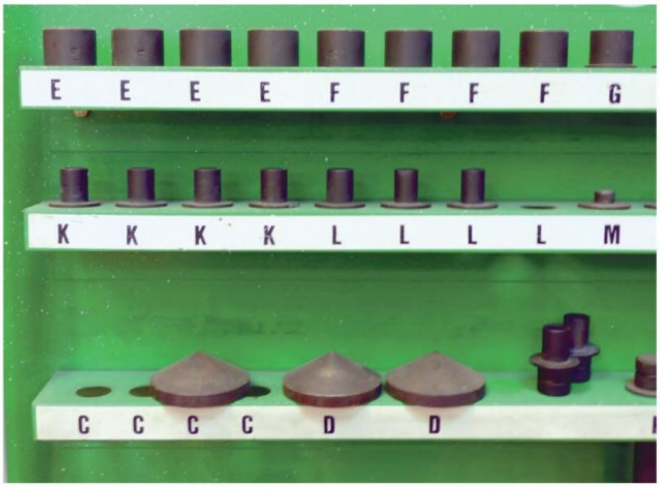


Figura 10.11. Terminales específicos.

14. Distanciales específicos para cada punto de control. Están clasificados por números que normalmente se corresponden con su medida de extensión.

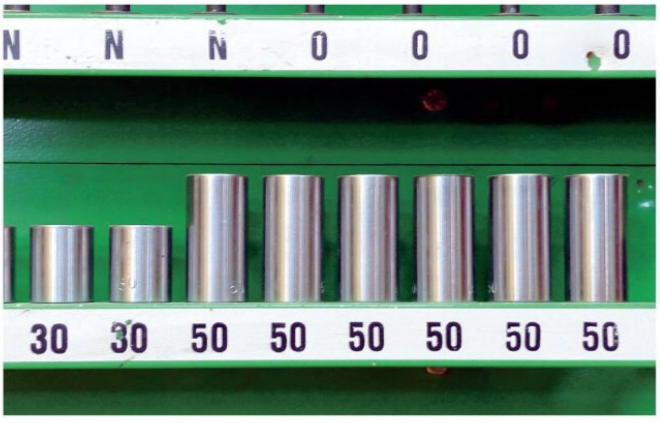


Figura 10.12. Distanciales específicos.

15. Cota de altura de cada punto de control con los útiles indicados.
16. Torres específicas para cada punto de control. Están clasificadas por números.

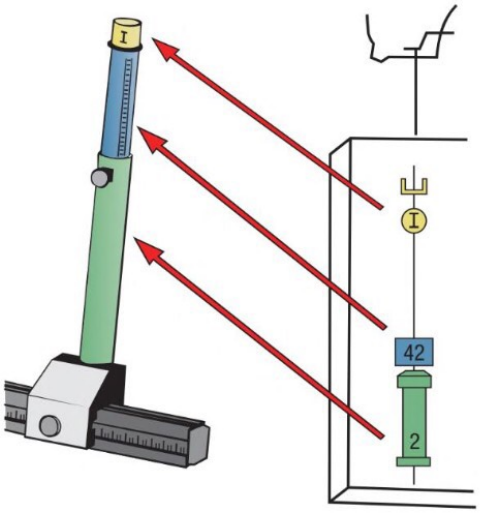


Figura 10.13. Torres específicas para cada punto.

Para el control de las cotas de cada punto no siempre es necesario montar distanciales, en muchas ocasiones solo con los terminales y las torres se pueden controlar las cotas de ese punto. En estos casos, los distanciales no están reflejados en la ficha.

Figura 10.14. Distanciales específicos.

17. Identificación de los puntos a controlar (Figuras 10.15, 10.16 y 10.17).
18. Útiles y puntos de control de la carrocería con la mecánica desmontada.
19. Carrocería vista desde arriba (planta) con las cotas de anchura entre los puntos de control.
20. Cotas de longitud de cada punto de control.
21. Lado izquierdo de la carrocería.

© Ediciones Paraninfo

Figura 10.15.

Figura 10.16.

Figura 10.17.

Ejemplos de puntos a controlar con sus útiles específicos.

10.2.3. Ficha de Spanesi

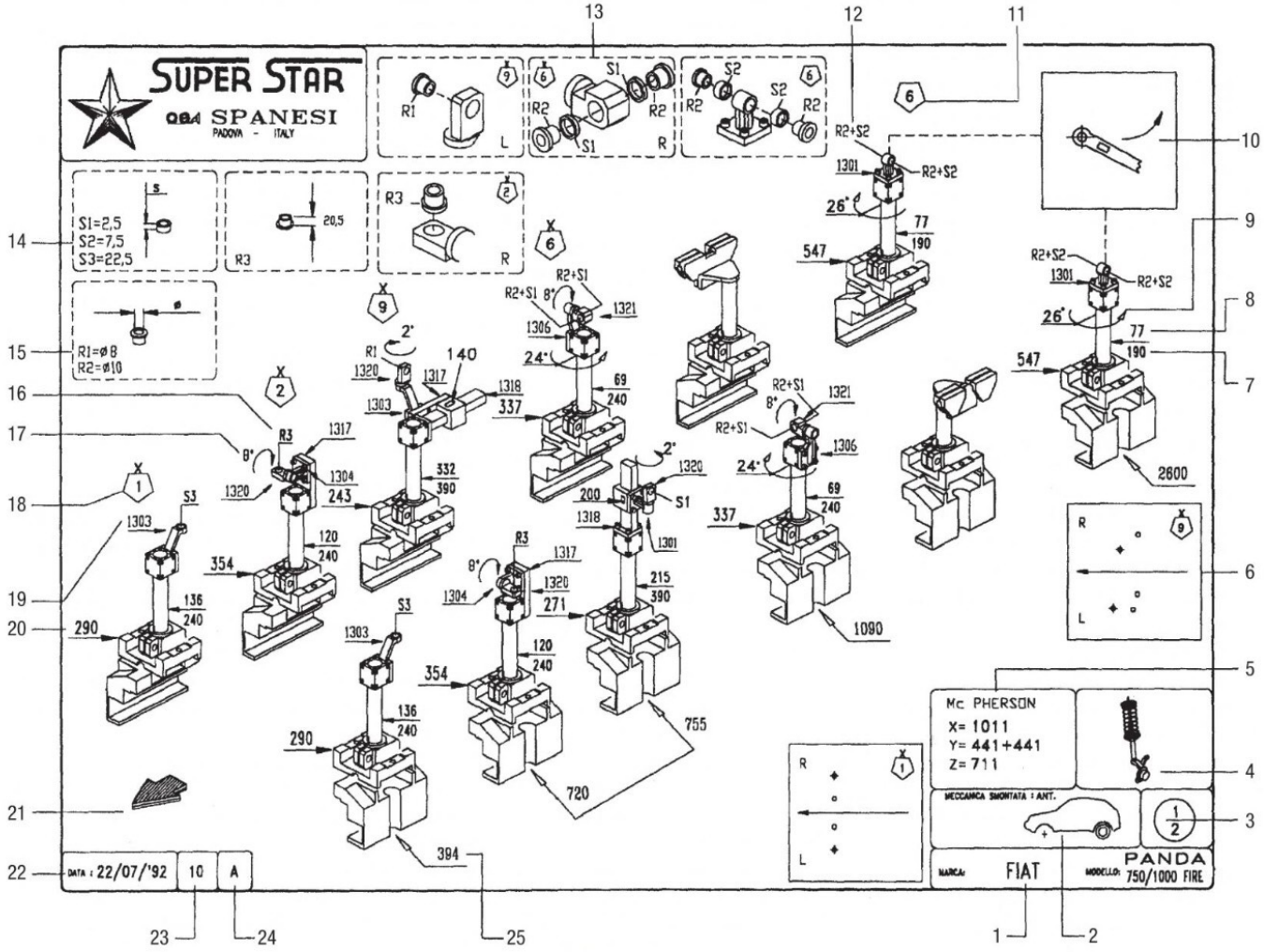


Figura 10.18. **Ficha de Spanesi.**

© Ediciones Paraninfo

1. Marca y modelo de vehículo.
2. Ficha para la reparación delantera del vehículo.
3. Esta ficha se compone de dos páginas, siendo esta la primera.
4. Control de la suspensión MacPherson.
5. Cotas de control de la torre de suspensión MacPherson.
6. Puntos de referencia para el punto de control número 9.
7. Identificación de la torre para comprobar ese punto.
8. Cota de altura.
9. Grados que se debe girar el útil horizontalmente para posicionarlo correctamente.
10. Retirar brazo.
11. Identificación del punto de control con la mecánica montada.
12. Tipo de ensamblaje.
13. Dibujo explicativo de un ensamblaje.
14. Dimensión de las arandelas de ensamblaje.
15. Dimensión de los casquillos de ensamblaje.
16. Tipo de ensamblaje.
17. Grados que se debe girar el útil verticalmente para posicionarlo correctamente.
18. Identificación del punto de control con la mecánica desmontada.
19. Identificación del cabezal de la torre.
20. Cota de anchura.
21. Dirección de la carrocería.
22. Fecha de actualización de la ficha.
23. Número de la ficha.
24. Clasificación de las modificaciones.
25. Cota de longitud. Esta cota puede venir indicada para banco de trabajo de 5 metros.

10.3. Análisis visual de una colisión

Cuando un vehículo ha sufrido una colisión es preciso realizar un diagnóstico previo para analizar qué tipo de deformación se ha producido. El primer diagnóstico que se debe realizar consiste en una inspección visual de todo el vehículo, no solo de la zona que ha sufrido el impacto, también es conveniente revisar detenidamente (en función del tamaño de la colisión) el resto del vehículo; ya que la fuerza recibida por una colisión se transmite con facilidad por las zonas más resistentes de la carrocería, afectando al final a los elementos más débiles que pueden encontrarse en otras zonas del vehículo. Prueba evidente de ello son los vehículos antiguos, que tenían unos largueros casi indeformables, donde la deformación se producía cuando el larguero cambiaba de dirección, o en los puntos más débiles que, a veces, ya se encontraban dentro del habitáculo de la carrocería.

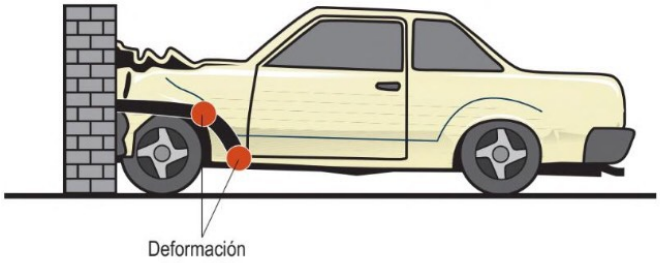


Figura 10.19. Ejemplo de deformación.

En la actualidad ya no es así, pero dependiendo de la dirección y del punto de la colisión pueden aparecer deformaciones en otras zonas del vehículo.

Mediante un análisis visual se pueden sacar conclusiones de los daños que ha ocasionado la colisión, utilizando esa información para establecer el método de trabajo a seguir para su total diagnóstico.

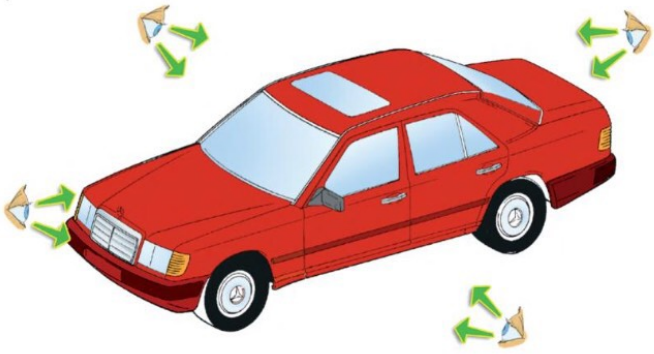


Figura 10.20. Análisis visual.

La inspección visual comenzará alejándose un poco del vehículo, dando una vuelta a su alrededor, fijándose en el estado general de la carrocería y deduciendo cómo se produjo la colisión y las zonas afectadas. Observe al contra luz los bordes de las aletas, las posibles aguas del techo y del capó, así como las zonas donde se encuentre la pintura saltada. Compare el plano del suelo con los bajos de la carrocería y determine si existe un posible retorcimiento. Para confirmar esta observación fíjese en la distancia existente entre el hueco de la aleta con la rueda y compárela con el hueco del otro lado.

A continuación, situarse más cerca del vehículo para observar y medir las distintas holguras y los desniveles existentes entre los elementos de la carrocería (Figura 10.21) como capó, puertas, pilares, aletas, portón, etc., comparándolas con las cotas del manual de reparación del vehículo.

Las puertas están sujetas por las bisagras que, a su vez, están ancladas en los pilares de forma que, en caso de de-

© Ediciones Paraninfo

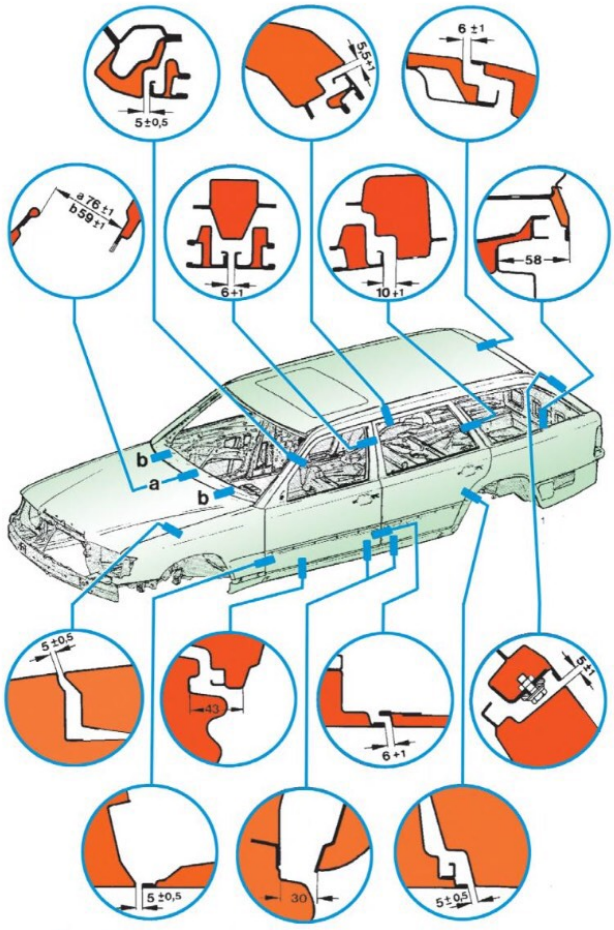


Figura 10.21. Control de holguras y desniveles especificado por el fabricante.

formación, las luces entre la puerta y los elementos que les rodean variarán. Abra y cierre la puerta observando su desplazamiento y que se ajusta correctamente, o cerciórese de que efectivamente existe variación de las luces.

Observe de igual forma las luces del capó y del portón trasero, abriéndolo y cerrándolo para comprobar que funciona correctamente.

Abra el capó y consulte en el manual de reparación los puntos de deformación precalculados (Figura 10.22), que son los primeros en deformarse durante un accidente. Si surgen dudas, pase la mano por la zona y confirme si existen pliegues o abolladuras.

Hay que tener en cuenta que en una colisión se pueden producir daños indirectos como consecuencia de la inercia de los objetos pesados que están anclados sobre monturas de gomas. Cuando se produce una colisión, el motor, la caja de cambios y los elementos más pesados se desplazan en sentido contrario a la fuerza que provoca el golpe, pudiendo deformar los soportes de anclaje o golpear la zona adyacente. Revise con detenimiento estas zonas.

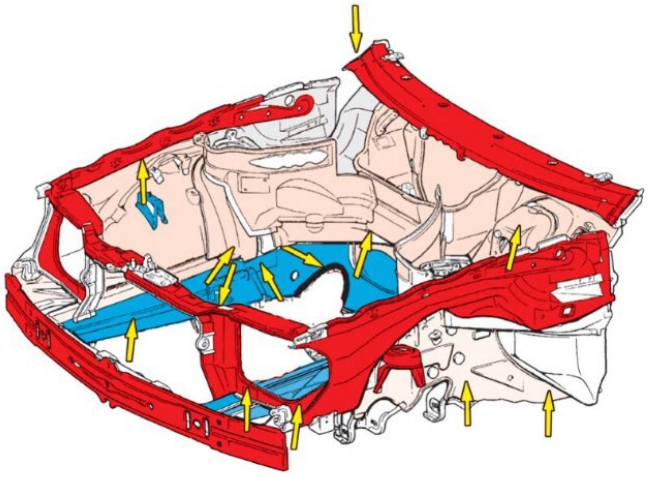


Figura 10.22. Observar puntos de deformación programada.

Abrir el portón y observar si se han producido daños ocasionados por el equipaje que, al igual que en el caso anterior, se haya desplazado por efecto de la colisión, golpeando las paredes del maletero. Si la colisión ha sido muy fuerte, también se pueden producir deformaciones como consecuencia de la propia inercia del vehículo, que tiende a mantener la posición que tenía antes de producirse la colisión. Observe las juntas de unión entre elementos. Si los selladores se encuentran agrietados es síntoma de una posible deformación o tensión acumulada.

Figura 10.23. Revisar el maletero.

Si la colisión ha sido muy fuerte no olvide revisar el habitáculo, los propios pasajeros han podido provocar daños en los asientos, el tablero de instrumentos o el volante.

Comprobar que el cinturón de seguridad funciona correctamente y, si es un vehículo con pretensor pirotécnico, asegurarse de que su mecanismo se encuentra correctamente, o, por el contrario, que ha saltado.

Elevar el vehículo y revisar los puntos de deformación precalculados (Figura 10.24). Pase la mano por los largueros y observe si existen abolladuras o pliegues. Siempre es más fácil detectar estos síntomas en la zona cóncava, ya que en el otro lado aparecerá una curva más suave y difícilmente observable (Figura 10.25).

© Ediciones Paraninfo

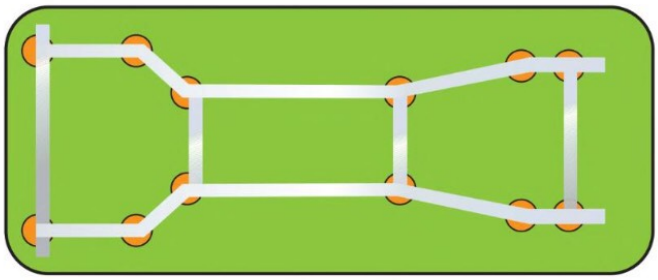


Figura 10.24. Observar puntos deformación en largueros y travesaño.

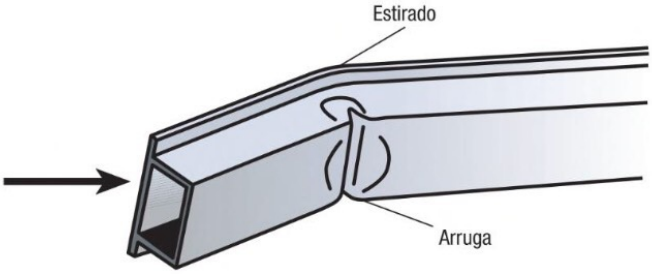


Figura 10.25.A. Deformación de un larguero.

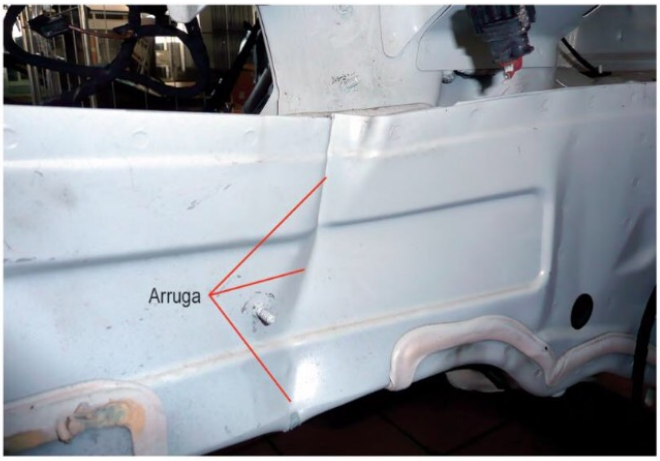


Figura 10.25.B. Ejemplo de arruga.

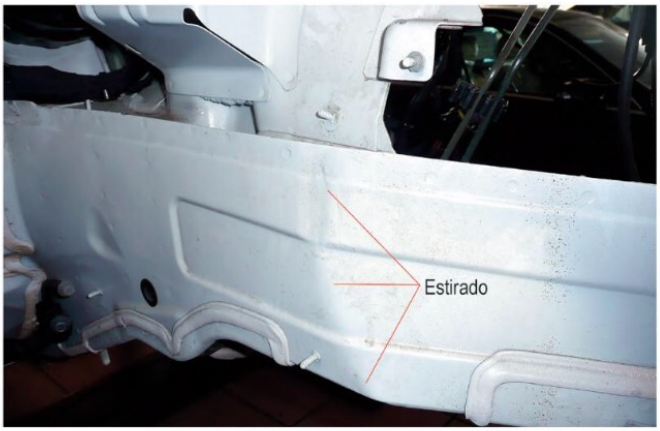


Figura 10.25.C. Ejemplo de estirado.

Si se observa deformación en los largueros o en la plataforma, baje el vehículo y retire las alfombras del habitáculo y del maletero para realizar una inspección visual de esta zona en la que sí puede ocultar daños.

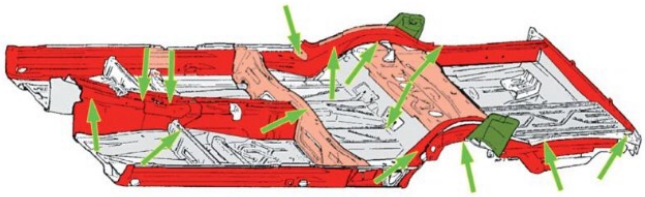


Figura 10.26. Inspección visual de las zonas ocultas.

Realizada esta inspección visual, se estará en condiciones de determinar la magnitud del daño producido en la colisión, pasando a realizar las mediciones necesarias para establecer un diagnóstico preciso.

A continuación se analizan, a modo de ejemplo, unas colisiones de intensidad fuerte, describiendo solo las zonas dañadas de la carrocería y las comprobaciones a realizar además de la inspección visual (no se detallan los elementos o mecanismos mecánicos/eléctricos afectados en la colisión).

10.3.1. Colisión frontal central

Figura 10.27.

Elementos deformados	Elementos que pueden estar deformados	Comprobaciones a realizar
Parachoques delantero	Revestimiento inferior del parabrisas	Alineación del bastidor
Aletas delanteras	Montantes delanteros del techo	Cotas del habitáculo
Pase de ruedas delantero	Techo	Cotas del marco de las puertas
Travesaño delantero	Montantes puertas delanteras	Cotas del marco del parabrisas
Largueros del bastidor inferior	Montantes puertas posteriores	Cotas del compartimento del motor
Soporte de la suspensión	Salpicadero	
Capó motor	Bajos de la parte delantera	

© Ediciones Paraninfo

10.3.2. Colisión frontal izquierda

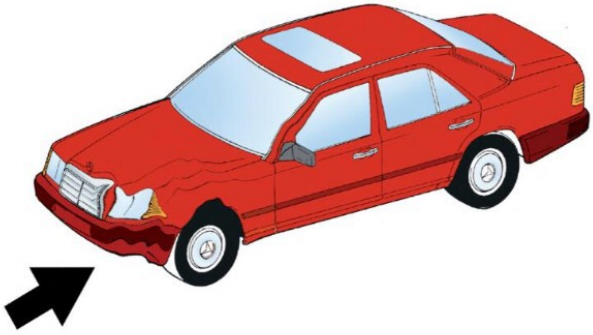


Figura 10.28.

Elementos deformados	Elementos que pueden estar deformados	Comprobaciones a realizar
Parachoques delantero	Aleta delantera derecha	Alineación del bastidor
Aleta delantera izquierda	Montante delantero izquierdo del techo	Cotas del habitáculo
Pase de rueda izquierdo	Techo	Cotas del marco de las puertas
Travesaño delantero	Montante puerta delantera izquierda	Cotas del marco del parabrisas
Larguero inferior izquierdo	Larguero inferior derecho	Cotas del compartimento del motor
Capó del motor	Montante central del techo	

10.3.3. Colisión lateral

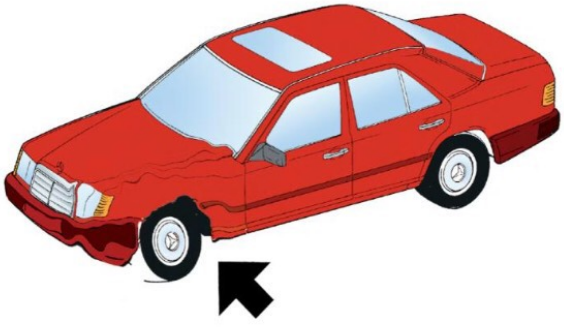


Figura 10.29.

Elementos deformados	Elementos que pueden estar deformados	Comprobaciones a realizar
Parachoques delantero	Aleta delantera derecha	Alineación del bastidor
Aleta delantera izquierda	Larguero delantero derecho	Cotas del habitáculo
Pase de ruedas izquierdo	Montante derecho del techo	Cotas del marco de las puertas
Larguero delantero izquierdo	Montante puerta izquierda	Cotas del marco del parabrisas
Travesaño delantero	Salpicadero	Cotas del compartimento del motor

10.3.4. Colisión lateral a la altura del montante de la puerta delantera

Figura 10.30.

Elementos deformados	Elementos que pueden estar deformados	Comprobaciones a realizar
Travesaño delantero	Túnel del piso	Alineación del bastidor
Larguero derecho	Aleta derecha	Cotas del marco de las puertas
Revestimiento del bastidor inferior del parabrisas	Larguero derecho	Cotas del marco del parabrisas
Revestimiento de los bajos de la puerta izquierda	Montante puerta derecha	Cotas del compartimento del motor
Aleta izquierda	Montante del techo	
Pase de rueda izquierdo		
Puerta izquierda		
Salpicadero		
Piso		
Montante de la puerta izquierda		

© Ediciones Paraninfo

10.3.5. Colisión posterior central

Figura 10.31.

Elementos deformados	Elementos que pueden estar deformados	Comprobaciones a realizar
Parachoques trasero	Montantes del techo	Alineación del bastidor
Revestimiento travesaño trasero	Pases de ruedas	Cotas del habitáculo
Largueros posteriores	Travesaño trasero	Cotas del marco de las puertas traseras
Piso		Cotas del marco de la luna trasera
Aletas traseras		Cotas del habitáculo

10.4. Compás de varas

El compás de varas, también denominado regla graduada, es un útil de medida que se utiliza para una medición rápida y aproximada de la estructura de la carrocería o para medir determinadas zonas del vehículo (huecos de lunas, anclajes, etc.). Es de fácil utilización y con él se puede realizar un pre-diagnóstico de las posibles deformaciones producidas en la colisión.

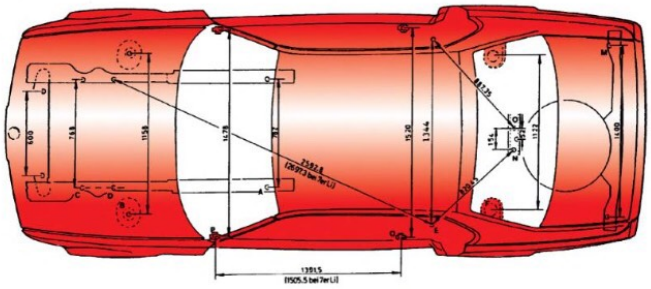


Figura 10.32. Cotas de la carrocería.

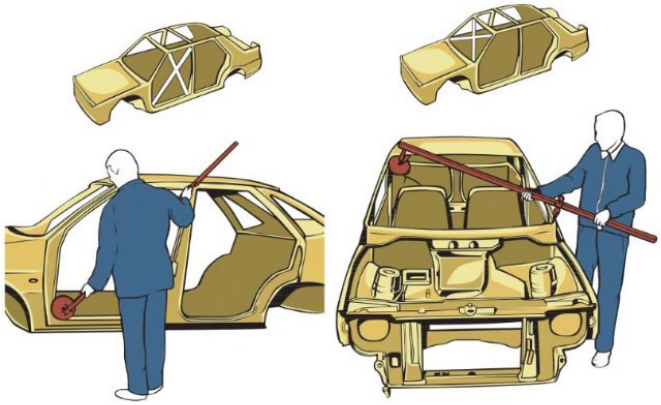


Figura 10.33. Ejemplo de medición con el compás de varas.

Está constituido por un tubo telescópico que incorpora normalmente una escala graduada en milímetros. En cada extremo tiene un soporte por donde se desplaza perpendicularmente una varilla que también está milimetrada y forma un ángulo de 90º respecto del tubo telescópico, pudiéndose intercambiar con una terminación distinta, o de diferentes dimensiones, en función del punto a controlar. Algunos modelos tienen también incorporada una burbuja de nivel para poder tomar cotas de altura utilizando la graduación de la varilla.

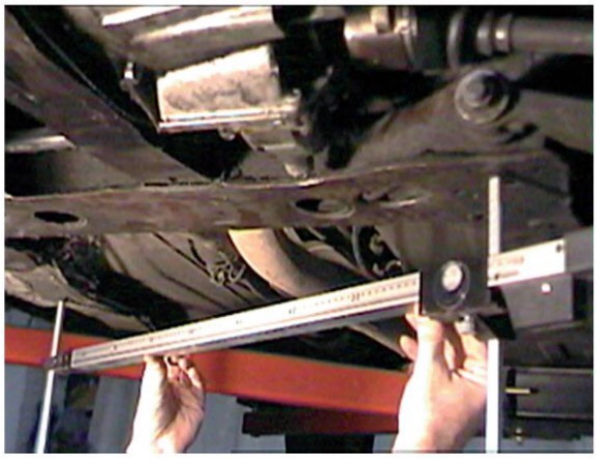


Figura 10.34. Compás de varas.

La medición con este útil se puede realizar:

- Por comparación.
- Por medición.

10.4.1. Por comparación

Este método se basa en comprobar la simetría entre los puntos de control de la estructura, es decir, puntos cuyas dimensiones son iguales en ambos lados. La mayor parte de estos puntos son agujeros en la estructura

© Ediciones Paraninfo

del vehículo y sus dimensiones son la distancia de centro a centro de cada orificio. También se pueden realizar mediciones por comparación para comprobar la alineación de las rótulas de la suspensión, los soportes de anclajes, etcétera.

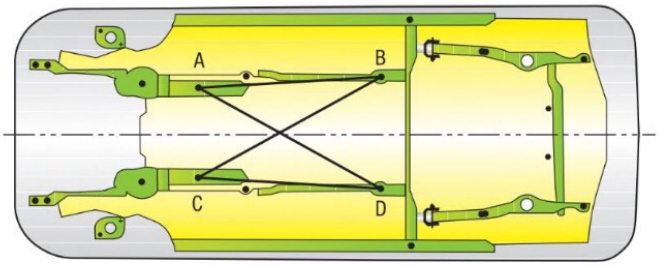


Figura 10.35. Medida por comparación.

Para realizar medidas por comparación es indispensable realizar siempre como mínimo dos medidas (longitud y diagonal), de lo contrario, la medición puede llegar a ser errónea como se describe en los siguientes ejemplos.

Control de puntos simétricos

La medida de la cota AD se comprueba que es igual a la cota BC, lo mismo ocurre al medir la cota AC que es igual a la cota BD, por lo que se puede afirmar que los puntos de control A, B, C, D no tienen deformación.

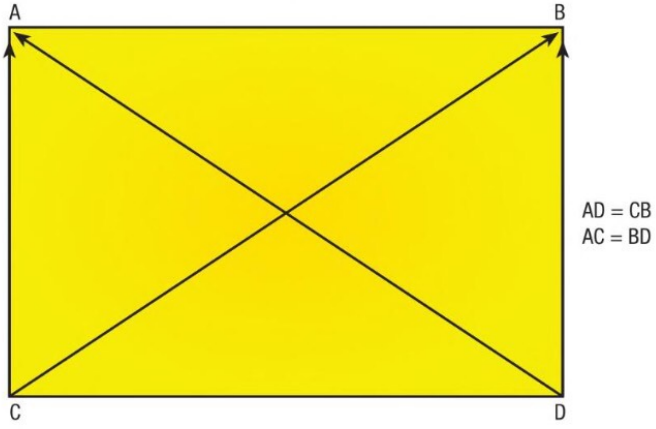


Figura 10.36. Medidas simétricas.

Control de puntos con deformación hacia la derecha

Las cotas longitudinales AC y BD tienen las mismas medidas. En cambio, las cotas diagonales son distintas, produciéndose un desplazamiento hacia el lado más largo (en este ejemplo, hacia el lado derecho).

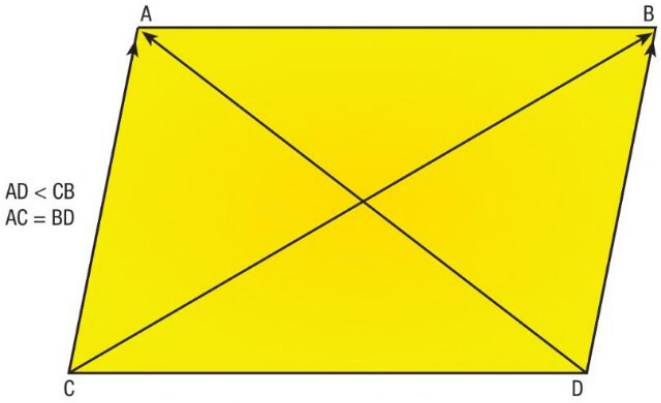


Figura 10.37. Medidas no simétricas.

10.4.2. Por medición

Con este método se trata de medir la distancia que hay entre dos puntos comparándola con la indicada en la ficha técnica. Cualquier variación de las cotas significaría que el punto controlado ha resultado afectado por la colisión. Como en la mayoría de los casos, los puntos de referencia en la estructura son taladros. Las medidas hay que tomarlas de centro a centro, pudiéndose presentar diversos casos:

- **Que los orificios sean del mismo tamaño.** En este caso, si la varilla del compás está correctamente centrada respecto a los agujeros a medir, bien porque son del mismo diámetro que los agujeros o porque se ha podido acoplar en su extremo un cono que hace que la varilla quede centrada respecto al agujero, su medición no presenta ningún problema, ya que la medida indicada en la varilla es la existente de centro a centro.

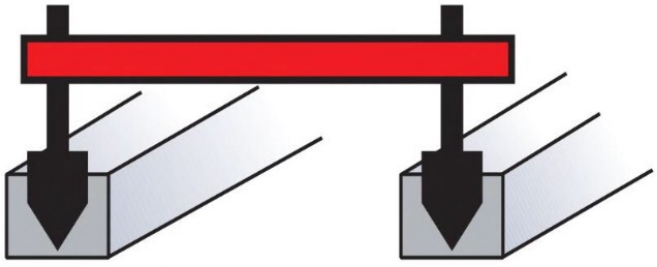


Figura 10.38. Medidas con orificios iguales y adaptadores idóneos.

En el caso de que la varilla no quede centrada respecto de los agujeros (debido, por ejemplo, a que el diámetro de la varilla es inferior), hay que tomar la medida en uno de los extremos de los agujeros (Figura 10.39), siempre que en los dos sea en el mismo lado, para que se mantenga la medida central.

© Ediciones Paraninfo

Figura 10.39. Medidas con orificios iguales y adaptadores más pequeños.

▶ **Que los agujeros tengan distintos tamaños.** Es un pequeño inconveniente que se resuelve tomando las medidas existentes entre los extremos más alejados y los extremos más cercanos, ambas medidas se suman y se dividen por dos. El resultado es la distancia de centro a centro de los taladros.

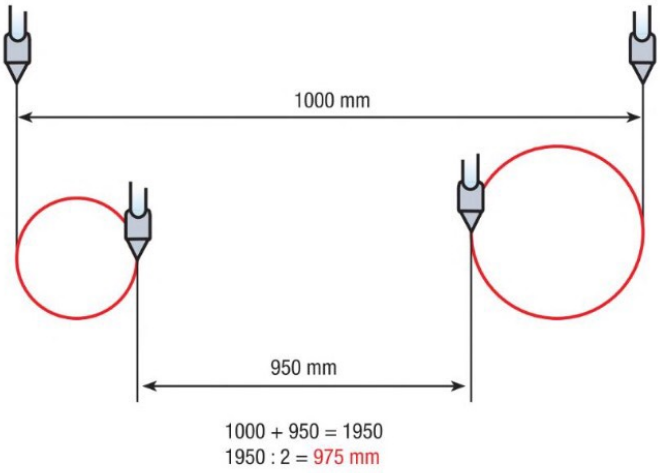


Figura 10.40. Medidas con orificios de distintos diámetros.

También se pueden medir zonas de la carrocería cuyos puntos de control no sean agujeros y tengan otros puntos de referencia. En estos casos la ficha técnica indicará cuál es el punto en concreto desde donde se deben tomar las medidas.

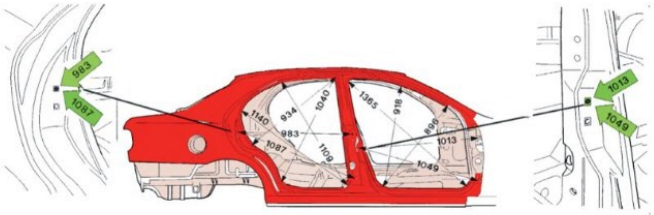


Figura 10.41. Medidas con puntos de control.

Tanto para las medidas por comparación como para las medidas directas de comprobación de las cotas, se alcanzará mayor precisión cuanto mayor sea la distancia de los puntos a controlar y se obtendrá mayor seguridad de la verificación si se realiza más de una medición desde el mismo punto de control.

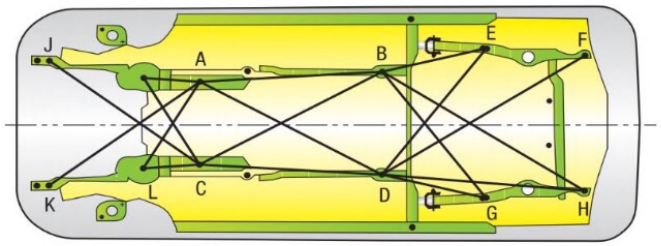


Figura 10.42. Verificar el mismo punto de control desde varias posiciones.

Si el compás de varas tiene incorporada una burbuja de nivel, se pueden controlar cotas de altura siempre que el vehículo esté nivelado.

El proceso es idéntico al utilizado anteriormente; es decir, se medirán las cotas de longitud y las diagonales, pero manteniendo el tubo telescópico perfectamente nivelado. Para ello se apoyará una de las varillas y se desplazará la otra hasta nivelar el compás. A continuación observar la medida que marcan ambas varillas.

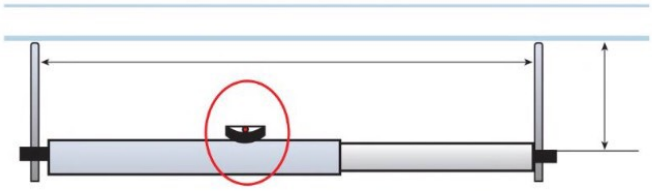


Figura 10.43. Mantener nivelado el compás.

En algunas marcas de vehículos, la medición del bastidor se realiza partiendo de un punto central que se encuentra en el travesaño central.

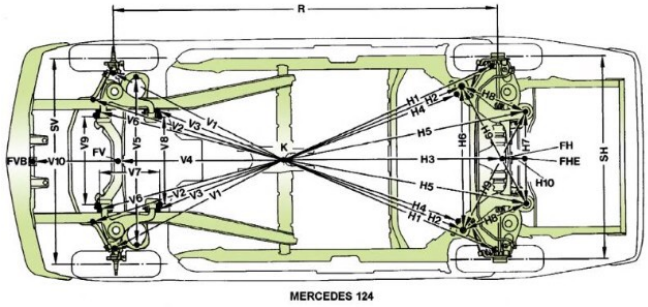


Figura 10.44. Medición desde el mismo punto de control.

Actualmente existe un compás digital —MZCross— que determina la distancia de los puntos de las carrocerías previamente definidos y estudiados y que compara los mismos a valores de fabricante, insertados en una base de datos, a través de un programa instalado en un ordenador. Por otro lado, este sistema permite compilar toda la información de la carrocería, en lo que concierne al diagnóstico, así como a la inclusión de fotografías reales y datos adicionales sobre la carrocería y realizar un informe sobre las mediciones efectuadas.

© Ediciones Paraninfo

Figura 10.45. Compás digital.

El sistema MZCross contiene el siguiente equipamiento:

- Dos juegos de terminales.
- Dos adaptadores magnéticos.
- Un brazo medidor digital.
- Una extensión para pequeñas distancias.
- Cuatro extensiones distintas.

Figura 10.46. Equipamiento compás digital.

Principio de funcionamiento del MZCross y proceso de análisis

El proceso a seguir sería:

1. La carrocería entra en el taller.
2. Situar la carrocería en un elevador.
3. Crear una ficha de trabajo (Figura 10.47).

Antes de empezar a hacer el análisis de los puntos de la estructura de la carrocería es necesario abrir una ficha de trabajo. Esta ficha no es más que la selección de la carrocería que nos permitirá después registrar los valores obtenidos a través del brazo medidor digital (marca, modelo, mecánica desmontada o montada) (Figura 10.48).

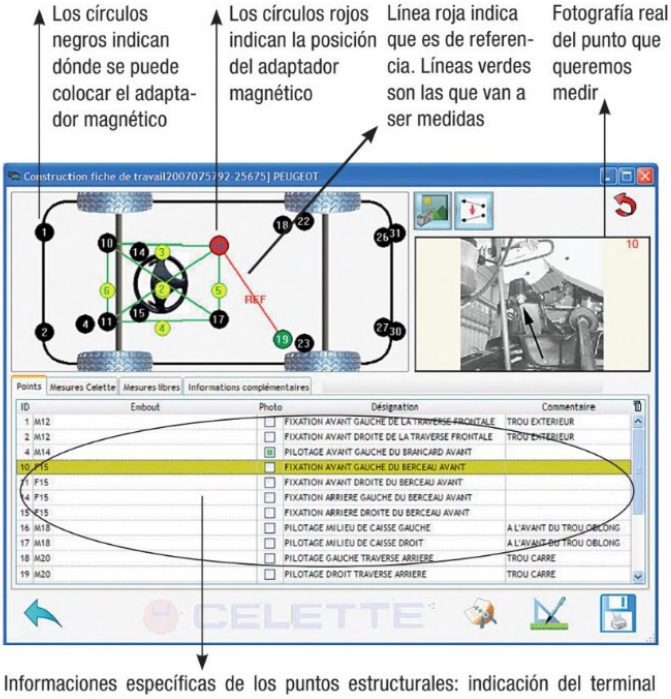
Figura 10.47. Crear ficha de trabajo.

Figura 10.48. Abrir ficha de trabajo.

© Ediciones Paraninfo

4. Tras haber abierto la ficha, el operario tendrá que configurar la misma en tres etapas:

a) Indicar un punto de referencia, donde será colocado el adaptador magnético y que será el punto cero de las mediciones.
b) Indicar punto de validación, que servirá para definir una distancia de referencia que permita validar el punto de referencia.
c) Definir individualmente todas las distancias que se deseen medir.



Informaciones específicas de los puntos estructurales: indicación del terminal respectivo, designación y comentarios adicionales. También es posible observar las medidas teóricas del fabricante en cada punto, introducción de nuevas y diferentes medidas y registrar información complementaria del vehículo (propietario, nombre del cliente, n.º de chasis…)

Figura 10.49. Indicar puntos de validación.

Figura 10.50. Medir los distintos puntos.

5. Impresión y registro de los valores obtenidos: una vez abierta la hoja de trabajo, imprimimos el impreso y anotamos los valores obtenidos por el brazo medidor digital en la columna destinada a ello.

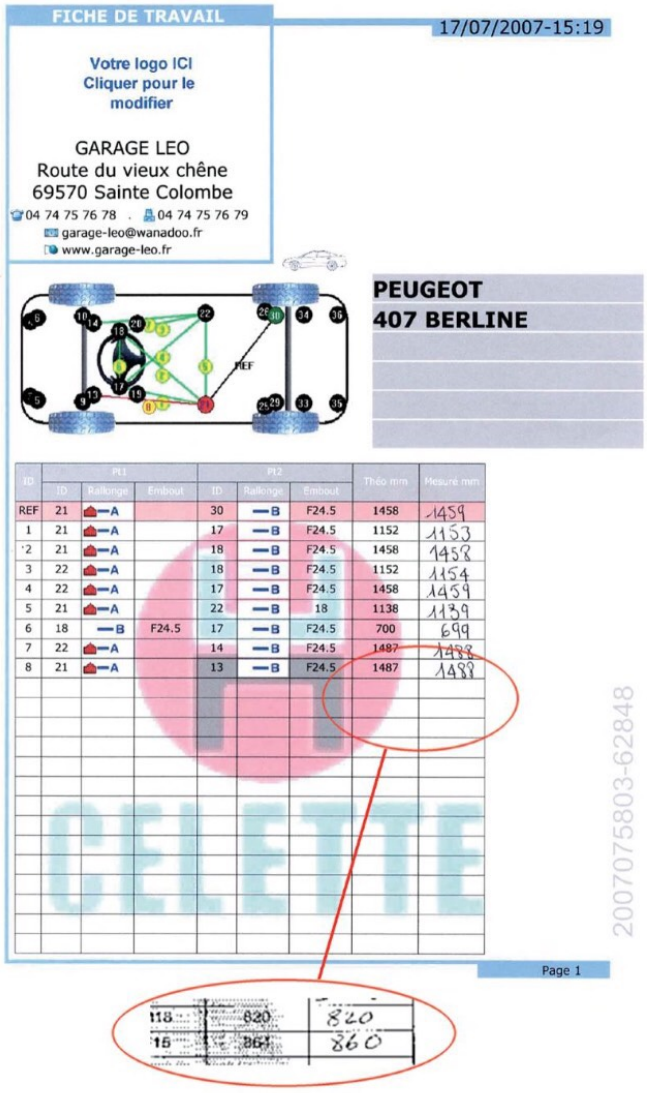


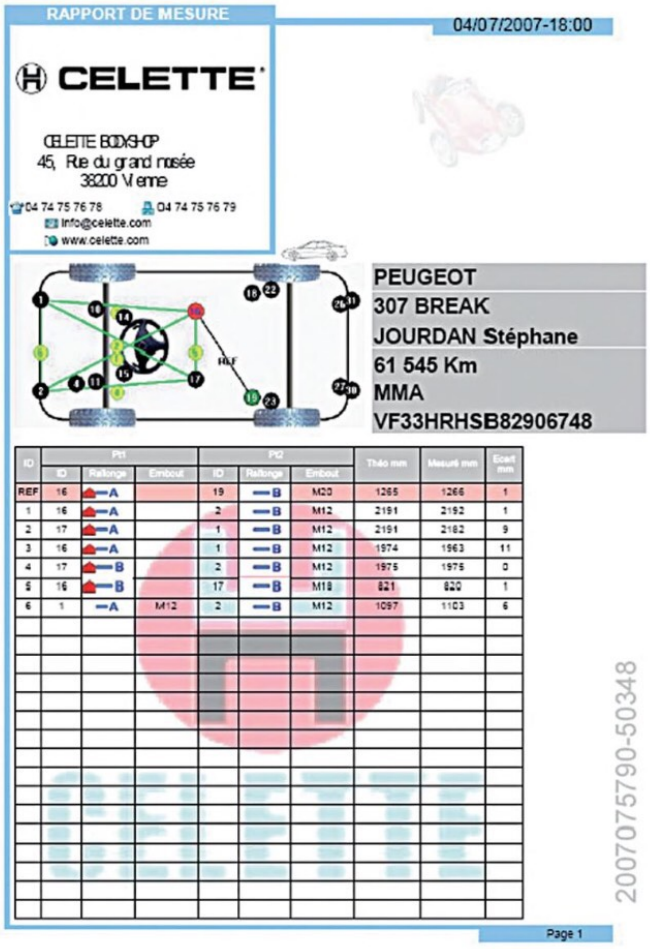
Figura 10.51. Imprimir registro.

6. Introducir los datos en la ficha de trabajo en el ordenador y guardarlos.

Los valores obtenidos por el brazo medidor digital son registrados ahora en el ordenador en la ficha de trabajo ya existente.

Automáticamente, el programa MZCross calcula los desvíos entre los valores obtenidos a través de la medición con los valores teóricos del fabricante. En este punto, el operario tiene una percepción estructural de la carrocería. Esta comparación puede ser grabada en un fichero, imprimirla o quedarse archivada en el ordenador para un futuro análisis (Figura 10.52).

© Ediciones Paraninfo


RAPPORT DE MESURE

04/07/2007-18:00

CELETTE

CELETTE BODYSHOP
45, Rue du grand nosée
38200 Vienne
04 74 75 76 78 04 74 75 76 79
info@celette.com
www.celette.com

PEUGEOT
307 BREAK
JOURDAN Stéphane
61 545 Km
MMA
VF33HRHSB82906748

ID	Pt1			Pt2			Théo mm	Mesuré mm	Ecart mm
	ID	Rallonge	Embout	ID	Rallonge	Embout			
REF	16	A		19	B	M20	1265	1266	1
1	16	A		2	B	M12	2191	2192	1
2	17	A		1	B	M12	2191	2182	9
3	16	A		1	B	M12	1974	1963	11
4	17	B		2	B	M12	1975	1975	0
5	16	B		17	B	M18	821	820	1
6	1	A	M12	2	B	M12	1097	1103	6

2007075790-50348

Page 1

Figura 10.52. Comprobar desviaciones.

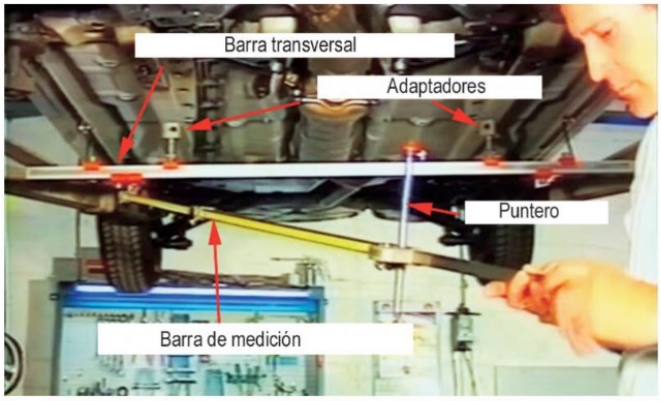


Figura 10.53. Sistema de medida Codhe.

Figura 10.54. Preparar adaptadores.

10.5. Sistema de medidas Codhe

Es una evolución del compás de varas, con él se pueden medir puntos simétricos del vehículo por comparación o utilizando las cotas de las fichas técnicas que acompañan al sistema de medida.

Puede utilizarse con la mecánica desmontada o con la mecánica montada y medir cualquier punto exterior de la carrocería.

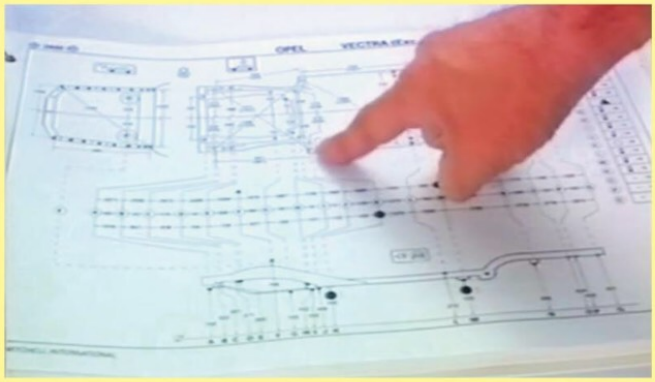
Está compuesto por (Figura 10.53):

- **Barra transversal.** Es una barra que tiene una graduación en milímetros partiendo de la zona central, tiene la misma medida a ambos lados. Por ella se desplaza libremente el soporte de la barra de medición.
- **Útiles adaptadores.** Son los útiles necesarios para sujetar la barra transversal a los distintos puntos de la carrocería (Figura 10.54).
- **Barra de medición.** Es una barra extensible graduada en milímetros. Uno de sus extremos se sujeta a la barra transversal y en el otro se acopla una barra que termina en un cono denominada puntero.
- **Puntero.** Es una barra terminada en cono que se utiliza para comprobar los distintos puntos de la carrocería.
- **Fichas técnicas.** Son los datos que el fabricante del medidor tiene preparados con sus respectivas cotas para poder comprobar distintos puntos de la carrocería.

El método de utilización es muy parecido al del compás de varas, pero aporta mayor precisión y resulta más fácil de utilizar. Consiste en montar en dos puntos que no estén deformados una regla transversal, perfectamente nivelada respecto de la carrocería. Sobre esta regla se instala una barra de medición, que se desplaza a los puntos a controlar. Una de las ventajas que presenta este sistema con respecto al compás de varas es que, una vez graduado para un punto, su punto simétrico se puede comprobar fácilmente sin necesidad de tener que cambiar la graduación.

© Ediciones Paraninfo

10.5.1. Montaje y nivelación de la barra



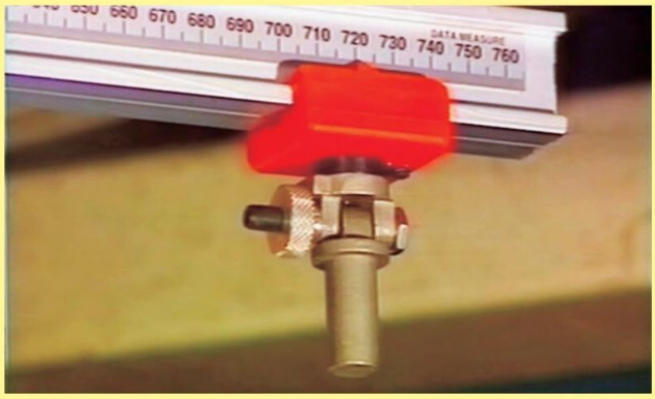
Consultar con la ficha técnica y localizar dos puntos simétricos que no estén afectados por la deformación para montar la barra transversal.

Para verificar que los puntos elegidos no están dañados, además de la simple observación, se puede utilizar el compás de varas, comprobando su simetría (largo y ancho).

En el equipamiento del medidor se encuentran diversos útiles y adaptadores para sujetar la barra transversal con tornillos, o en agujeros.

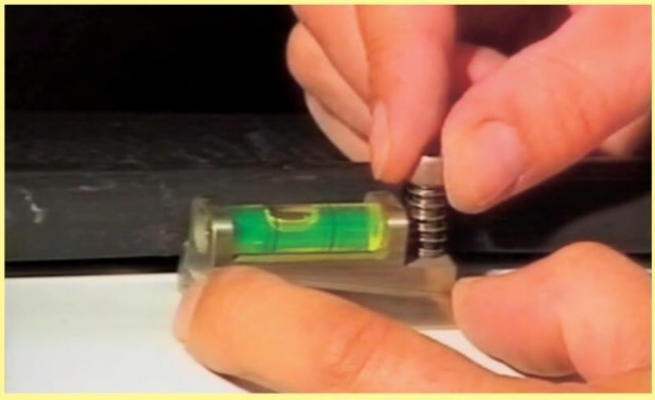
Una vez colocados los anclajes, colocar la barra transversal, centrándola respecto a los soportes de sujeción. Es decir, colocando igual medida en ambos lados.

© Ediciones Paraninfo

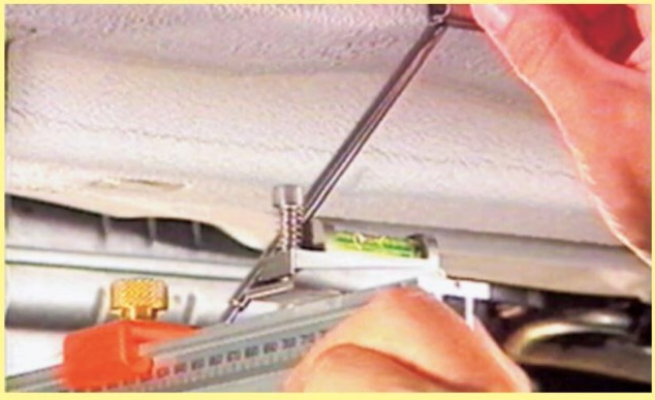


Montar el soporte de la barra de medición y comprobar que se puede desplazar libremente a lo largo de la barra transversal, montando un tope a cada lado de la barra transversal para evitar que no se salga.

Nivelar la barra transversal con relación al vehículo. Para ello comenzar montando el estabilizador de nivel.



Colocar el nivel del equipo de medida en la parte inferior del marco de la puerta, o cualquier otro lado del vehículo que esté plano y paralelo al suelo, y graduarlo utilizando el tornillo de regulación hasta conseguir que la burbuja se encuentre en la parte central.



Trasladar el nivel a la barra transversal y nivelar la burbuja utilizando el nivelador.

Realizar las dos últimas operaciones en ambos lados de la barra transversal, respetando siempre la misma posición del tornillo de regulación.

© Ediciones Paraninfo

Una vez montada y nivelada la barra transversal, se puede comenzar el proceso de medición, pudiendo realizarse de dos formas diferentes:

- Por comparación.
- Utilizando las cotas de la ficha técnica.

10.6. Galgas de nivel

Denominadas también "calibres de centrado", es un sistema de medición que utiliza un procedimiento muy sencillo y a la vez eficaz. Se utiliza para detectar desalineamiento en la estructura mediante la instalación de varias galgas de nivel que se han instalado previamente en la base de la carrocería. Todas las medidas pueden realizarse con el vehículo montado en una bancada o en un elevador.

Cada galga está compuesta por dos barras que pueden deslizarse entre sí, manteniéndose siempre paralelas. En sus extremos tienen incorporado un sistema de fijación que les permite adaptar unas reglas o varillas verticales, las cuales se sujetan en los puntos a controlar. En la parte central de las barras está fijado un pivote u objetivo de centrado que siempre permanece en el centro de las dos barras y se utiliza para observar la alineación de la estructura.

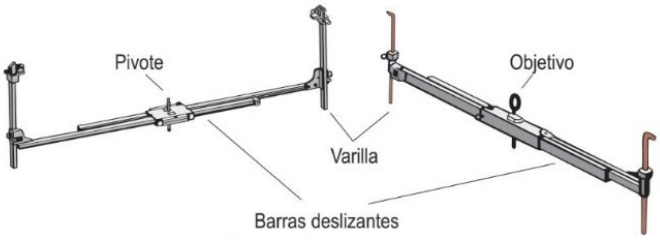


Figura 10.55. Elementos galgas de nivel.

Para efectuar una medición con este sistema se ha de comenzar consultando la ficha técnica para elegir dos puntos simétricos y consultar las cotas de anclaje para colgar el primer calibre. Los puntos elegidos no deben estar afectados por la deformación, ni deben estar deformados. En caso de deformación, elegir otros puntos. A continuación elegir de nuevo otros dos puntos simétricos que no estén afectados por la deformación y colgar otro calibre. Instalados los dos calibres, hay que mirar por el pivote o el objetivo y comprobar que están alineados.

Figura 10.56. Elegir siempre dos puntos simétricos no afectados por la deformación.

Estos dos calibres se instalarán, de ser posible, en la parte central de la carrocería.

Si lo que se desea es comprobar la alineación total del vehículo (porque visualmente no se observan deformaciones) será necesario instalar dos calibres más, uno en:

- La sección delantera.

Y otro en:

- La sección trasera.

La alineación de la carrocería será correcta cuando los calibres están en posición paralela y los pivotes u objetivos centrados.

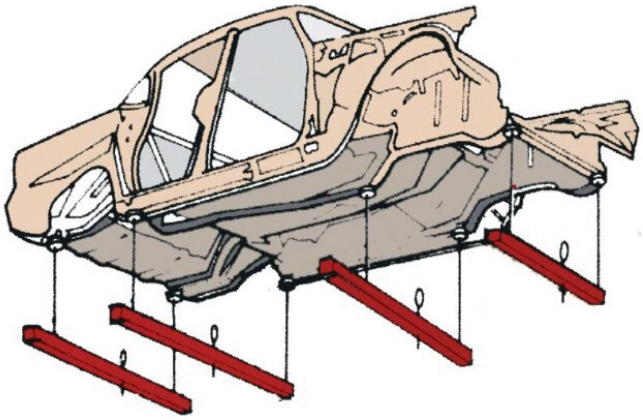


Figura 10.57. Alineación correcta.

Si visualmente ya se observa la zona deformada habrá que instalar uno o dos calibres más en la zona afectada por la colisión y volver a mirar por el objetivo para comprobar el alineamiento de los calibres.

En una alineación correcta de los cuatro calibres desde el pivote u objetivo, no debe observarse ninguna desviación.

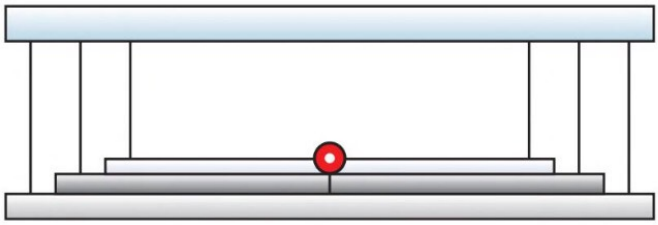


Figura 10.58. Objetivo y pivote centrado.

La desalineación del/los calibre/s instalados en la zona deformada con los otros dos calibres instalados en la zona no deformada indicará el tipo de deformación que se ha producido en la zona, tal y como se indica en los siguientes gráficos (Figuras 10.59, 10.60 y 10.61).

© Ediciones Paraninfo

Hundimiento

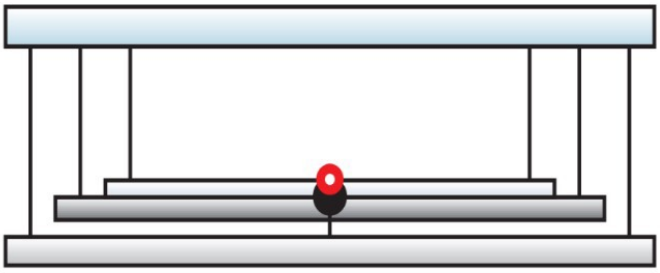


Figura 10.59.

Retorcimiento

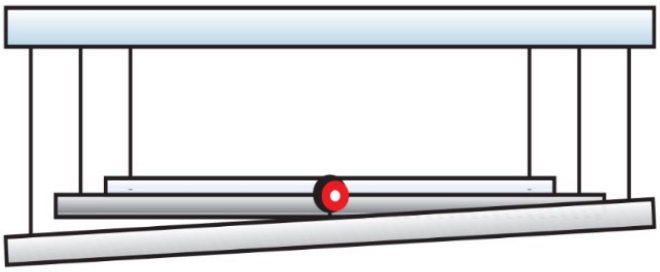


Figura 10.60.

Desviación lateral

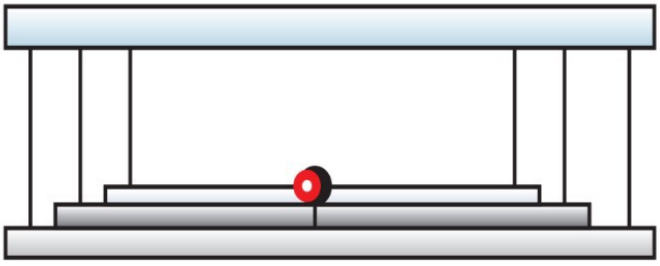


Figura 10.61.

Para observar correctamente los calibres hay que tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- Para comprobar que están paralelos hay que situarse siempre en el centro del borde exterior, mirando con los dos ojos.
- Los puntos elegidos para situar los calibres deben estar lo más separados posible, a mayor separación mayor precisión en la observación.
- La observación del pivote u objetivo debe realizarse con un solo ojo, como cuando se realiza el enfoque de una cámara fotográfica.
- Hay que asegurarse de que los calibres están todos a la altura indicada en la ficha.
- No colgar los calibres en una pieza que pueda tener movimiento.
- Si el orificio donde se va a colgar el calibre está un poco deformado y no hay posibilidad de elegir otro punto, habrá que reparar la deformación del orificio antes de anclarlo.

10.7. Diagnóstico con sistemas de medición universales

Este sistema de medición de la carrocería permite tomar medidas en las tres dimensiones (anchura, altura y longitud), evaluando de forma rápida las posibles deformaciones que tiene la carrocería. La ventaja de este sistema respecto a la utilización del compás de varas o los calibres de nivel radica en que la lectura de las medidas es directa.

En el mercado existen diversos diseños, por lo que a la hora de su utilización deberán leerse atentamente las instrucciones de uso y mantenimiento.

Los más usuales son:

- Sistema mecánico.
- Sistema informatizado.
- Sistema láser.
- Sistema acústico.

10.8. Sistema de medición mecánico

Este tipo de medidor se suele utilizar normalmente en la bancada, pues necesita apoyarse en una superficie perfectamente plana, siendo totalmente independiente a la bancada, es decir, que normalmente no está montado de forma fija en la bancada, aunque también existen modelos de bancada en los que el sistema de medida está incorporado a los útiles de sujeción de la misma y otros que distribuyen un sistema de medición que se puede utilizar en cualquier elevador (estos son casos particulares).

Básicamente están compuestos por:

▶ **Un puente de medida** (Figura 10.62.A). Es un bastidor fabricado de aluminio, dotado de escalas graduadas en los laterales para la medición de longitud. Está diseñado para colocarlo en la parte fresada de la bancada.

▶ **Carros de medida** (Figura 10.62.B). Denominados también "correderas de medidas o semirraíles de medidas transversales", que se desplazan a través del puente de medida y llevan incorporadas unas escalas para medir la anchura.

© Ediciones Paraninfo

Figura 10.62.A. Puente de medida.

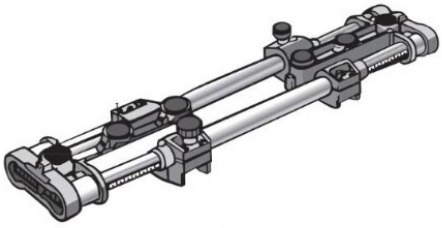


Figura 10.62.B. Carro de medida.

▶ **Útiles de medida.**

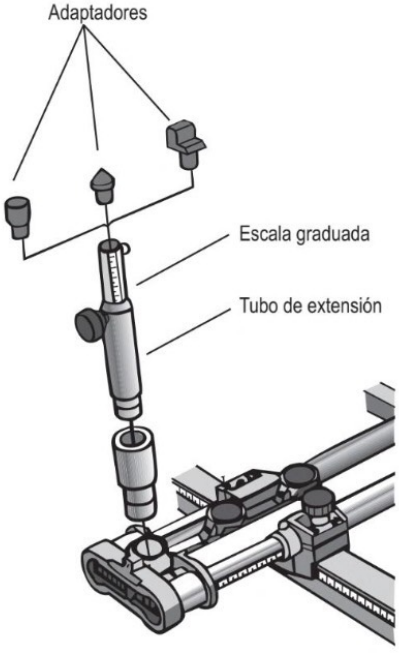


Figura 10.63. Útiles de medida.

Está compuesto por tres grupos de componentes:

- Tubos de extensión de distintas longitudes.
- Escalas deslizantes graduadas en milímetros para la medición de altura.
- Adaptadores de medición, preparados para tomar las medidas en los puntos indicados en la ficha.

▶ **Útil para comprobar la parte superior de la carrocería.** Adopta diversos nombres en función del fabricante de la bancada. Sirve para poder medir los puntos elevados de la carrocería y comprobar por comparación las partes exteriores como el techo, las aletas, etcétera.

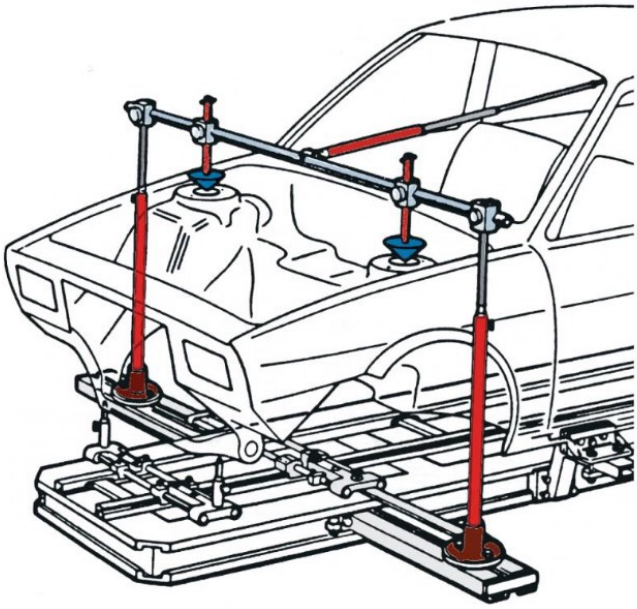


Figura 10.64. Útiles para verificar la parte superior.

A continuación se detallan los pasos a seguir para medir la carrocería de un vehículo utilizando un medidor de estas características (Car-O-Liner) que puede servir de referencia para otros modelos.

El proceso se desarrolla en las siguientes secuencias:

- Localización de la ficha técnica.
- Sujeción del vehículo en la bancada.
- Elección de los puntos de medidas.
- Montaje y centrado del sistema de medida.
- Primer método de diagnóstico.
- Segundo método de diagnóstico.

© Ediciones Paraninfo

10.8.1. Localización de la ficha técnica

AUDI

Audi 80,8C FWC Sedan, 4 door, 1992, 21:049 1991-12

Audi 80,8C Quatro Sedan, 4 door, 1992, 21:052, 1992-05

Audi 80, Quatro Sedan, 4 door, 1985, 21:025, 1985-01

Audi 90 FWd Sedan, 4 door, 1988, 21:045, 1991-05

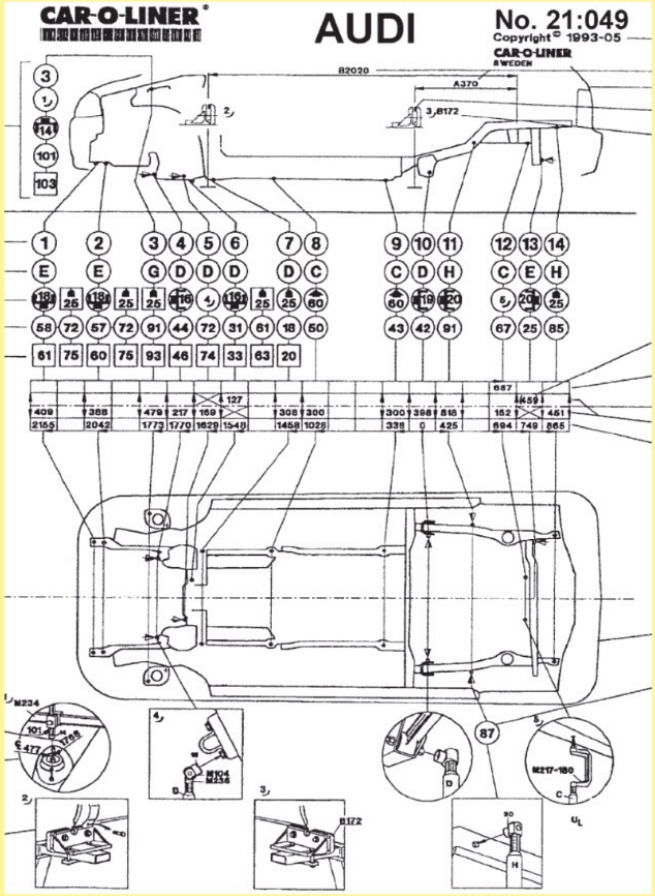
En primer lugar acudir al índice general para localizar la marca del vehículo que se desea reparar. A continuación localizar el vehículo en concreto a reparar.

En el ejemplo se trata de un Audi 80, 8C, Sedan, 4 puertas, modelo 1992.

No. 21:049
Copytright 1991 - 12
CAR-O-LINER
SWENDEN

Anotar el número de la ficha de reparación.

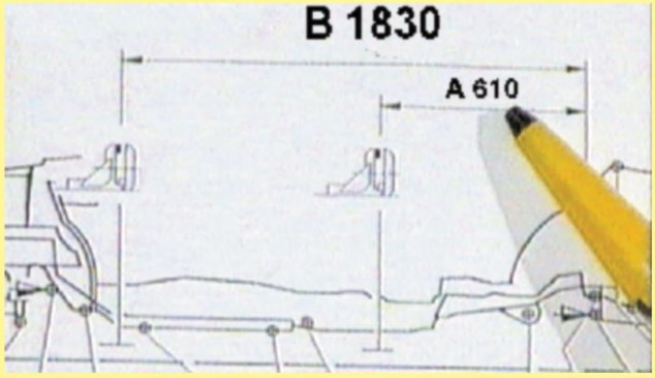
Si no localiza la ficha para ese modelo o no coincide el año de fabricación no lo asocie a otro modelo, consulte con su proveedor de bancada antes de tomar ninguna decisión.



En la ficha se localizará la información de los puntos correctos donde colocar las mordazas de sujeción y de todos los puntos posibles de controlar, así como los útiles necesarios y las medidas de todas las cotas para cada punto.

© Ediciones Paraninfo

10.8.2. Proceso de sujeción del vehículo en la bancada



La primera información que se debe comprobar será la distancia a la que hay que colocar las mordazas de agarre.

En algunos modelos de bancadas, los puntos de control son a la vez puntos de amarre y las mordazas solo se utilizan para sujetar mejor la carrocería a la hora de realizar los tiros de enderezados, para que no se produzcan deformaciones en los puntos de control/amarre. En este tipo de bancadas el primer paso a desarrollar será elegir los puntos de control y posicionar los útiles.

A continuación, dependiendo del modelo de bancada que se disponga, se preparará el vehículo para sujetarlo con las mordazas.

En la descripción fotográfica que se adjunta se sube el vehículo en el elevador y se colocan debajo de las ruedas unos caballetes, bajando posteriormente el elevador hasta que la bancada quede liberada del peso del vehículo.

Partiendo del centro del eje trasero, marcar con una tiza o un rotulador el lugar donde se debe anclar la primera mordaza de anclaje.

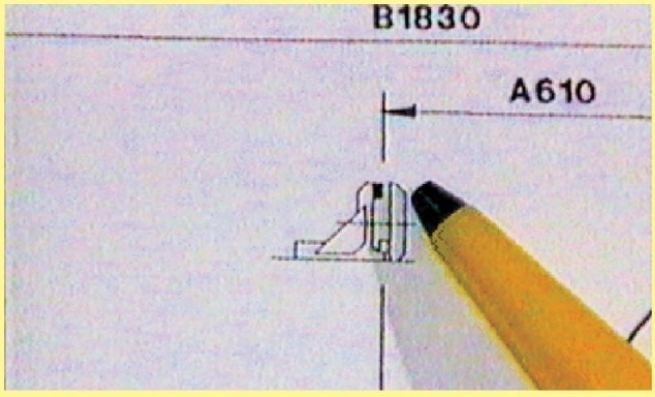
Realizar la misma operación para marcar la posición de la segunda mordaza de anclaje y repitir la operación en el otro lado del vehículo.

© Ediciones Paraninfo

Es importante que la zona de anclaje esté totalmente limpia, si es preciso utilizar un cepillo de cerdas metálicas para proceder a su limpieza.

Bajar del todo la bancada y montar los brazos que sujetan las mordazas de anclaje.

Esta operación también puede variar dependiendo del modelo de bancada que disponga el taller.



Algunos modelos de mordazas de anclaje tienen posición preestablecida y hay que verificar en la ficha técnica de la bancada su correcto posicionamiento.

En estos casos las mordazas tienen grabadas una letra o señal para diferenciar las del lado derecho de las del lado izquierdo.

© Ediciones Paraninfo

Colocar las mordazas en los brazos soporte, abriendo al máximo las pinzas.

Subir el elevador, asegurándose que las pinzas han encajado en la zona adecuada y están en la posición correcta, normalmente la marca realizada en la carrocería tiene que estar en el centro de las mordazas de anclaje.

Una vez asegurado que todo está correcto, apretar los tornillos de anclaje en el orden que indiquen las instrucciones de la bancada.

10.8.3. Elección de los puntos de medidas

Con la ficha seleccionada delante y observando los bajos del vehículo, elegir varios puntos simétricos que no estén dañados por la colisión.

Es recomendable un mínimo de tres o cuatro puntos lo más alejados posible unos de otros.

La simetría de los puntos se puede comprobar utilizando el compás de varas.

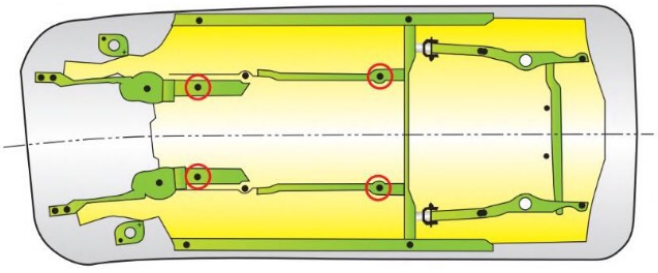


Figura 10.65. **Elegir varios puntos de control no dañados por la colisión.**

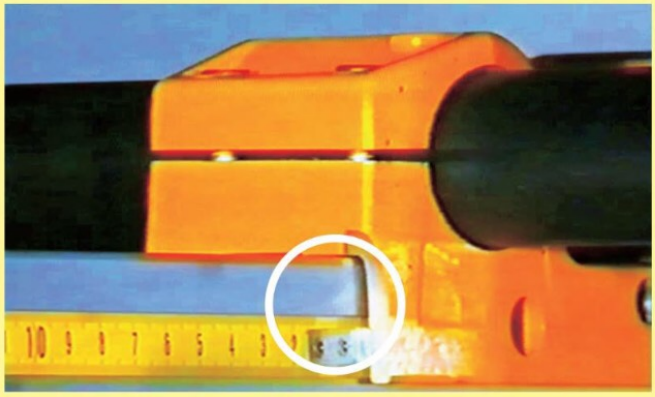
© Ediciones Paraninfo

10.8.4. Proceso de montaje y centrado del sistema de medida

	La siguiente operación será montar el puente de medida en la bancada.
	Elegidos los puntos de verificación en el vehículo, consultar la ficha técnica de la bancada para saber qué útiles se tienen que montar (tubos, adaptadores, etc.) y en qué posición. Comenzar montando el carro de medida sobre el puente.
	Ajustar la medida de anchura indicada en la ficha.
	Preparar los tubos y los adaptadores especificados en el carro de medidas.
	Ajustar el adaptador en el punto elegido. En algunos modelos de bancadas las medidas de longitud parten de un punto denominado “0”.

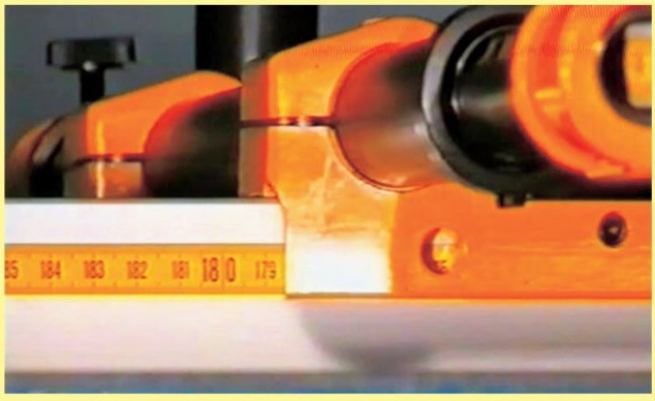
© Ediciones Paraninfo

Repetir las tres últimas operaciones en el lado opuesto.



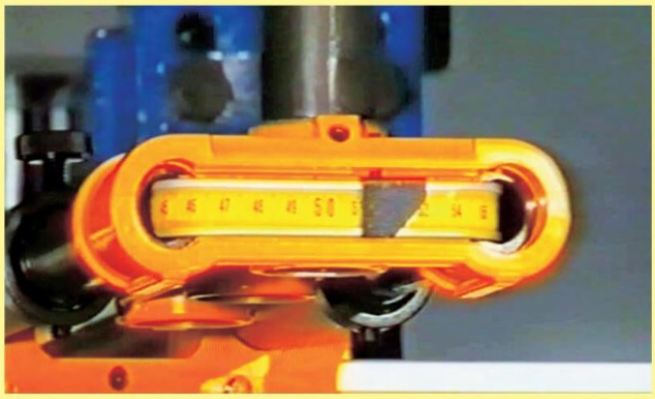
Colocar la cinta métrica del puente de medida haciendo tope con el carro montado.

Montar otro carro de medida y desplazarlo sobre el puente hacia la zona donde se han elegido los otros puntos de verificación.



Desplazarlo hasta la longitud indicada en la ficha.

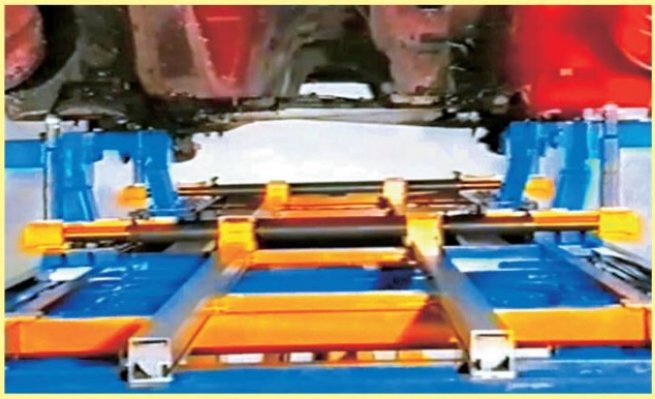
© Ediciones Paraninfo



Ajustar la longitud de anchura.

Montar el tubo y el adaptador especificado en la ficha y ajustarlo al punto elegido.

Realizar las dos últimas operaciones en el lado opuesto.



El puente de medida ya está centrado respecto de las partes no dañadas, lo que significa que está centrado con relación al vehículo. Desplazándolo a través del puente se podrán comprobar todos los puntos del vehículo.

La comprobación de las zonas dañadas por la colisión se puede realizar de dos formas distintas, que se desarrollan a continuación.

© Ediciones Paraninfo

Si al ajustar los adaptadores sobre los puntos elegidos como no dañados se observase una medida distinta a la indicada en la ficha significa que, aunque aparentemente no están dañados, realmente sí lo están. Por tanto, se han de elegir otros puntos más alejados a la deformación.

En la Figura 10.66 se eligieron los puntos A, pero las cotas leídas no son las indicadas en la ficha, resultando necesario pasar a los puntos B.

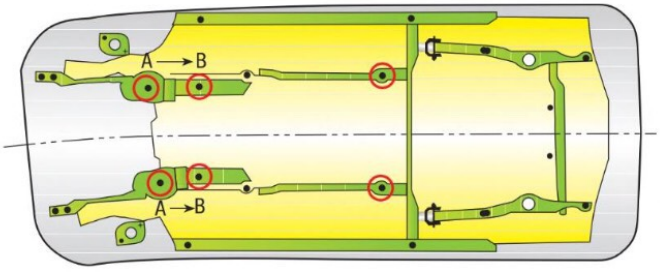


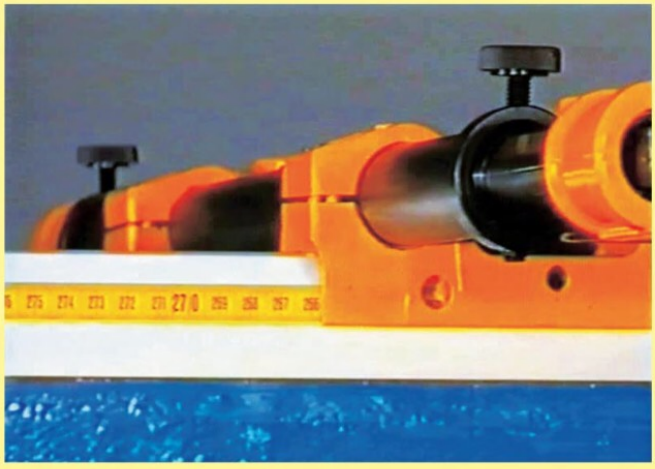
Figura 10.66. **Es importante verificar que los puntos elegidos para medir no estén afectados por la colisión.**

10.8.5. Primer método de diagnóstico

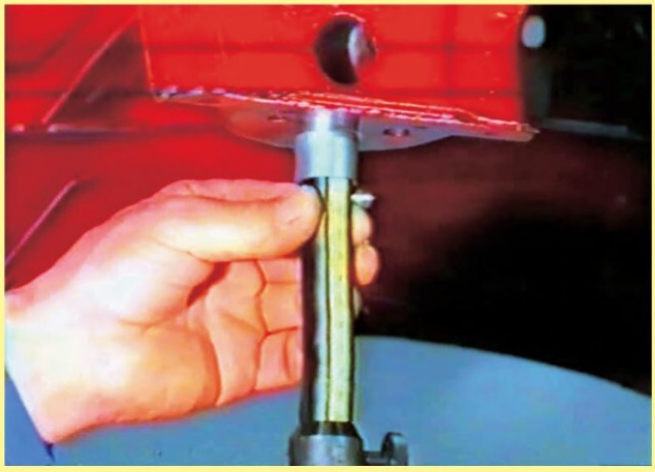
Consiste básicamente en medir las cotas (largo, ancho y alto) de los puntos dañados por la colisión comparándolas con las cotas especificadas en la ficha. Para verificar dónde comienza la deformación es aconsejable iniciar esta operación en zonas anteriores a las que visualmente parecen deformadas para asegurarse de que están dentro de las cotas establecidas en la ficha. A continuación ir avanzando hacia la zona que claramente está deformada.

De la comparación de las cotas reales y las cotas establecidas en las fichas se podrá cuantificar la deformación y la forma o secuencia de establecer los tiros de enderezado.

A continuación se establece una secuencia de cómo se desarrollaría este método con una bancada Car-O-Liner.

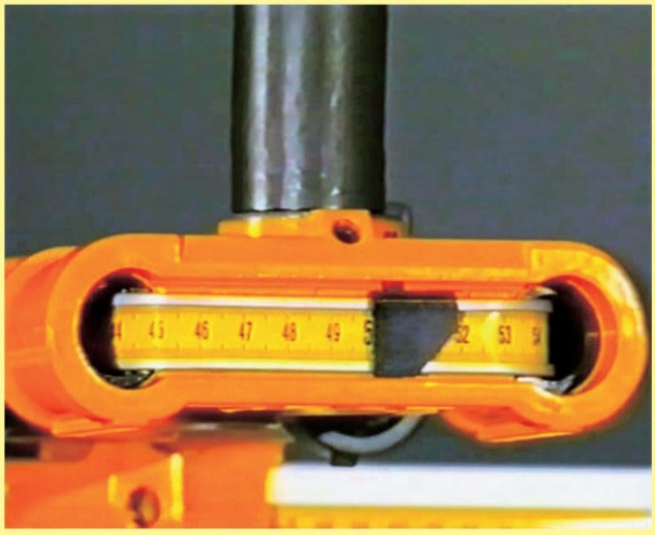


Colocar otro carro de medida sobre el puente con los útiles precisos para controlar los puntos elegidos.

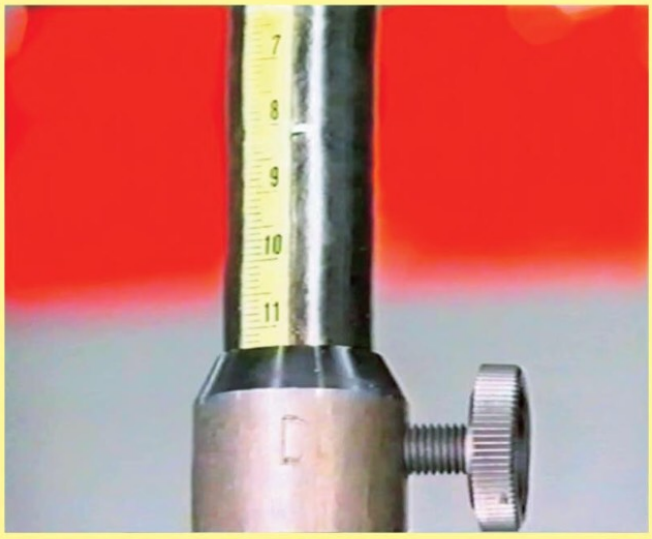


Ajustar el adaptador al punto elegido y dejarlo bloqueado para poder comprobar las cotas.

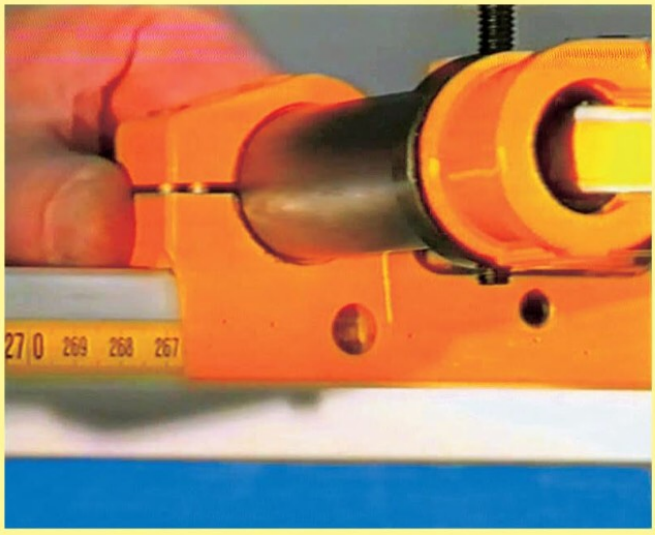
© Ediciones Paraninfo



Comprobar las cotas de anchura.



Altura



Longitud.

Anotar las medidas anteriores y comparar con las cotas de la ficha técnica.

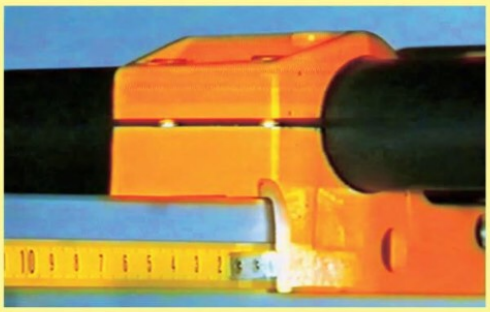
Realizar esta operación en distintos puntos para establecer su grado de deformación y su secuencia de reparación.

© Ediciones Paraninfo

10.8.6. Segundo método de diagnóstico

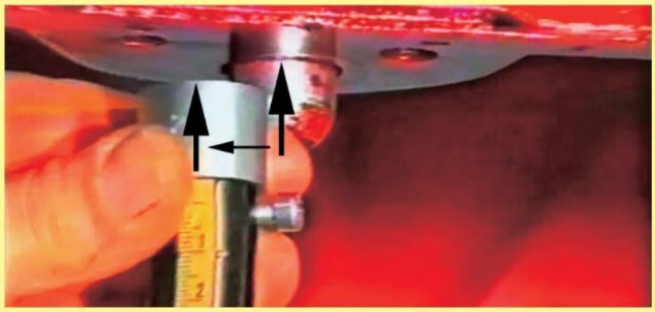
En este caso se trata de montar todos los útiles de medida a las cotas indicadas en la ficha técnica para los puntos elegidos y observar visualmente la diferencia que existe entre dónde tendría que estar y dónde está realmente. Este método permite hacerse una idea de forma gráfica de cómo se deben realizar los tiros, aunque en muchas ocasiones no se pueden realizar por la configuración de la propia deformación. El método anterior es un sistema más completo, pues permite hacerse una idea más amplia de la deformación, ya que se pueden tomar las cotas de distintos puntos antes de realizar los tiros.

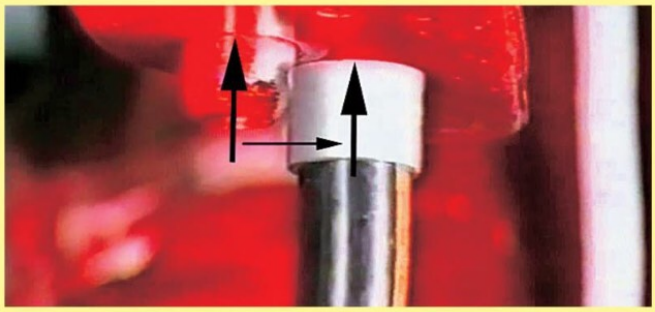
A continuación se establece una secuencia monográfica sobre la forma correcta de realizar estas operaciones.



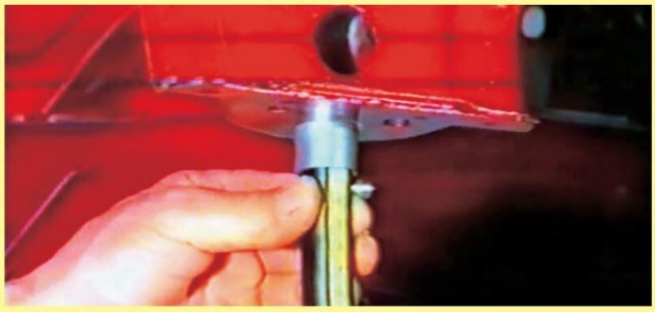
Instalar un carro de medida con los útiles adecuados para cada punto que se desea analizar.

Fijarlos a las cotas establecidas en la ficha.





Observar la diferencia existente entre el adaptador y el punto elegido. Dicha diferencia representa la deformación que ha producido la colisión en ese punto.



Si el útil entra correctamente es que no hay deformación.

© Ediciones Paraninfo

10.8.7. Comprobación de la parte superior

Los sistemas explicados hasta ahora sirven para comprobar todos los puntos de la parte inferior de la carrocería, pero las deformaciones también se pueden producir en la parte superior, como es el caso de la zona de anclaje de la suspensión MacPherson o el techo del vehículo. Para estos casos, todas las bancadas disponen de unos accesorios que se acoplan al puente de medida y sirven para medir las cotas (largo, ancho y alto) de cualquier punto exterior y elevado de la carrocería, o simplemente para poder establecer su correcta posición por comparación de aquellos puntos exteriores que sean simétricos.

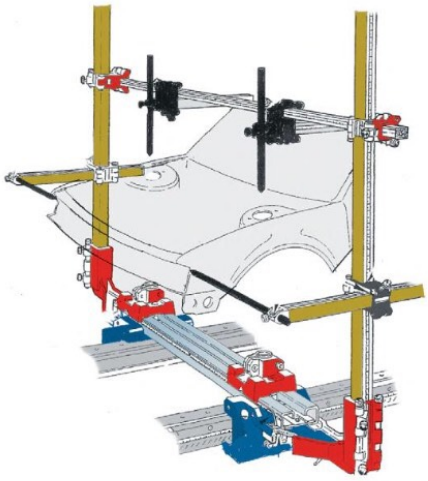


Figura 10.67. Útiles de verificación para la parte superior del vehículo.

A determinados modelos se les puede incorporar un compás de simetría para realizar las comparaciones de forma más rápida, tanto con mecánica montada, como desmontada.

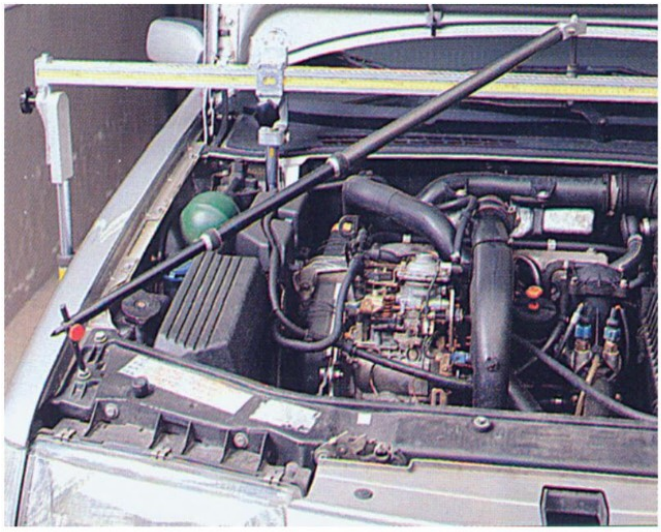


Figura 10.68. Compás de simetría.

Independientemente del modelo, en todos los casos se parte del centrado previo del puente de medida, al que se le incorpora una base, sobre la que se instalan unos pilares calibrados que, a su vez, sujetan una barra de medida, por la que se desplazan los adaptadores que controlan los puntos elegidos.

A continuación se desarrolla el proceso de la instalación y comprobación de uno de estos útiles.

© Ediciones Paraninfo

Montar la base del útil sobre el puente de medida y desplazarlo a la medida indicada en la ficha.

Previamente se ha centrado el puente de medida con un mínimo de cuatro puntos simétricos no afectados por el golpe.

Montar las barras calibradas que hacen de pilares y ajustar a la altura adecuada los soportes de la barra de medida.

Fijar la barra de medida transversal ajustando las medidas según la ficha.

Colocar los adaptadores específicos para el punto a comprobar y leer la medida que indica, comparándola con las que aparecen en la ficha para verificar si están dentro de la medida o existe alguna deformación.

© Ediciones Paraninfo

Por último, con relación a estos aparatos de medida, conviene observar siempre las precauciones generales para la conservación de cualquier aparato de medida:

- No forzarlo.
- No golpearlo.
- Guardarlo siempre en su armario, perfectamente ordenado.
- Protegerlo de las proyecciones de soldadura.
- Realizar de forma periódica su calibrado para asegurarse de que las medidas que se toman son las correctas, de lo contrario se podría llegar a reparaciones defectuosas. El calibrado se debe realizar con los útiles adecuados, realizado por personas especializadas.

Figura 10.69. Calibrado de los útiles.

10.8.8. Diagnóstico de un vehículo con un golpe fuerte en el lateral

El proceso explicado en el apartado anterior es aplicable en el supuesto de que la carrocería tenga un mínimo de tres o cuatro puntos de control sin deformación, pero se puede presentar un vehículo con una colisión lateral muy fuerte donde solo se disponga de puntos de control de un lateral. En estos casos, el equipo de medida se centrará utilizando al menos dos puntos de control del mismo lateral no deformado, realizándose como se explica a continuación.

En la Figura 10.70 se observa un vehículo que tiene un fuerte golpe lateral (en banana), aunque también se puede presentar este caso en un golpe en forma de diamante.

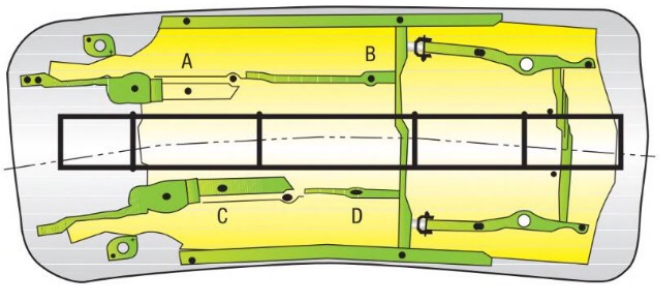


Figura 10.70. Deformación "en banana".

A simple vista o con un compás de varas se comprueba que los puntos de control de ambos lados no son simétricos, debido a la deformación producida en la colisión.

Montar el puente de medida y detectar dos puntos de control del lado no dañado por la colisión. En el ejemplo los puntos A y B no están dañados.

Montar los carros de medida y los adaptadores necesarios para los puntos elegidos, posicionándolos en las cotas indicadas en la ficha (longitud, anchura y altura).

Como los carros se desplazan de forma paralela a través del puente, al posicionar el carro a las medidas correctas en los dos puntos de un lado, el puente queda centrado en relación con la carrocería, pudiéndose observar en el lado opuesto del carro de medida la diferencia con sus puntos simétricos.

En la Figura 10.71 del ejemplo solo se pueden observar las diferencias de longitud y anchura entre los puntos C/C" y D/D", pero desde luego también pueden existir diferencias de altura.

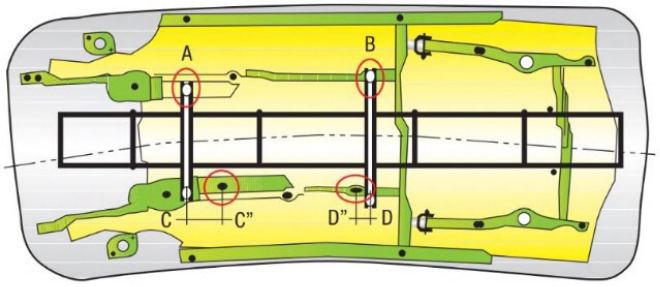


Figura 10.71. Deformación entre los puntos C/C" y D/D".

10.9. Sistema de medición informatizado

Este es uno de los más modernos sistemas de control de la carrocería, posibilitando un completo diagnóstico de todas las cotas, de forma fácil y rápida, sin necesidad de tener grandes conocimientos de informática, permitiendo:

© Ediciones Paraninfo

- Verificar todos los puntos de control, tanto con la mecánica montada como desmontada.
- Verificar las partes externas de la carrocería.
- Controlar el desplazamiento de los puntos de control durante la reparación.
- Su utilización se puede realizar con el vehículo montado en la bancada, en un elevador o en el suelo.
- Medir puntos que no están en la ficha técnica por comparación.
- Imprimir toda la información cuando se la solicite, por ejemplo antes de la reparación y una vez concluida la misma para certificar su correcta reparación.
- Crear un historial del vehículo para futuras consultas.

En el mercado existen distintos modelos (Figuras 10.72 y 10.73), pero básicamente el equipo suele estar compuesto por:

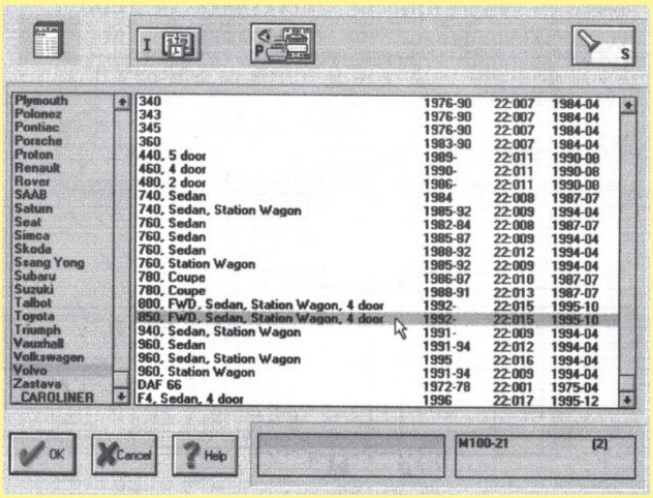
Figura 10.72. Sistema informatizado de medición.

- **Un brazo palpador.** Es el encargado de establecer la posición exacta de cada uno de los puntos de la carrocería que se desea verificar.
- **Una regla calibrada.** Tiene incorporado un carril por donde se desplaza el brazo de medida e informa del control de las medidas longitudinales.
- **El sistema informático.** Está compuesto por una serie de elementos informáticos (ordenador, impresora, etc.) capaces de recibir, almacenar y comparar las medidas enviadas por el brazo palpador y la regla calibrada. Algunos modelos tienen incorporado un sistema de emisión y recepción sin necesidad de cable (por infrarrojo o radiofrecuencia), que facilita la libertad de movimiento en el desarrollo de la reparación.
- **El programa informático.** Es el encargado de facilitar la información al operario del vehículo en reparación, así como las opciones de trabajo necesarias para realizar la misma, permitiendo en todo momento comparar la medida real del vehículo con la establecida por la ficha técnica, informando de las variaciones existentes.

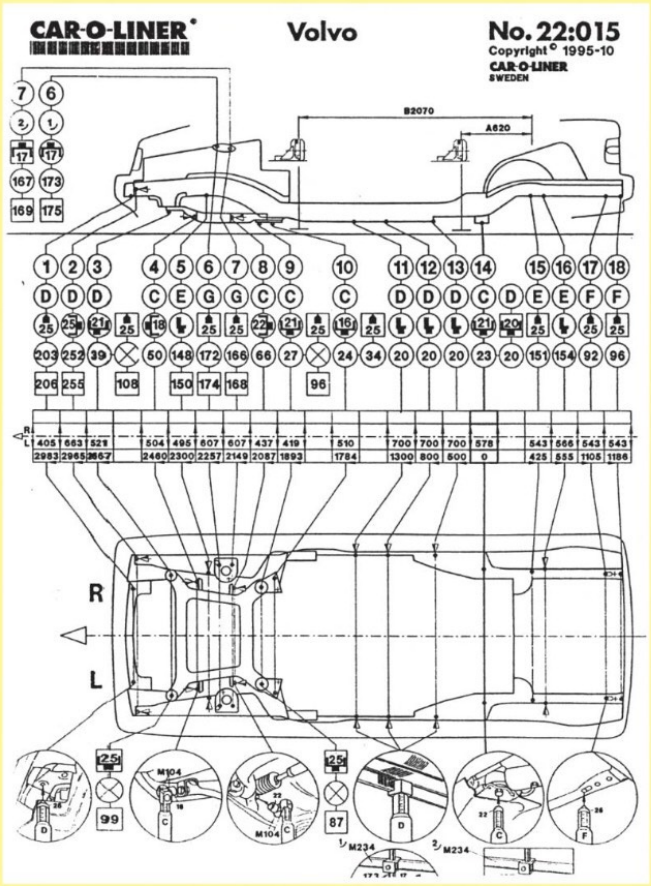
Figura 10.73. Sistema informatizado de medición.

A modo de ejemplo se describe de forma genérica el proceso para medir con el sistema Car-O-Tronic.

© Ediciones Paraninfo

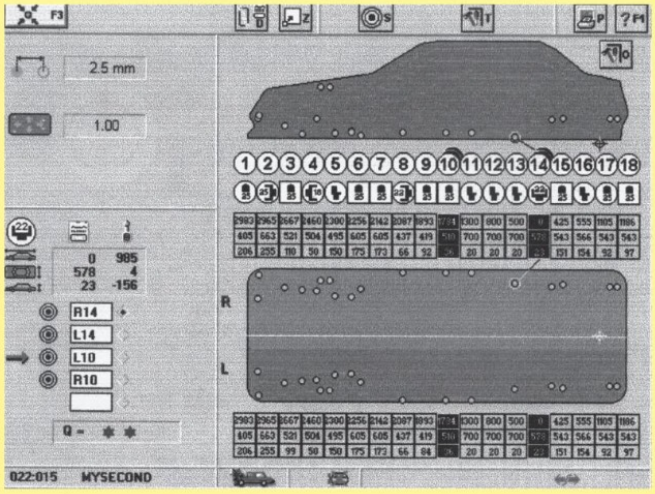


Una vez situado el vehículo sobre el elevador o en la bancada, seleccionar la ficha técnica del vehículo a reparar. Los datos de los vehículos están incorporados en el programa informático.



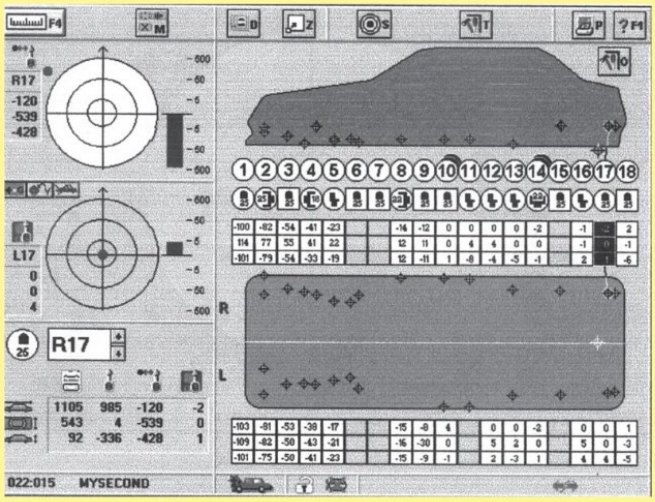
La ficha técnica aparecerá en la pantalla con todos los datos necesarios para controlar los puntos de control de la carrocería.

© Ediciones Paraninfo



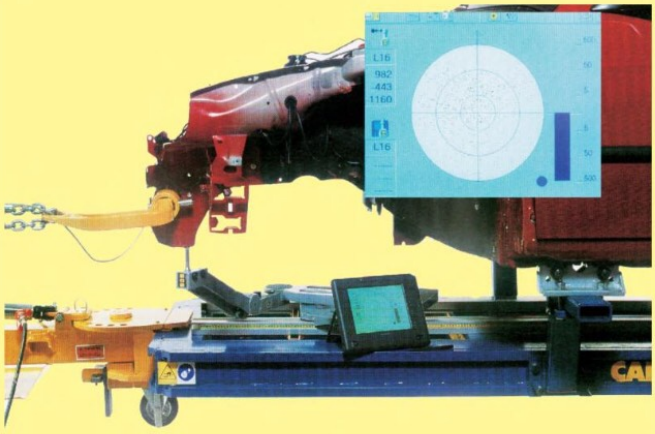
Instalada la regla calibrada debajo del vehículo, elegir la opción de centrado. Aparecerán en la pantalla todos los puntos de control.

Para centrar el equipo de medición basta con elegir tres o cuatro puntos no afectados por la deformación enviando una señal al ordenador en cada punto. El ordenador realizará los cálculos necesarios para obtener la posición del vehículo, con el fin que las medidas tomadas se correspondan con el centrado del aparato de medida.



Eligiendo la opción de medidas del punto, aparecerá en el lado derecho de la pantalla un vehículo con todos los puntos de control, y en el lado izquierdo dos círculos en forma de diana, uno para el lado izquierdo del vehículo y otro para el lado derecho.

Cada vez que se controle un punto, se traduce la posición del brazo palpador en datos tridimensionales, que aparecen en la pantalla de forma gráfica y numérica.



La interpretación gráfica se realiza a través de un punto que se corresponde con la posición real del palpador. Si se encuentra en el centro del círculo quiere decir que está dentro de la tolerancia, de lo contrario, informa hacia dónde se tiene que realizar el tiro.

© Ediciones Paraninfo

10.10. Sistema de medición por láser

Este sistema de medida está basado en el uso de un haz de luz láser que tiene la propiedad de emitir un rayo luminoso con un diámetro constante, independientemente de la distancia. El nombre de láser proviene del significado de su palabra (*Light Amplified by Stimulated Emisión of Radiation*), "luz amplificada por emisión estimulada de radiación".

El equipo está compuesto por:

- Dos guías de deslizamiento horizontales (1).
- Una fuente de rayos láser (2).
- Un sistema óptico de reflexión motorizado (3).
- Escalas de medidas transparentes milimetradas (4).
- Un sistema informático.

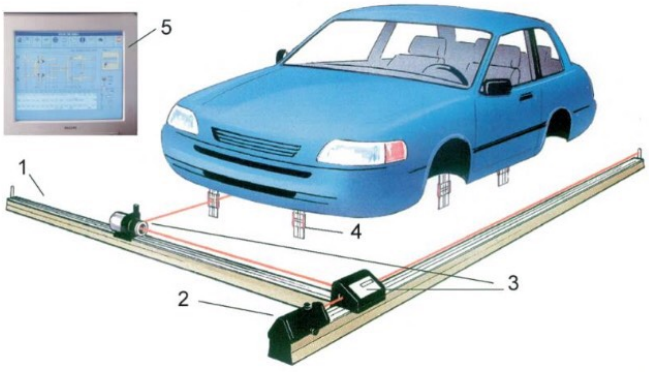


Figura 10.74. Sistema de medición por láser.

El equipo permite la comprobación de los puntos de control con y sin mecánica montada, y se puede utilizar tanto en bancadas como en elevadores, permitiendo su uso inclusive durante el proceso de reparación.

Las escalas transparentes se posicionan en los puntos de medición indicados en la ficha técnica (Figura 10.75). El proyector láser envía el rayo al sistema óptico motorizado, el cual ilumina las escalas de medición desde varios ángulos y mide la posición exacta en tres coordenadas.

El sistema se autocalibra, aunque el vehículo y el sistema de medida no estén paralelos, el ordenador puede calcular la posición del vehículo y especificar exactamente el centro lineal del mismo.

El aparato de medida reenvía los datos obtenidos vía infrarrojos al ordenador, el cual calcula y compara automáticamente estos datos con la información de la ficha técnica. Cualquier diferencia de cotas se puede leer directamente en la pantalla, junto con información complementaria que indica si las medidas obtenidas se encuentran dentro de tolerancia.

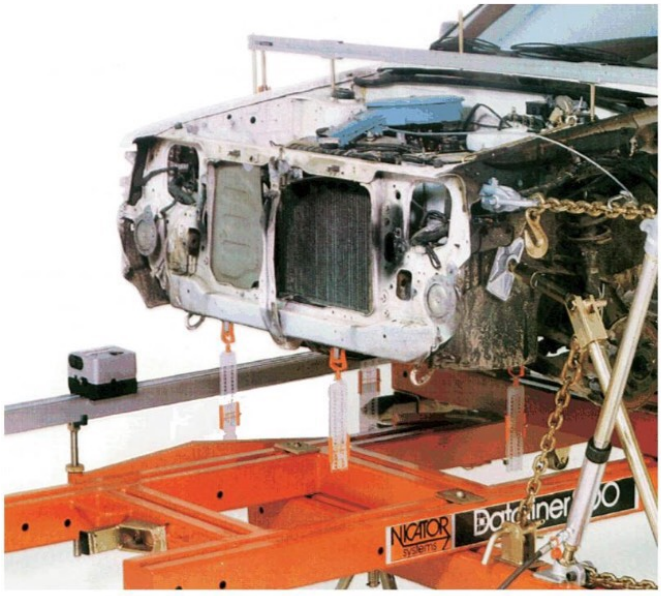


Figura 10.75. Posición de las escalas transparentes.

10.11. Sistema de medición acústico

El fundamento de este sistema se basa en la propiedad del sonido para propagarse a una velocidad constante. Esta característica hace que sea posible medir con exactitud el tiempo que tardan las ondas en desplazarse entre dos puntos. Ya que, de acuerdo al tiempo que transcurre desde la emisión hasta la recepción, se determina la distancia entre ambos puntos.

El equipo (similar al medidor láser) puede medir los puntos de control con y sin mecánica.

En el mercado existen distintos sistemas, pero básicamente constan de un conjunto emisor y receptor de ultrasonidos gestionados por un programa informático. Una vez seleccionada la ficha técnica del vehículo que se encuentra en el programa informático, el emisor se posiciona en los puntos a controlar y emite unas ondas que son captadas por el receptor. En función del tiempo que las ondas tardan en recorrer el trayecto, el ordenador calcula la posición del punto y lo compara con los valores memorizados en la ficha, indicando en la pantalla de forma gráfica y numérica el resultado de la medición.

Este sistema también puede medir por comparación cualquier parte del vehículo.

10.12 Sistema de control positivo

Este sistema de comprobación fue uno de los primeros que se diseñaron para la comprobación de las carrocerías,

© Ediciones Paraninfo

su facilidad y sencillez de utilización ha hecho que perdure hasta la actualidad.

Básicamente consiste en comprobar directamente la alineación de la carrocería utilizando unos útiles que el fabricante de la bancada ha diseñado en función de las cotas proporcionadas por los fabricantes de vehículos para cada punto de control (Figura 10.76). La comprobación se realiza sin necesidad de ningún tipo de medición, solamente verificando que los útiles se adaptan o se acoplan correctamente al punto indicado (Figura 10.77). Si no es así, se realizarán los tiros de tracción necesarios hasta conseguir el acoplamiento. La comprobación se puede realizar tanto con mecánica montada como desmontada.

Este sistema de medición aporta una serie de ventajas como son:

- Su sencillez de utilización.
- Eliminación de los criterios de tolerancia, ya que el conjunto está diseñado con estas tolerancias.
- Actualmente el sistema es semiuniversal, debido a que las torres y las traviesas son comunes para todos los vehículos, solo los cabezales son específicos para cada vehículo.
- Su sistema de fijación es muy completo y robusto.

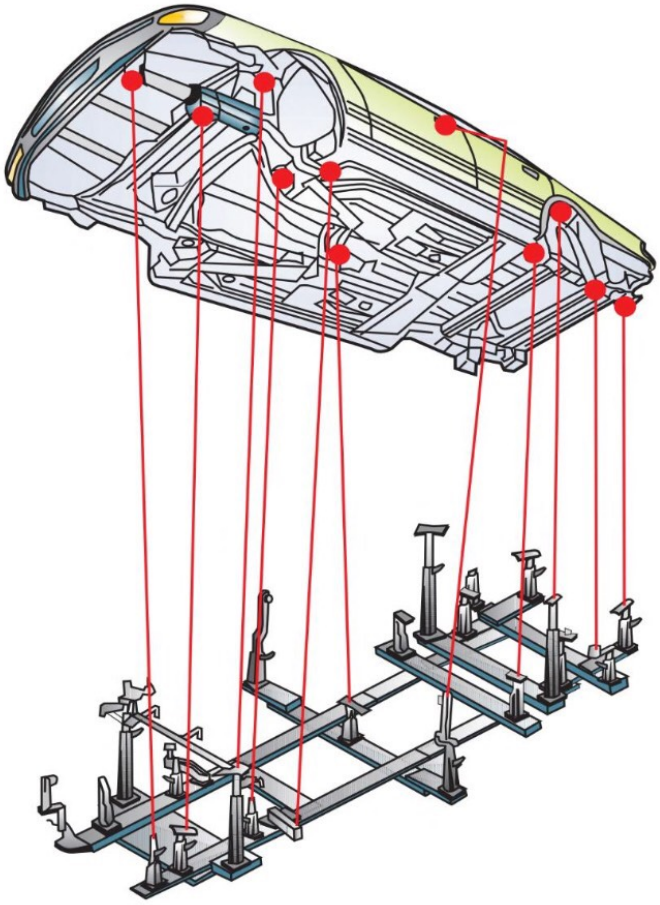


Figura 10.76. Sistema de control positivo.

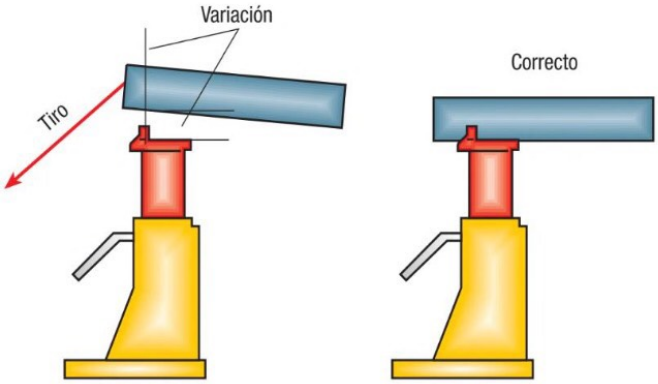


Figura 10.77. Útiles comprobación puntos de control.

El inconveniente que tiene este sistema es que para cada modelo de vehículo se necesitan unos cabezales distintos, con el coste económico que esto significa. Para solventar este problema, los fabricantes que comercializan este sistema de medida ofrecen la posibilidad de adquirir unos útiles básicos, que son comunes a todos los modelos, y el resto de los útiles los proporcionan en función de la necesidad del taller en régimen de alquiler.

El equipo se utiliza sobre un bastidor que está preparado para acoplar el sistema, lo que significa que antes de montar el vehículo en la bancada se hace necesario realizar un prediagnóstico visual y seguidamente con el compás de varas, para verificar que efectivamente uno o varios puntos no están dentro de las cotas establecidas por el fabricante del vehículo.

El sistema está compuesto por (Figura 10.78):

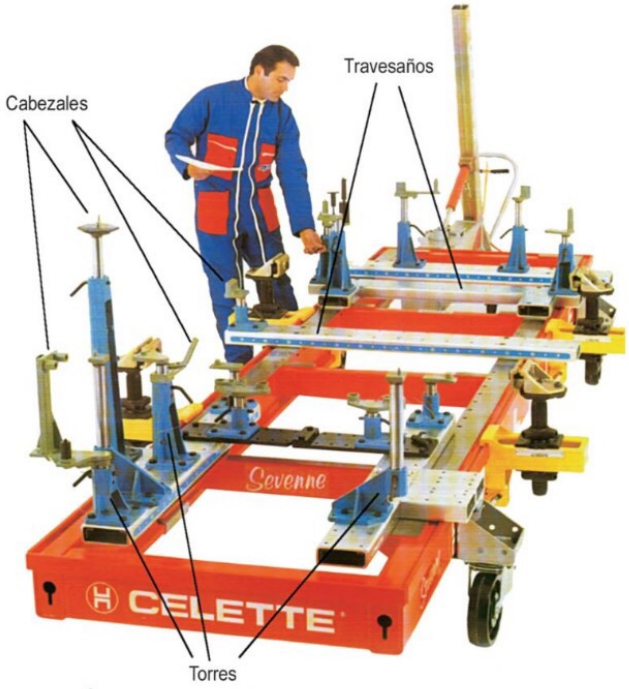


Figura 10.78. Bancada control positivo.

© Ediciones Paraninfo

- **Traviesas modulares** de sección tubular, cuya parte superior tiene unas series de taladros sobre las que se montan unas torres.
- **Torres universales** en las que se alojan los útiles específicos para cada vehículo, denominados cabezales. Cada torre está identificada y dispone de una marca que indica su colocación correcta y están construidas de un material robusto, capaz de soportar los esfuerzos de tracción necesarios en la reparación.
- **Los cabezales** suelen ser de acero cromado, muy resistente, pero de peso reducido. Se sujetan a las torres con un simple pasador, acoplándose a la carrocería de diferentes maneras en función del punto a medir. Para cada punto existe un acoplamiento específico.

En la ficha técnica de cada vehículo se indica claramente (Figura 10.79):

- La posición de las traviesas sobre el bastidor.
- La posición y orientación de las torres sobre las traviesas.
- Los cabezales correspondientes a los puntos a controlar y su posición dentro de la torre.

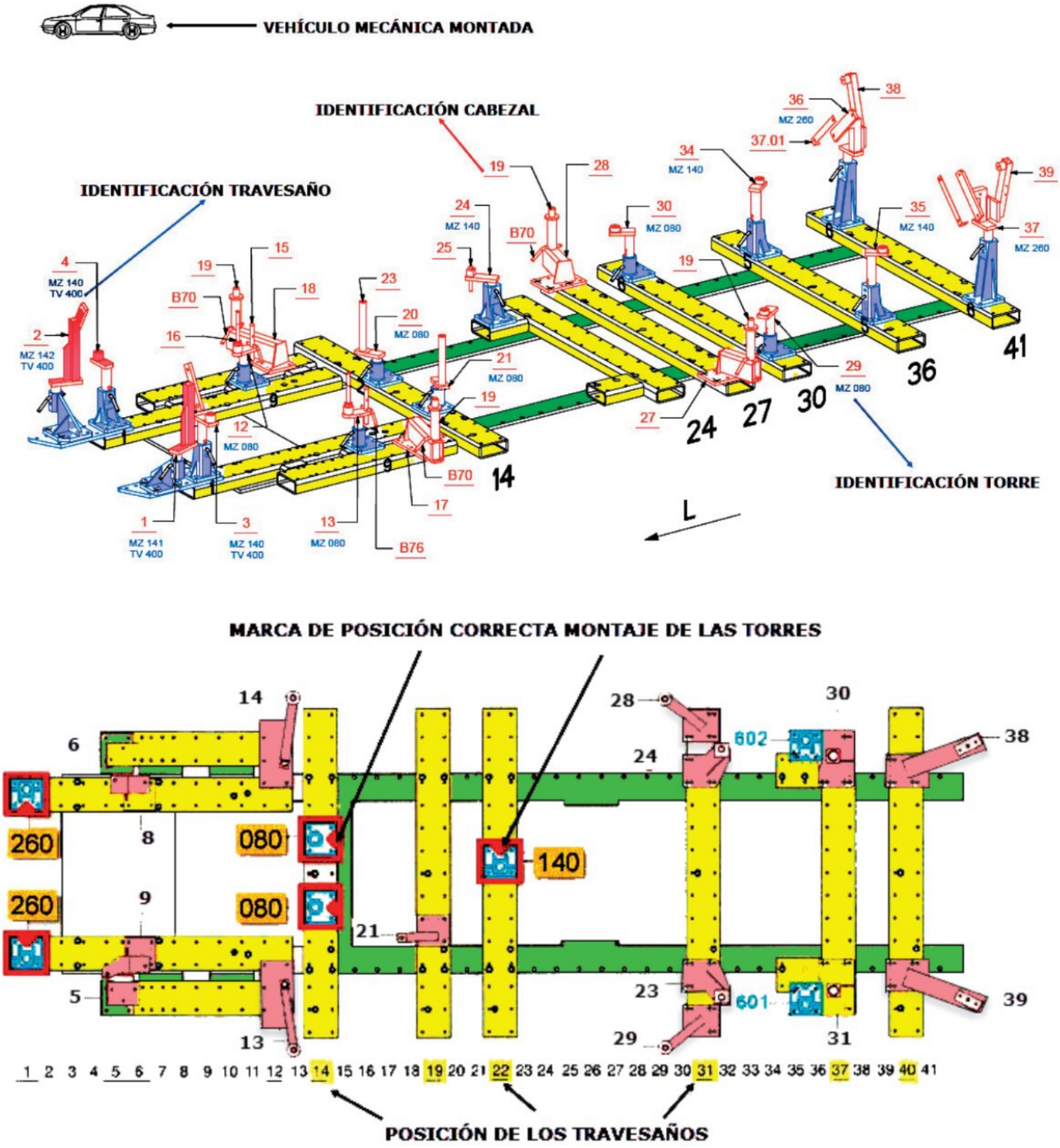


Figura 10.79. Ficha técnica.

© Ediciones Paraninfo

10.13. Mantenimiento de los sistemas de medidas

Los sistemas de medidas son instrumentos de precisión que siempre se deberán manejar con mucho cuidado para conservar la precisión de sus mediciones. El mantenimiento de estos equipos no requiere procesos complicados, pero sí respetar las siguientes normas:

- Limpiar el puente de medida, los adaptadores y los tubos de extensión después de cada uso.
- Guardar siempre las partes del sistema de medición en el carro portaherramientas o en un armario específico.
- Aceitar periódicamente las partes deslizantes de las correderas.
- Al menos una vez al año (antes, en función de su uso), o cuando se sospeche que el sistema de medición ha sufrido daños, deberá comprobarse el equipo con los medios indicados por el fabricante.
- No forzar ni golpear ningún componente del sistema.

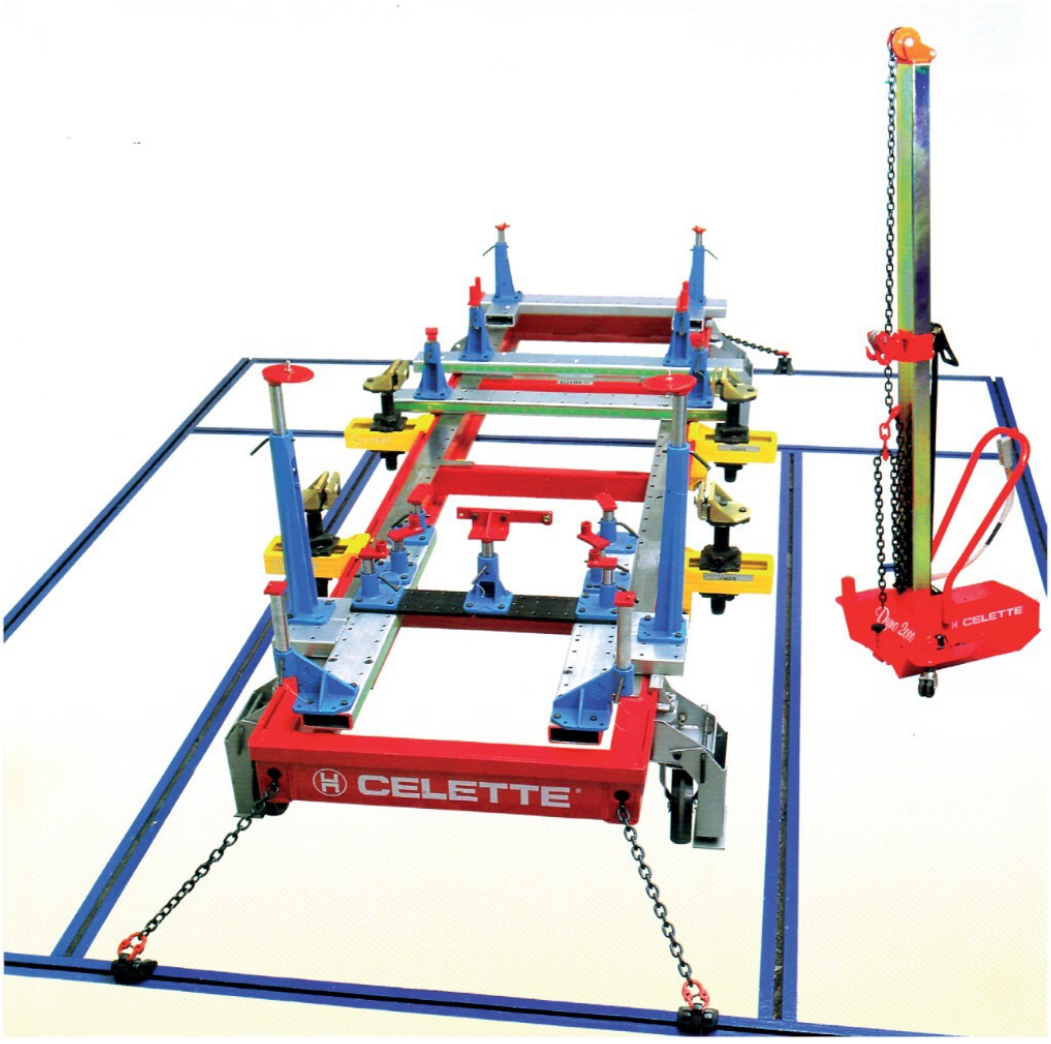


Figura 10.80. Mantenimiento de los sistemas de medidas.

© Ediciones Paraninfo

CUESTIONES

10.1. Explica cuáles son las líneas principales que definen las cotas de una carrocería.

10.2. Anota los distintos sistemas para comprobar o diagnosticar los puntos de control de la carrocería.

10.3. Desarrolla los pasos a seguir para realizar un prediagnóstico visual de una colisión.

10.4. ¿Cuántas medidas se tienen que realizar, utilizando el compás de varas, en cada punto de control, para verificarlo por el sistema de comparación? Razona las operaciones.

10.5. Dibuja la desalineación que se tiene que producir en las galgas de nivel cuando el bastidor tiene una deformación de hundimiento.

10.6. ¿Cuáles son las precauciones que se deben tomar para la conservación de los aparatos de medida?

10.7. ¿Qué es el compás MZCross?

10.8. ¿De cuántas formas se puede utilizar el compás de varas?

10.9. Indica los sistemas más usuales para realizar un diagnóstico con una medición universal.

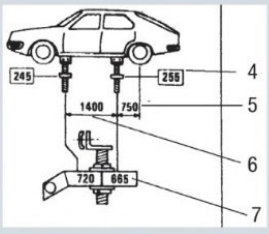
10.10. ¿Qué es el sistema de control positivo?

10.11. Indica qué cota representa la coordenada X.

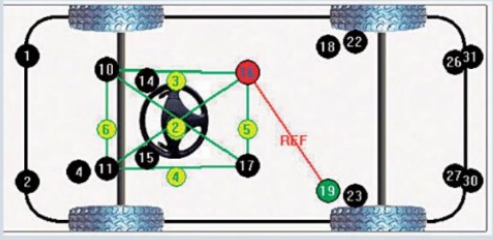
10.12. La coordenada de longitud, ¿con cuál letra se representa?

10.13. Indica qué cota representa la coordenada Z.

10.14. Indica qué representan los números 4, 5, 6, y 7 de la ficha técnica de Celette.



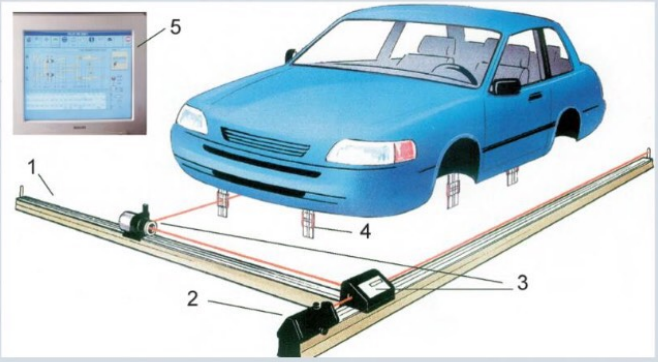
10.15. La siguiente imagen es de un compás MZCross. Indica qué representan los círculos negros y rojos.



10.16. En la imagen de la cuestión anterior, ¿qué significan las líneas verdes y rojas?

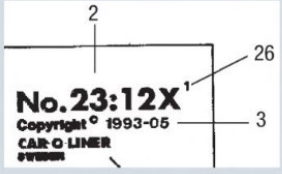
10.17. Indica los elementos básicos que componen un equipo de medición informatizado.

10.18. Indica qué representan los números de la imagen del sistema de medición láser.



10.19. Indica qué representan los números de la imagen del sistema de medición de control positivo.

10.20. En la ficha técnica de Car-O-Liner, ¿qué representan los números 2, 26 y 3?



© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

ACTIVIDADES PROPUESTAS

10.1. Localiza la ficha técnica de tres vehículos del taller.

10.2. Indica las cotas y útiles que son necesarios para controlar el punto n.º 8 de la ficha de Car-O-Line que figura en esta unidad.

10.3. Anota qué representan los números 4, 7, 12 y 10 de la ficha técnica de Celette de esta unidad.

10.4. Un vehículo ha recibido un golpe lateral por otro vehículo que circulaba a gran velocidad. Anota los elementos que se pueden deformar debido a esta colisión y las comprobaciones que se tienen que realizar.

10.5. Localiza en internet tres equipos de medidas diferentes del que tienes en el centro educativo y analiza sus diferencias.

10.6. Un vehículo ha recibido una colisión frontal, completa el siguiente cuadro:

Elementos deformados	Elementos que pueden estar deformados	Comprobaciones a realizar
Parachoques delantero		
Aletas delanteras		
Pase de ruedas delantero		
Travesaño delantero		
Largueros del bastidor inferior		
Soporte de la suspensión		
Capó motor		

© Ediciones Paraninfo

Valoración de las reparaciones

Unidad 11

CONTENIDOS

Introducción
11.1 Valoración de la reparación
11.2 Baremos de valoración de daños
11.3 La tecnología de la comunicación en las tasaciones
11.4 Las pólizas de seguros
Cuestiones
Actividades propuestas

OBJETIVOS

- Aprender el proceso para realizar la valoración del coste de las reparaciones.
- Identificar los distintos costes que se presentan en cualquier reparación.
- Aprender a utilizar los tarifarios de recambio.
- Aprender a utilizar los baremos de tiempos.
- Conocer los distintos sistemas informáticos existentes en la actualidad para realizar la valoración de los costes de las reparaciones.
- Conocer las posibles coberturas de las pólizas de seguros y su terminología más habitual.

Introducción

Los colectivos involucrados en la valoración de los daños de una colisión, son: el usuario o propietario del vehículo, la empresa que realiza la reparación y las compañías aseguradoras, y dentro de estas o asociadas directamente a ellas, los peritos tasadores.

Figura 11.1. Vehículo con daños producidos en una colisión.

No obstante, normalmente son los peritos tasadores y las empresas de reparación quienes tienen que decidir y ponerse de acuerdo en cuanto a las piezas a sustituir o reparar y por lo tanto en el coste de la reparación, decidiendo si la reparación es conveniente o aconsejable. En determinadas ocasiones, es el propio cliente quien tiene que sopesar estas decisiones; bien porque no tiene suficiente cobertura en el seguro, o porque es un trabajo encargado directamente por él.

Estas decisiones, sobre la reparación del siniestro, dependerán en muchas ocasiones de:

- **Las deformaciones producidas en la colisión:** si la valoración de las deformaciones supera el valor que el vehículo tiene en ese momento en el mercado (valor venal), puede que la compañía de seguros no quiera realizar la reparación, teniendo que optar el propietario del vehículo en esas circunstancias por no repararlo, abonar la diferencia o realizar otras gestiones administrativas.
- **La marca y modelo del vehículo:** el coste de la reparación no es el mismo para un vehículo que se comercializa habitualmente, que la de un vehículo que es de importación.
- **La antigüedad del vehículo:** el vehículo es uno de los artículos que con el tiempo va perdiendo valor, de tal manera que en caso de producirse una colisión, aunque no sea de grandes dimensiones, puede que el coste de la reparación supere el valor venal. Por otro lado, si el vehículo está considerado de colección, porque realmente pertenece a otras generaciones, su reparación hay que realizarla de forma artesanal, aumentando el coste de la reparación.
- **El modelo de seguro concertado:** aunque este aspecto no interviene en la valoración de la reparación, sí que afecta al propietario del vehículo, pues no es lo mismo, por ejemplo, disponer de un seguro a terceros, que un seguro a todo riesgo.
- **La prima abonada a la compañía:** igual que en el caso anterior, no es un concepto que interfiera en la valoración de la reparación, pero en función de la cuota que se abone a la compañía de seguros, esta te ofrece más o menos prestaciones, afectando en caso de colisión a la economía del propietario del vehículo.

La relación "cliente/compañía, aseguradora/taller de reparación", ha pasado por distintas etapas y no siempre ha sido todo lo gratificante que seguramente todos hubiesen deseado. Por un lado, el cliente, es decir el propietario del vehículo, una vez que se ha producido la colisión, lo que desea es que su vehículo se repare correctamente y su estado sea el mismo que antes de producirse la colisión. El encargado de reparar la colisión es el taller, que como empresa que es, debe obtener unos beneficios en la realización de la reparación. Para ello ha de conocer los diferentes costes que tiene el taller (materiales, operarios, administrativos, impuestos, etc.) y los beneficios que desea obtener. Normalmente, el cliente no es el que abona la reparación, sino que tiene concertado un seguro con una compañía que es la que comprueba por un lado la veracidad de lo ocurrido en la colisión y, por otro, que los costes de la reparación sean los adecuados. Para que esta relación sea siempre la correcta, es necesario trabajar de forma profesional, basándose siempre en datos fiables para el cálculo de la reparación. En esta unidad se desarrollan las diferentes formas de valorar el coste de la reparación, con el objetivo que el/la responsable del taller tenga los conocimientos suficientes para participar en las decisiones descritas anteriormente.

11.1. Valoración de la reparación

La valoración del coste de una reparación se inicia con el diagnóstico visual; que se realiza tal y como se describe en la Unidad 7. Si en el transcurso de este diagnóstico se detectara la posibilidad, o simplemente la sospecha de que pueden existir deformaciones en la estructura del automóvil, se recurrirá a la comprobación de la zona dañada con el compás de varas u otros sistemas. El objetivo es determinar de la forma más exacta posible el alcance de las deformaciones y las piezas deformadas, con el fin de valorar la reparación y en ocasiones determinar la viabilidad de la reparación.

Para proceder a la obtención de la relación de las piezas deformadas es conveniente anotarlas según se van viendo. Estas anotaciones se deben realizar en un impreso específico, encabezado con los datos de identificación del vehículo, y es conveniente anotar al lado de cada pieza si precisa ser cambiada o reparada; con ello se facilitará la valoración posterior en el momento de consultar los baremos y tarifarios. Algunas compañías de seguros y empresas que tienen programas para gestionar las tasaciones, tienen preparados impresos con el total despiece del vehículo, para

© Ediciones Paraninfo

que el taller o el perito tasador/a vaya marcando las piezas afectadas.

En ocasiones, la valoración total de la reparación no se puede realizar en ese momento, debido a la sospecha que una vez iniciado el desmontaje de las piezas afectadas, pueden aparecer determinados elementos que se encuentren deformados, que habrá que sumar a la valoración previa. Como puede ser el caso de los elementos mecánicos de la suspensión, del sistema de transmisión, etc., que no se pueden comprobar si no se desmontan. En estos casos se dice que el presupuesto está sin cerrar.

La valoración de la reparación se realiza en un presupuesto (Tabla I) donde se detallan dos conceptos:

- El coste del material.
- El coste del tiempo necesario para realizar la reparación.

De la suma de ambos factores dependerá el coste total de la reparación.

Tabla I. Presupuesto reparación.

TALLER MARTÍN CALLEJÓN **C/ CERRO PRIETO 10** **28966 MÓSTOLES** **NIF G282893277**				
				11/02/2015
		PRESUPUESTO DE TASACIÓN 228/15		
Precio hora: 21,45 €				
Matrícula	Pintura	Marca y modelo	N.º Chasis	
1111BFT	Bicapa met.	NISSAN PRIMERA 2.0 TD LEXX	VSKKVNR2QU0461731	
TIPO	**REFERENCIA**	**DESCRIPCIÓN**	**HORAS**	**IMPORTE**
P	620022	PARAGOLPES DELANTERO.		92,48
P	622034	ANAGRAMA MOTOR.		22,37
P	624579	REVES. PARAGOLPES.		203,84
P	654892	EMBELLECEDOR PARAGOLPES TRA.		12,19
P	637843	FALDÓN TRASERO.		147,39
P	623890	EMBLEMA PRIMERA.		19,64
P	603782	PILOTO MATRÍCULA.		45,78
R		CAPÓ DELANTERO (DAÑO LEVE).	1,00	21,45
R		CAPÓ TRASERO (DAÑO MEDIO).	1,50	32,17
MO	204567	PARAGOLPES DELAN. (DESMON/MONTAJE).	1,00	21,45
MO	205789	FALDÓN TRASERO (SUSTITUIR).	3,30	70,79
MO	204897	PARAGOLPES TRASERO (DESMON/MONTAJE).	0,10	2,15
MO	203987	PILOTO IZQ. MATRÍCULA (DESMON/MONTA.).	0,20	4,29
MOP		CAPÓ DELANTERO (NIVEL II).		
		PARAGOLPES DELANTERO (NIVEL I).		
		PARAGOLPES TRASERO (NIVEL II).		
		FALDÓN TRASERO (NIVEL I).		
		CAPÓ TRASERO (NIVEL III).		
		TOTAL MANO DE OBRA PINTURA	9.50	203,78
MP		TOTAL MATERIAL PINTURA		71,37
TOTAL MATERIALES	TOTAL MANO DE OBRA	TOTAL REPARACIÓN		
615,06 €	356,08 €	971,14 €		
P – Piezas	R – Reparación	MO – Mano de obra	MOP – Mano de Obra Pintura	MP – Material Pintura

© Ediciones Paraninfo

El coste de los elementos que se deben sustituir se localizará en los tarifarios de recambio de los fabricantes del vehículo o en los tarifarios de fabricantes de componentes que estén homologados. Estos tarifarios son específicos para cada marca y modelo de vehículo y suelen estar organizados por temas (electricidad, motor, carrocería, etc.), en cada uno, se encuentra todo el despiece de los elementos, identificándose cada elemento por una referencia.

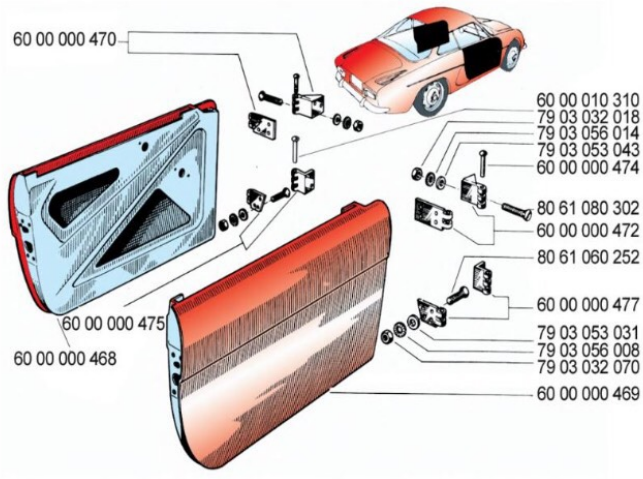


Figura 11.2. Despiece de una puerta.

Algunos fabricantes diseñan tarifarios con gráficos comunes para varios modelos, pero en la referencia se especifica el modelo que es, informando si ha habido cambios en ese modelo, a través de la numeración de fabricación.

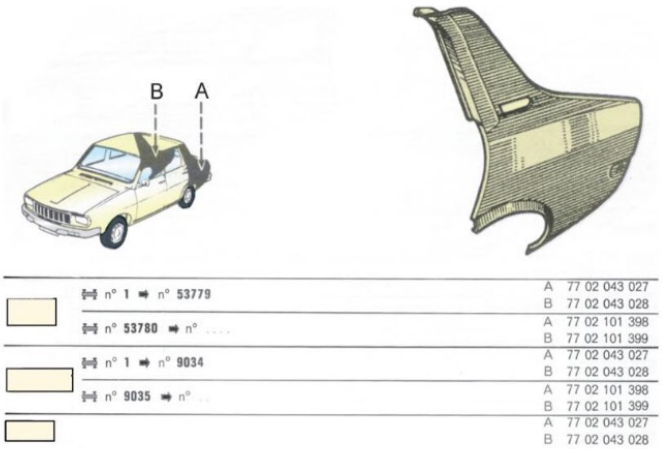


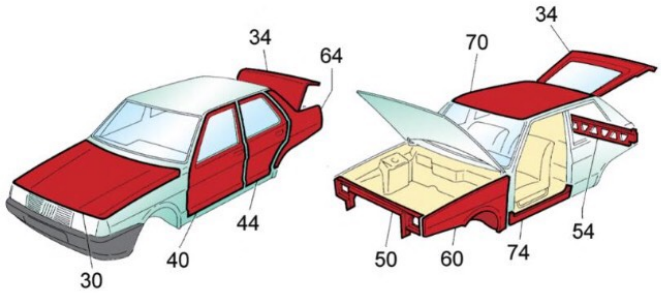
Figura 11.3. Tarifario con gráficos comunes.

A través de las referencias se localiza el precio de los elementos, que se encuentra en un documento distinto; de esta forma los gráficos pueden permanecer en el tiempo y son los precios de las referencias las que se actualizan (Tabla II).

Tabla II. Coste de los elementos.

Referencia	Euros
60 00 000 460	120
60 00 000 469	80
60 00 000 470	30
60 00 000 475	15
60 00 000 477	20

Para averiguar el tiempo estimado necesario para realizar la reparación, se consultarán unos baremos, donde vienen detallados los elementos de la carrocería desglosados en las distintas operaciones, con sus respectivos tiempos de realización. Estos baremos pueden ser del fabricante del automóvil o de empresas independientes.



Referencia	Denominación	Tiempo
70648 30	Capó, desmontaje y colocación	0,55
70648 40	Puerta delantera (izq./dch.), desmontaje y colocación	1,30
70648 50	Panel frontal completo, desmontaje y colocación	1,50
70648 60	Aleta delantera (izq./dch.), desmontaje y colocación	1,30
70648 70	Techo, desmontaje y colocación	7,55

Figura 11.4. Baremos de tiempo.

Aparentemente el cálculo no parece presentar dificultades; en principio solo hay que consultar los tarifarios y los baremos, y a continuación, sumar el valor de las piezas y el valor del tiempo necesario para realizar las operaciones, es decir, la mano de obra. Este concepto vendrá dado al multiplicar el precio hora que tenga estipulado el taller por las horas necesarias para realizar la reparación, como ejemplo (Tabla III).

En la realidad no siempre se presentan casos tan sencillos, ya que ambos factores (piezas y tiempo) en muchas ocasiones están muy relacionados; de hecho, el método tradicional para calcular el coste del pequeño material necesario en las reparaciones, o el valor del material utilizado para pintar, era aplicar un porcentaje de la mano de obra

© Ediciones Paraninfo

Tabla III. Cálculo del presupuesto.

Operación	Materiales	Importe €	Tiempo	Importe 24 € P/H
Cambio de luneta trasera			2,5	60
	Luneta trasera	51		
	Embellecedor	15		
TOTALES		66		60
El valor de la reparación será de 66 + 60 = 126 + IVA				

de la reparación o una cantidad fija en función del elemento a reparar. Actualmente este sistema va siendo desplazado por métodos más reales.

Por otro lado, en ocasiones no hay necesidad de sustituir elementos, sino de repararlos. Esto hace que la valoración pueda ser muy subjetiva si no se realiza de forma profesional y basándose en la experiencia, o utilizando baremos de tiempos consensuados previamente por el taller y el perito tasador/a.

11.1.1. El coste del material necesario

Los fabricantes de vehículos realizan diferentes estudios sobre la reparabilidad de los componentes de la carrocería, de manera que un determinado elemento puede ser sustituido de forma completa o parcial.

En el caso de que sea un cambio completo, solo se tiene que localizar en el tarifario el coste actual del elemento y anotarlo en el presupuesto. Pero en ocasiones, el elemento deformado pertenece a un conjunto constructivo que es suministrado de forma completa o por piezas separadas; siendo necesario valorar en este caso si interesa sustituir únicamente la pieza deformada, con el consiguiente tiempo que hay que contemplar para montar el conjunto, o es más aconsejable presupuestar el conjunto completo y no añadir ese tiempo adicional.

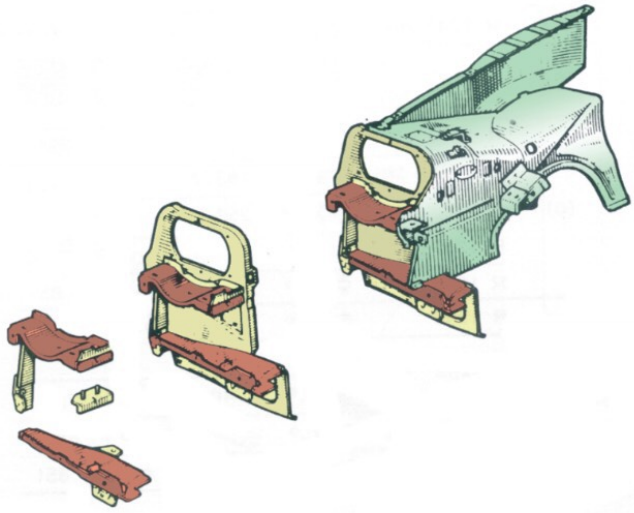


Figura 11.5. Despiece de un elemento.

En el supuesto que se pueda realizar una sustitución parcial, hay que tener en cuenta cómo suministra el fabricante el recambio de las secciones parciales, lo que lleva aparejado que el reparador/a tiene que realizar unas operaciones adicionales; como seccionar el elemento nuevo para su adaptación a la zona dañada.

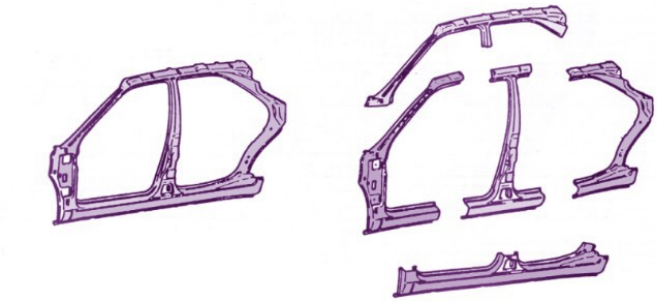


Figura 11.6. Despiece de posibles cambios parciales.

En definitiva, hay que tener en cuenta que la forma de suministrar los materiales por parte de los fabricantes de las carrocerías o de los componentes, puede dar lugar a que se tomen decisiones en las que se tenga que aumentar el coste del material para disminuir el coste del tiempo, o al contrario, aumentar el coste del material para disminuir el coste del tiempo. Tanto una decisión como otra han de estar siempre avaladas por una terminación de calidad de la reparación.

Otro condicionante que se presenta en el cálculo de los materiales es el concerniente al coste del material de pintura, ya que los productos son muchos y muy variados: pinturas, catalizadores, disolventes, papel de enmascarar, lijas, etcétera.

Para llevar un control exhaustivo de todo el material utilizado en cada caso, se necesitaría dedicar una gran cantidad de tiempo que haría poco rentable esta operación, además de complicar excesivamente la valoración unitaria de la reparación. Como se comentó en el apartado anterior, hasta la fecha, esta valoración se realizaba aplicando un porcentaje del valor del tiempo necesario para realizar el pintado de la pieza, siendo un coste que poco tenía que ver con el coste real. Actualmente, este condicionante se resuelve aplicando baremos preestablecidos para cada elemento, en función de la magnitud y dimensión de la deformación.

11.1.2. El tiempo de la reparación

El control del tiempo necesario para realizar la reparación se puede efectuar mediante dos sistemas:

© Ediciones Paraninfo

- **Sistema centesimal:** es el más utilizado, una hora está compuesta de 100 partes, por tanto cada minuto se corresponde con 1,66 centésimas. Por ejemplo, 1,25 se corresponde con una hora y quince minutos.
- **Sistema sexagesimal:** la hora está dividida en 12 unidades, por tanto la unidad más pequeña se corresponde con 5 minutos. Por ejemplo, 1,3 se corresponde con una hora y quince minutos.

Su valoración dependerá de distintos factores; de hecho, una misma operación realizada en talleres diferentes, aunque se efectúe en el mismo tiempo, puede tener distinto valor en función del precio/hora. Incluso en ocasiones, el mismo taller puede tener un precio/hora distinto si factura a un particular o a una compañía de seguros. Por tanto, la valoración del tiempo cambia en función de la empresa de reparación y para quién se realice.

En este apartado no se tendrá en cuenta estas variantes y tratará de la obtención del tiempo necesario para realizar las operaciones, teniendo presente que, para realizar una reparación, no solamente es necesario contabilizar el tiempo que se está trabajando directamente en el elemento deformado, sino que, en ocasiones, para realizar distintas operaciones se requiere un tiempo de preparación del material, de los productos, de los útiles, etc. Estos tiempos se denominan:

- *Tiempo directo*: se define como las operaciones necesarias para realizar la reparación sobre el o los elementos deformados, como el desmontaje, montaje, conformado y ajustes.
- *Tiempo indirecto o auxiliar*: hace referencia a las operaciones necesarias para preparar los equipos y herramientas, como la preparación del puesto de trabajo, preparación de los elementos a sustituir y la limpieza y recogida del material.

La casuística puede ser muy amplia, pero para su estudio y mejor compresión se va a simplificar las reparaciones en los siguientes casos:

Sustitución de piezas que no requieren ser pintadas: en el caso de que la colisión solo haya producido daños de poca consideración, por ejemplo, la deformación de la moldura de la puerta, la valoración es muy simple, ya que solo se tiene que localizar el tiempo asignado en el baremo del fabricante del vehículo para realizar su cambio. En principio no hay ningún tiempo indirecto (Tabla IV).

Tabla IV. Baremación cambio moldura puerta.

Referencia	Operación	Tiempo
5252	Cambio de una moldura de puerta.	0,3
	TOTAL TIEMPO	**0,3**

Figura 11.7. Daño de poca consideración.

Ahora bien, puede que la pieza a sustituir tenga adosados otros elementos que sea necesario retirar para cambiar el elemento deformado, por ejemplo, un paragolpes cuyos anclajes se tienen que retirar una vez desmontado el mismo, además, en él puede encontrarse la rejilla de la calandra. En este caso, de nuevo se debe acudir al baremo de tiempos del fabricante, observando las operaciones que están incluidas (Tabla V).

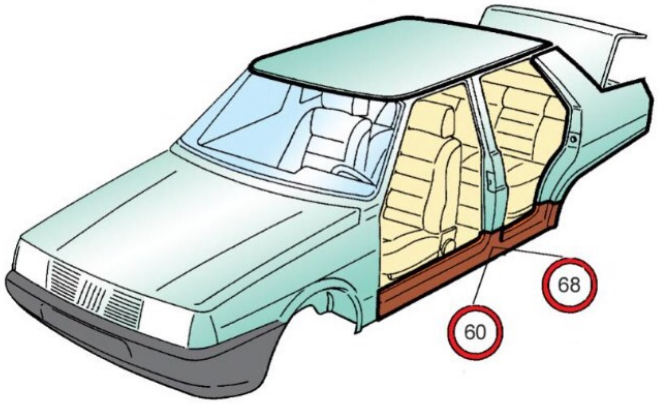
Tabla V. Baremación cambio paragolpes y anclajes.

Referencia	Operación	Tiempo
5254	Sustitución del paragolpes delantero; se incluye la extracción y reposición de la rejilla de calandra. No incluye la extracción y reposición de los anclajes.	0,7
5253	Extracción y reposición de anclajes de paragolpes. Con el paragolpes extraído del vehículo.	0,2
	TOTAL TIEMPO	**0,90**

Sustitución de piezas que sí requieren ser pintadas: en estos casos, la valoración, además de los tiempos directos (cambio, reparación o conformado del elemento), presenta cierta dificultad añadida, ya que se deben tener en cuenta otros tiempos. Por ejemplo, para poder pintar cualquier elemento, se tienen que realizar una serie de operaciones preliminares que son indispensables para su aplicación, como: limpieza, enmasillado, lijado, enmascarado, etcétera.

Otro ejemplo puede ser el cambio parcial de una pieza, donde previamente, además de las operaciones indicadas anteriormente, hay que realizar otra serie de trabajos: en estos casos hay que verificar si el baremo recoge esta operación.

© Ediciones Paraninfo



Referencia	Operación	Tiempo
70664 **60**	Faldón estribo desmontaje y montaje	4,00
70664 **68**	Faldón estribo **cambio parcial**	2,50

Figura 11.8. Baremación con las operaciones de cambio parcial.

Si no lo recoge, se tendrá que realizar una estimación del tiempo necesario para efectuar las diferentes operaciones necesarias para la reparación, como son el tiempo de:

- Corte y desmontaje de la sección de la pieza deformada en la carrocería.
- Corte de la sección de la pieza nueva.
- Preparación de los bordes de los cortes realizados en la carrocería.
- Preparación de los bordes de la sección nueva.
- Unión, protección y acabado de la unión.

En cualquier caso, la mayor dificultad relacionada con la estimación del tiempo se presenta en la reparación de una o varias piezas deformadas. Estas operaciones normalmente no están recogidas en los baremos de los fabricantes, ya que no se trata de sustituir piezas, sino de conformar y pintar las zonas deformadas, por lo que la valoración está sometida al acuerdo que lleguen en la peritación o que se aplique una baremación realizada por terceros y aceptada por todos; cuestión esta que no siempre ha sido posible, pero que en la actualidad se van dando grandes pasos en este sentido.

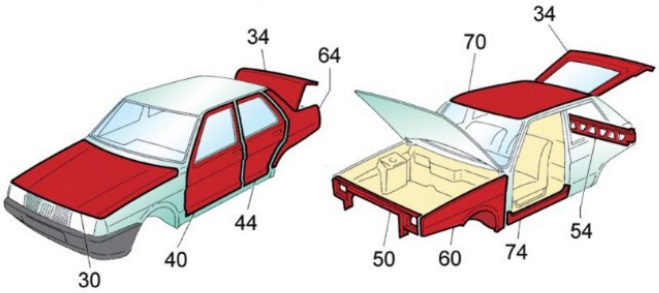
11.2 Baremos de valoración de daños

Los baremos son listados de operaciones que incluyen un tiempo estimativo para la realización de cada operación. Existen dos tipos de baremos:

- Baremos en los que solo se incluye el cambio de elementos.
- Baremos de reparación de elementos.

Los primeros son generalmente los editados por los distintos fabricantes de vehículos. Contienen una información muy completa para poder reparar las carrocerías, informando sobre los métodos y los procesos adecuados para cambiar cada elemento, bien de forma completa o parcial. Pero si la reparación se tiene que realizar conformando los elementos, no todos los fabricantes tienen desarrolladas estas operaciones y, por tanto, su valoración resulta muy subjetiva, dependiendo del acuerdo de peritación entre el tasador/a y el taller. No obstante, algunos fabricantes como *Fiat* tienen desarrolladas distintas reparaciones de los elementos de la carrocería teniendo en cuenta:

- La ubicación y accesibilidad de la zona deformada.
- La tipología de la superficie.
- Los medios de trabajo y equipos necesarios para realizar la reparación.



Referencia	Denominación	Tiempo
70665 **30**	Capó, reparación **nivel A**	0,75
70665 **31**	Capó, reparación **nivel B**	2,50
70665 **32**	Capó, reparación **nivel C**	4,50
70665 **40**	Puerta delantera, reparación **nivel A**	0,50
70665 **41**	Puerta delantera, reparación **nivel B**	3,00
70665 **42**	Puerta delantera, reparación **nivel C**	6,00

Figura 11.9.

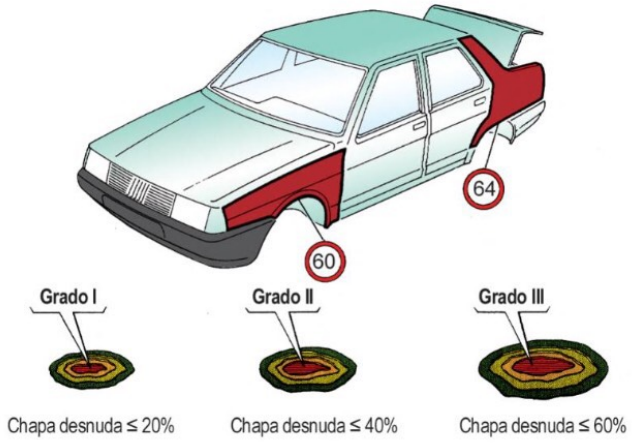
En función de estos parámetros se establecen tres niveles de reparación de la chapa en cada elemento:

- **A:** para la reparación de superficies planas fácilmente accesibles.
- **B:** para la reparación o la intervención en zonas de la carrocería próxima a superficies con aristas, donde se necesita el empleo de herramientas especiales (multifunción, tases especiales, etc.).
  También se considera de este nivel las reparaciones del nivel anterior (A) que afecten a varios elementos.

© Ediciones Paraninfo

- **C:** para la reparación de superficies catalogadas de los niveles anteriores (A y B), pero donde es necesaria la utilización de equipos hidráulicos.
  También se considera de este nivel las reparaciones del nivel B que afecten a varios elementos.

En relación con las posibles intervenciones en el embellecimiento de la carrocería se establecen tres niveles en cada elemento:



Referencia	Operación	Tiempo
70655 **60**	Pintado aleta delantera, **reparada** ciclo completo **Grado I**	0,35
70655 **61**	Pintado aleta delantera, **reparada** ciclo completo **Grado II**	1,05
70655 **62**	Pintado aleta delantera, **reparada** ciclo completo **Grado III**	1,75
70655 **63**	**Retoque** de pintura aleta delantera	0,70
70652 **60**	Pintado aleta delantera **sustituida** ciclo completo	2,00

Figura 11.10. Niveles de deformaciones y baremo de reparación.

Pintado de ciclo completo para la sustitución completa de elementos: estas operaciones están previstas para realizarlas sobre elementos que tienen protección cataforética.

Pintado de ciclo completo de elementos reparados mediante la conformación de la chapa: en este caso se prevé tres grados de intervención:

- *Grado I*: pintado de elementos en el que la protección de la chapa ha sido destruida en un 20 % de la superficie del elemento.
- *Grado II*: pintado de elementos en el que la protección de la chapa ha sido destruida en un 40 % de la superficie del elemento.
- *Grado III*: pintado de elementos en el que la protección de la chapa ha sido destruida en un 60 % de la superficie del elemento.

Retoque de pintura: se asigna esta operación cuando la intervención necesaria no afecta a la protección cataforética (descolorido, leves rayas superficiales, descuelgue de pintura, etc.).

También existen en el mercado empresas no marquistas como "Guía de tasaciones" que editan manuales de reparación con los baremos de tiempos, e inclusive con tarifarios de precios de cada elemento.

Los segundos (baremos de reparación) están editados por empresas involucradas en la reparación y seguridad del automóvil como: el Instituto de investigación sobre la reparación de vehículos (Centro Zaragoza), el Centro de Experimentación y Seguridad Vial de Mapfre (CESVIMAP) o el Centro Técnico de Automóviles de la compañía aseguradora Allianz (AZT), entre otras. Estas empresas han elaborado un baremo de reparación, basado en el control y catalogación de muchas reparaciones, en donde han analizando paso a paso el proceso de reparación en función de la tecnología utilizada por los fabricantes del vehículo, clasificando los daños en distintos niveles, dependiendo del tipo de deformación que haya sufrido la pieza (Figura 11.11). El daño ocasionado en el elemento dependerá de:

- La magnitud de la deformación.
- Su extensión.
- La dificultad de la reparación que pueda ofrecer el/los elementos afectados.

En función de estos parámetros el daño es clasificado como:

- **Leve:** cuando la zona dañada es pequeña y de fácil reparación.
- **Medio:** cuando la zona dañada es de mayor extensión e intensidad que el caso anterior, pero que no llegan a producirse roturas o pliegues y no supera una determinada extensión, dependiendo de si el elemento deformado es pequeño (aleta), medio (puerta) o grande (capó).
- **Fuerte:** cuando la zona afectada es de dimensiones superiores a los casos anteriores, o en la deformación producida se observan roturas o grandes pliegues de difícil reparación.

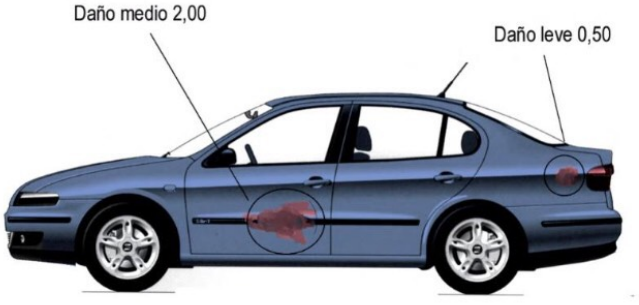


Figura 11.11. Vehículo con distintos niveles de daño.

© Ediciones Paraninfo

Para facilitar su utilización, estas empresas han simplificado todos los cálculos de baremación, creando una tabla para cada modelo de vehículo, en la que han agrupado los datos en función del elemento y la zona a reparar, clasificándolos en los niveles anteriormente descritos y anotando el tiempo estimado de la reparación.

El valor del material de pintura empleado en la reparación (que tradicionalmente se calculaba aplicando un simple porcentaje de la mano de obra), en estos baremos se realiza de forma más real, calculando el material en función de la superficie a pintar, el tipo de aplicación y los materiales adicionales que son necesarios.

La valoración del tiempo necesario para pintar las piezas afectadas se calcula en función de la extensión de la superficie a pintar y del sistema de pintado que se requiera (acrílico, monocapa, bicapa, etc.) clasificándolo en cuatro niveles: pieza nueva, daño leve, medio y fuerte.

11.2.1. Ejemplificación en la utilización de un baremo de tiempo

El ejemplo que se desarrolla a continuación es el de un vehículo que en el diagnóstico previo se ha determinado que:

- Tiene el travesaño frontal muy deformado, con necesidad de ser cambiado por uno nuevo.
- La aleta delantera izquierda también está deformada hasta el punto de tener que ser cambiada.
- La puerta delantera izquierda tiene una deformación que puede ser reparada sin necesidad del cambio, se observa que es fácilmente reparable y se clasifica como de nivel A.
- Por último se observa que la puerta trasera izquierda tiene un pequeño arañazo.

Una vez determinados los elementos que se tienen que reparar y cambiar, se consulta el baremo de reparación y se localizan las operaciones que son necesarias para realizar la reparación, anotando el tiempo estipulado para cada una de ellas, en el ejemplo desarrollado (Tabla VI):

1. Localización de las abolladuras en los elementos exteriores.
2. Trabajos previos necesarios antes de iniciar las reparaciones en los elementos de chapa: preparación del puesto de trabajo, útiles, herramientas, protecciones personales y del resto del vehículo, etcétera.
3. Tiempo necesario para el desmontaje y posterior montaje de todos los elementos que están adosados al travesaño: instalación eléctrica, pilotos, elementos mecánicos, etc.
4. Sustitución completa del travesaño: despuntado de soldadura, corte, preparación de bordes, soldadura, ajuste, etcétera.

Tabla VI. Ejemplo baremo de tiempos de reparación.

	Referencia	Operación	Tiempo
1	70640 06	Verificación y localización de abolladuras en elementos exteriores.	0,05
2	70648 08	Preparación para operaciones de chapa.	0,20
3	70648 50	Desmontar y montar los elementos anejos del travesaño frontal.	2,75
4	70660 50	Desmontar y montar travesaño frontal y ajuste para el cambio.	2,25
5	70660 60	Desmontar y montar aleta delantera y ajuste para el cambio.	0,50
6	70127 40	Desmontar y montar puerta delantera.	1,00
7	70648 40	Desmontar y montar elementos anejos de la puerta.	1,10
8	70665 40	Reparación puerta delantera nivel A.	0,50
9	70648 02	Preparación para pintura con ciclo completo (monocapa).	1,00
10	70655 40	Pintura con ciclo completo de puerta delantera izquierda Grado I.	0,50
11	70650 50	Pintura con ciclo completo del travesaño frontal.	1,50
12	70650 60	Pintura con ciclo completo de aleta delantera.	1,75
13	70655 44	Retoque de pintura de puerta trasera.	0,90
TOTAL TIEMPO REPARACIÓN			**14 Horas**

5. Sustitución completa de la aleta delantera.
6. Desmontaje y posterior montaje con sus respectivos reglajes de la puerta delantera.
7. Tiempo necesario para el desmontaje y posterior montaje de todos los elementos que están adosados a la puerta que impiden la reparación del panel de la puerta: tapizado, mecanismo de subir y bajar la luna, mecanismo de cierre, etcétera.
8. Conformado del panel exterior de la puerta, clasificado de nivel A, es decir una zona donde las superficies planas son fácilmente accesibles.
9. Trabajos previos necesarios para poder realizar los trabajos de pintura: preparación de los productos, enmascarado, preparación del color, limpieza de los útiles y herramientas, preparación de los medios de seguridad e higiene, etcétera.
10. Pintado de la puerta delantera izquierda, clasificada de Grado I, es decir, que la zona a pintar tiene una superficie en la que la protección de la chapa ha sido destruida en un 20 %.
11. Pintado del travesaño frontal.
12. Pintado de la aleta delantera.

© Ediciones Paraninfo

13. Tiempo para retocar los pequeños desperfectos de pintura en la puerta trasera izquierda.

11.3 La tecnología de la comunicación en las tasaciones

La valoración de una colisión conlleva, normalmente, que el vehículo tenga que estar varios días en el taller. Una vez producida la colisión, el propietario lleva el vehículo al taller y se pone en contacto con la compañía de seguros informándole de la colisión y del taller donde ha llevado su vehículo. Una vez que la compañía tiene conocimiento de la colisión, lo comunica al perito tasador/a que en función de su agenda tardará más o menos en ver *in situ* las deformaciones producidas por la colisión y llegar a un acuerdo con el responsable del taller. En este proceso, aun sin que aparezcan demasiados problemas, puede que hayan transcurrido varios días, con el consiguiente trastorno para el propietario y la consiguiente ocupación de los espacios del taller. Con el fin de contribuir a superar estos problemas y basándose en la red de internet de alta velocidad, se están desarrollando varios sistemas de valoración de daños, basados principalmente en la mutua colaboración entre el taller y las compañías aseguradoras. Algunos de los sistemas más representativos son:

- La fototasación.
- La vídeotasación o vídeoconferencia.
- Programas informáticos de autotasación.
- Audatex.

Figura 11.12. **Peritación *in situ* de las deformaciones.**

11.3.1. Fototasación

Este procedimiento consiste en realizar, con una cámara fotográfica digital desde el taller, una serie de fotografías donde se pueda apreciar las deformaciones de la carrocería. Estas fotos las realizan los/as operarios/as del taller y a través de un ordenador las envían al tasador/a, acompañadas de los comentarios que crean pertinentes. El tasador/a revisa las imágenes y los comentarios y si no hay dificultad aparente, autoriza la reparación, con lo que el taller puede iniciar la reparación del vehículo. En el caso que el tasador/a observe alguna dificultad, paraliza el inicio de la reparación y comunica la fecha en la que se presentará en el taller para analizar las deformaciones directamente.

Esta forma de tasación resulta muy práctica, sobre todo en pequeñas colisiones (que son la mayoría de los casos), en donde las fotografías pueden ser suficientemente reveladoras de los desperfectos ocasionados por la colisión.

Figura 11.13. **Fototasación.**

11.3.2. Vídeoconferencia

Este sistema es muy similar al anterior, pero como su propio nombre indica, en vez de una cámara fotográfica, se utiliza una cámara de vídeo. La principal ventaja consiste en que al ir filmando las deformaciones, se pueden realizar comentarios de lo que se observa *in situ* y determinados detalles se pueden ampliar o resaltar. Una vez filmado, la grabación se introduce en el ordenador y bien por correo electrónico, o a través de una vídeoconferencia se puede

© Ediciones Paraninfo

mantener una conversación con el tasador/a para intercambiar opiniones y establecer la valoración definitiva (Figura 11.14).

Figura 11.14. Tasación por vídeoconferencia.

11.3.3. Programas informáticos de autotasación

Este sistema está promocionado por distintas compañías de seguros. Su utilización se encuentra de momento limitada a los talleres colaboradores de cada compañía. Básicamente, el sistema consiste en un programa informático que incluye una gran base de datos con los baremos de tiempo, de reparación y los precios de cada elemento de las distintas marcas y modelos de vehículos. El sistema tiene como principal limitación que solo se utiliza para reparaciones pequeñas.

Figura 11.15. Daño medio producido por una colisión.

Cuando el cliente entrega el vehículo al taller, se introducen en el programa informático los datos del vehículo y la denominación de las piezas defectuosas; el programa analiza los datos y si no detecta anomalías en función de los parámetros establecidos, da por buena la valoración y, mediante la red de internet, envía la información a la compañía de seguros, con lo que el taller puede proceder a realizar la reparación del vehículo. En caso de que el programa detectara alguna anomalía, la valoración no es aceptada y se tendría que proceder por el sistema tradicional, o realizar las consultas necesarias con la vídeotasación o fototasación.

11.3.4. Audatex

Audatex es una herramienta de valoración de daños informatizada. Su objetivo es facilitar la elaboración de la valoración económica y técnica de la reparación de vehículos a través de una base de datos que incluye información de precios y tiempos de los fabricantes y empresas editoras de baremos para cada marca y modelo de vehículo, así como los baremos de reparación de otras empresas (Figura 11.16).

El sistema funciona identificando el vehículo, marca, modelo, fecha de fabricación, etc. A continuación se accede a unas fichas específicas del modelo (impreso guía), donde se encuentra el despiece completo de todos los elementos del vehículo asignándole una referencia a cada uno de ellos. Mediante la asignación a cada elemento de unos símbolos que representan las distintas operaciones a realizar (sustitución, reparación, desmontaje, etc.) se informa al sistema de la operación a realizar. Esta operación se realiza rellenando el impreso directamente delante del vehículo, solo hay que ir marcando los distintos elementos afectados por la colisión y la clave de la operación a realizar. Una vez rellenados los impresos de los elementos, el sistema se aplica sobre el programa informático, que interpreta los datos introducidos, los procesa y realiza los cálculos de la valoración de la reparación.

Como puede observarse el sistema simplifica la valoración de la siguiente forma:

- En el momento de observar los daños, se tiene delante todo el despiece de los elementos, siendo más difícil que se pueda dejar sin valorar algún elemento.
- Al indicar directamente la operación a realizar sobre cada elemento, el programa le asigna el tiempo estimado preestablecido.
- Realiza de forma automática todos los cálculos, evitándose la posibilidad de errores en las operaciones aritméticas.

El sistema se actualiza periódicamente mediante la red de internet, de esta forma el taller o el perito tasador/a tiene siempre actualizada la base de datos.

© Ediciones Paraninfo

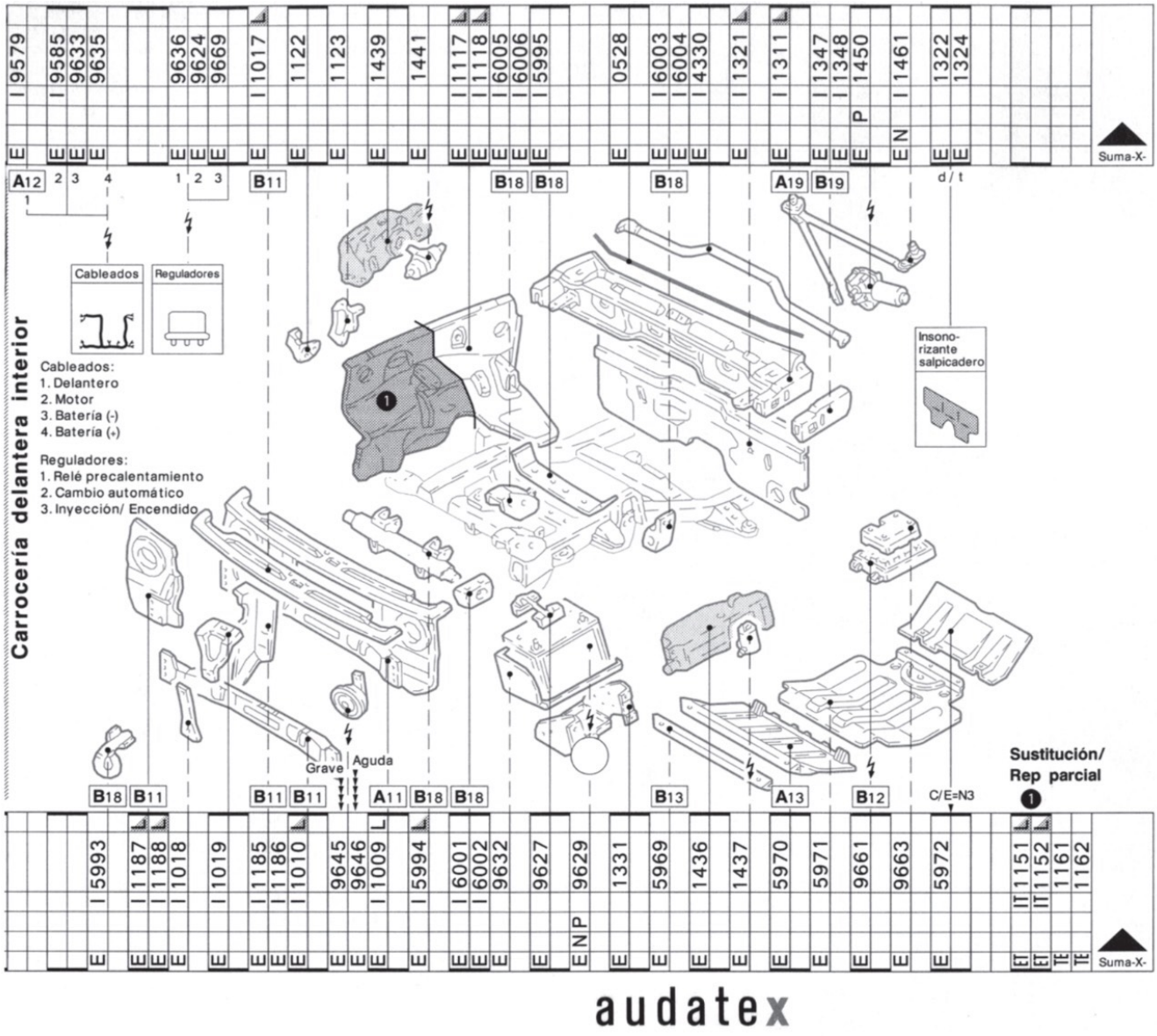


Figura 11.16. Ficha de baremación de Audatex.

11.3.5 GT Motive

Otra herramienta informática es **Gt Estimate** de la compañía del Grupo EINSA que realiza valoración de daños por colisión, mantenimientos y averías del automóvil.

Su utilización facilita la labor de los profesionales del sector y refuerza la credibilidad profesional, ya que las tasaciones se realizan de forma objetiva, basándose en los datos de baremación.

El proceso se inicia introduciendo la marca, el modelo y todos los datos administrativos del vehículo. Este apartado es muy importante para poder establecer el coste correcto de la reparación.

Una vez introducidos todos los datos del vehículo exponemos los principales pasos a seguir para elaborar la valoración:

Seleccione el grupo de piezas al que desea acceder (Figura 11.17). Para ello haga clic sobre el gráfico genérico del vehículo de la ventana superior izquierda.

© Ediciones Paraninfo

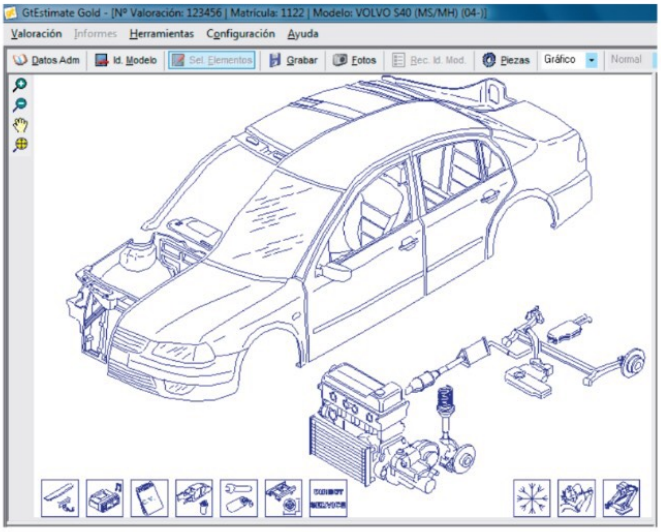


Figura 11.17. Seleccionar el grupo de pieza.

Seleccione la pieza sobre la que se va a actuar, en la ventana superior derecha (zona gráfica seleccionada).

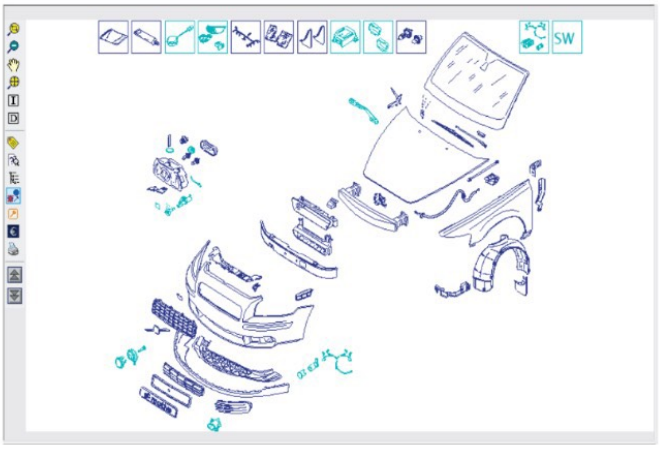


Figura 11.18. Seleccionar la pieza.

Seleccione la tarea que se va a aplicar a la pieza (Figura 11.19), marcando su casilla con el ratón, pulsando la barra espaciadora o la letra de marcado rápido que corresponda. Si el programa le pide datos complementarios, rellénelos y haga clic en el botón Aceptar.

Figura 11.19. Seleccionar la tarea a realizar sobre la pieza.

En este panel puede ver todas las operaciones que se han ido añadiendo a la valoración y realizar modificaciones sobre las mismas.

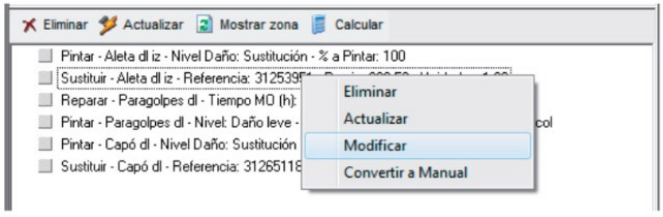


Figura 11.20. Ver tareas y realizar modificaciones.

Después, haga clic en el botón Calcular de la barra de iconos de la Lista de operaciones o pulse a la vez las teclas **Ctrl+Alt+C** o **Alt Gr+C**.

Una vez obtenido el informe se puede remitir de diferentes formas: imprimiéndolo, por correo electrónico, exportándolo, etcétera.

© Ediciones Paraninfo

Nº Valoración: 123456
Fecha Proceso: 02/03/2010
Fecha Alta: 23/02/2010
Fecha Impresión: 02/03/2010
Estado: Abierta

Matrícula: 1122
Marca - Modelo: VOLVO - S40 (MS/MH) (04-)
GT MOTIVE
Referencia: 1234

EQUIPAMIENTO DEL VEHÍCULO

BERLINA 4 PUERTAS — ESPAÑA

PIEZAS / RECAMBIOS — Fecha Tarifa: 07/12/2009

Nº Breve	Referencia	Descripción	Uds.	Precio (€)	Dpr.(%)	I/D(%)	Total(€)
70010	31265118	Capó dl	1,00	400,00			400,00
7101L	31253951	Aleta dl iz	1,00	202,50			202,50

MANO DE OBRA — Precio/Hora: 45,00

Nº Operación	Descripción	Tiempo (h)	Precio (€)	Total(€)
80201-0	Sustituir Aleta dl iz	0,91	45,00	40,95
INCLUYE				
82552-2	Desmontar y montar Protector pase rueda dl iz / Desmontar y montar Protector dl pase rueda dl iz			
82151-2	Sustituir Capó dl	0,91	45,00	40,95
INCLUYE				
82151-2 EM	Desmontar y montar Capó dl			
EM70010D	Desvestir y vestir capó dl			
Rep. Manual	Reparar Paragolpes dl	* 2,00	45,00	90,00

PINTURA — Sistema pintura: Cesvimap Nuevas Tecnologías — Tipo: Bicapa Sólido/M — Precio/Hora: 45,00

Descripción: den.+ pos.+ nivel + (%pintado)	Materiales	Tiempo (h)	I/D (h)	Total(€)
Capó dl Sustitución	71,47	2,98		205,57
Aleta dl iz Sustitución	21,20	0,84		59,00
Paragolpes dl Daño leve Color Carroceria Cpl 1 col	40,26	0,83		77,61

RESUMEN

PIEZAS / RECAMBIOS

Subtotal Piezas	=	602,50 €
Total Piezas	=	**602,50 €**

PINTURA

M.O. Pintura (4,65 h.)	=	209,25 €
Cte. M.O. Pintura (1,68 h.)	=	75,60 €
Total M.O. Pintura (6,33 h.)	=	284,85 €
Materiales Pintura(€)	=	132,93 €
Cte. Material Pintura	=	5,91 €
Total Materiales Pintura	=	138,84 €
Total Pintura	=	**423,69 €**

MANO DE OBRA

Total M.O. (3,82 h.)	=	171,90 €
Total M.O.	=	**171,90 €**

Base imponible	=	1.198,09 €
IVA (16,00%)	=	191,69 €
Total	=	**1.389,78 €**

NOTAS: # Indica Línea de Cargos Varios * Indica Referencia manual / Dato modificado por el usuario ± Indica Referencia aproximada
! Indica Referencia mutada o no actualizada / Precio no actualizado / Tiempo modif. por solapamiento

Figura 11.21. Informe de la valoración.

El programa está preparado para realizar otras funciones como:

1. Modificar/eliminar operaciones

Seleccione la operación en la Lista de operaciones. Para modificarla haga clic en Modificar matices o pulse a la vez las teclas **Ctrl+Alt+M** o **Alt Gr+M**. Para eliminarla haga clic en Eliminar o pulse a la vez las teclas **Ctrl+Alt+E** o **Alt Gr+E**.

También puede acceder a estas funcionalidades haciendo clic sobre la operación con el botón derecho del ratón.

2. Búsqueda general de piezas

Haga clic en el botón Piezas en la barra de iconos de la pantalla de selección de elementos o **Alt+P**.

Introduzca parte del texto del nombre de la pieza o la referencia y haga clic en o pulse **Alt+B**.

Seleccione, en el árbol desplegable, la referencia de la pieza deseada y haga clic en Ir a o **Alt+I** para acceder a la zona gráfica donde está la pieza buscada.

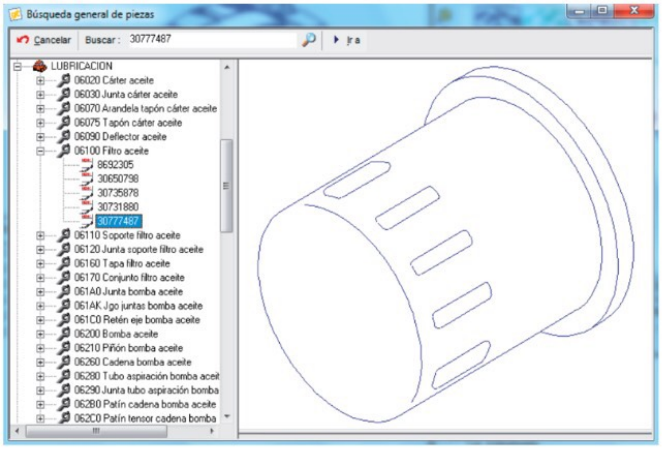


Figura 11.22. Localización de piezas.

© Ediciones Paraninfo

3. Reportaje fotográfico

Para adjuntar fotografías al informe, haga clic en el icono Fotos en la barra superior de iconos o pulse **Alt+F**. Haga clic en el botón Nueva o **Alt+N** y desde cámara digital, pulse Adquirir.

11.4 Las pólizas de seguros

La reparación del vehículo representa ya de por sí una cuantía elevada, pero si a esto le sumamos los costes ocasionados por daños personales, o por tener que realizar indemnizaciones en los casos de accidentes graves, la factura final puede suponer para muchos conductores cantidades fuera de su alcance. Para prever estas circunstancias se concierta con las compañías de seguros una póliza de seguro que pueda cubrir todos o parte de los posibles percances. La póliza de seguro es el contrato de seguro que los propietarios de los vehículos conciertan con una empresa (compañía de seguros). En este contrato se especifican las condiciones de cumplimiento, los derechos, las obligaciones y cobertura que tiene el/las personas aseguradas y su vehículo, en función de la prima que se abona anualmente.

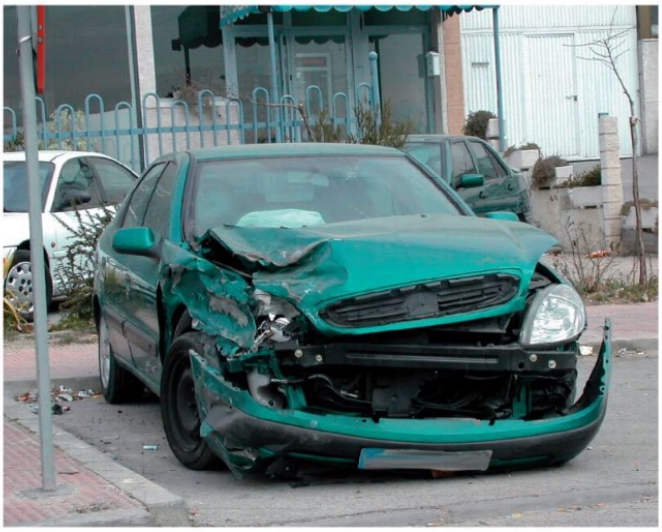


Figura 11.23. Vehículo con grandes deformaciones.

Las compañías de seguros obtienen los fondos del cobro de las cuotas de los distintos asegurados, creando un fondo que permite compensar a aquellos que han sufrido un accidente.

Estas pólizas se rigen por la ley de contrato de seguros, por la ley de ordenación y supervisión de los seguros privados, por la ley de responsabilidad civil y seguros de circulación de vehículos a motor, siendo las modalidades u opciones de contratación más habituales las siguientes:

- Seguro obligatorio.
- Seguro a terceros o voluntario.
- Robo.
- Asistencia de viaje.
- Rotura de lunas.
- Seguro a todo riesgo.

Seguro obligatorio

Es obligatorio por ley para todos los vehículos a motor. Cubre los daños ocasionados con el vehículo (hasta 96 161 euros) a terceros, quedan excluidos: el conductor, el propietario, el tomador del seguro y los familiares cercanos (hasta tercer grado). Además cubre los daños personales causados a cualquier persona (336 566 euros), incluidos los ocupantes del vehículo y familiares, excepto: los del conductor y los gastos de defensa civil en los tribunales.

Normalmente, esta modalidad de seguro no es admitida de forma aislada por las compañías de seguros, sino que va englobada junto a otras modalidades.

Seguro a terceros o voluntario

Con el seguro obligatorio las cantidades cubiertas en caso de siniestro son limitadas y normalmente las sentencias de los tribunales superan esas cantidades, sobre todo en los accidentes de gravedad. Con el seguro a terceros la cantidad a pagar por el asegurado es un poco más elevada y queda cubierto cualquier daño que se produzca a un tercero y exceda de la cobertura del seguro obligatorio sin límite y los gastos de defensa civil en los tribunales.

Dentro de esta modalidad, algunas compañías ofrecen un seguro a terceros "ampliado", que consiste en incluir en la cobertura indemnizaciones por:

- *Robo*: cubre el robo o intento de robo del vehículo. Si lo sustraído son piezas que constituyen parte del vehículo, en la mayoría de las pólizas indemnizan con el 100 % del valor de la/s pieza/s, durante los dos primeros años, a partir del tercero el tanto por ciento va disminuyendo.
- *Rotura de lunas*: queda cubierto el riesgo de rotura de las lunas del vehículo en su totalidad.
- *Asistencia en viaje*: en esta opción las pólizas suelen cubrir los gastos de remolque del vehículo y en algunos casos el préstamos de otro vehículo de sustitución, pero en ocasiones suelen ser muy restrictivas (es conveniente leer detenidamente las condiciones de la póliza). También suelen cubrir los gasto derivados de fallecimiento, enfermedad, desplazamiento y estancia de un familiar al lugar de hospitalización, gastos de hospedaje, billete de regreso, etc. (mirar cláusulas).

© Ediciones Paraninfo

Seguro a todo riesgo

Esta modalidad de seguro, además de cubrir todas las opciones del seguro a terceros ampliado, cubre las reparaciones del vehículo propio o una indemnización en caso de que no se pueda reparar (mirar cláusulas, se puede considerar no reparable cuando el coste de la reparación supera el 75 % del valor venal), en algunas pólizas incluye la posibilidad de alquilar otro vehículo mientras se realiza la reparación del mismo.

Dentro de esta modalidad algunas compañías ofrecen un seguro a todo riesgo con franquicia. En este caso la póliza suele ser más barata en función de la cantidad acordada en la franquicia, pero en el caso de que el vehículo tenga un accidente siendo el asegurado el responsable, este abonará la cantidad fijada como franquicia para pagar la reparación y el resto del coste de la reparación lo seguirá abonando la compañía de seguros.

11.4.1. Terminología más habitual en las pólizas de seguros

En el texto de las pólizas de seguros vienen recogidas una serie de denominaciones, que el profesional del taller ha de comprender para poder participar mejor en la decisión de la valoración de los daños ocurridos en la colisión, o para poder orientar al usuario cuando llega al taller. En este apartado se relacionan las denominaciones más habituales ordenadas de forma alfabética.

- *Accidente*: también se le suele denominar siniestro. Es la acción o suceso de carácter involuntario que altera el orden normal de las cosas.
- *Aceptación*: confirmación de que la compañía aseguradora asume la cobertura de los riesgos.
- *Acta de tasación*: descripción de los elementos siniestrados y valoración de los daños realizado por un perito tasador/a.
- *Adhesión*: acción por la cual el asegurado se somete a las normas que se han establecido en su contrato.
- *Agente de seguros*: persona física o jurídica que actúa de intermediario entre el asegurador y la compañía de seguros.
- *Análisis de riesgos*: método por el cual se estudia la ponderación, prevención y aceptación de los riesgos.
- *Arbitraje*: remisión del asegurador y del asegurado para someter sus posibles litigios a una tercera persona o identidad, cuya decisión se compromete a aceptar.
- *Asegurado*: persona física o jurídica que ha contratado un seguro.
- *Asegurador*: persona o empresa que asegura riesgos ajenos.
- *Avenencia*: resultado de un acto de conciliación judicial.
- *Aviso de rescisión*: cuando una de las partes de la póliza de seguros comunica a la otra su intención de dejar sin efecto la póliza.
- *Aviso de siniestro*: cuando el asegurado comunica a la compañía aseguradora el accidente.
- *Beneficiario/a*: persona física o jurídica que es titular del derecho de las posibles indemnizaciones. En caso de no figurar en la póliza, se considerará como beneficiario a los herederos legales del asegurado.
- *Bonificación*: reducción de la cuota de la prima.
- *Cálculo de la prima*: normas que se aplican para obtener la cuota de la prima.
- *Carta Verde*: certificado internacional de seguro que acredita la contratación de la modalidad de responsabilidad civil de suscripción obligatoria.
- *Caución*: entrega de una cantidad de dinero para garantizar el cumplimiento de una obligación.
- *Coaseguro*: asegurar un mismo riesgo por más de una compañía aseguradora.
- *Compañía aseguradora*: sociedad que asume la cobertura de determinados riesgos especificados en las pólizas mediante la percepción de la prima.
- *Conciliación*: intento de llegar a un acuerdo entre las partes para evitar el inicio de un litigio.
- *Condiciones generales de la póliza*: condiciones genéricas de cumplimiento de los derechos, obligaciones y cobertura que tiene el asegurador y el asegurado, en función de la prima que abona.
- *Condiciones particulares de la póliza*: especificaciones sobre las circunstancias particulares de determinados riesgos registrados en la póliza contratada.
- *Consorcio de Compensación de Seguros*: entidad dependiente de la Dirección General de Seguros que da cobertura a determinados riesgos extraordinarios.
- *Contraseguro*: contrato en el que el asegurador se obliga a reintegrar al asegurado las primas percibidas, en los casos que se determine en la póliza.
- *Daño material*: deterioro o pérdida de las cosas o animales.
- *Daño personal*: lesión corporal o fallecimiento causado a persona física.
- *Declaración amistosa de accidentes*: parte de accidente firmado por los conductores de los vehículos siniestrados de mutuo acuerdo para agilizar los tramites administrativos.
- *Dictamen pericial*: informe del perito tasador/a de la valoración y los daños causados por la colisión.
- *Dirección General de Seguros*: órgano de control y supervisión de la actividad aseguradora que depende del Ministerio de Economía y Hacienda.
- *Extinción del seguro*: finalización de la contratación de la póliza de seguro.
- *Fecha de efecto*: fecha que determina la vigencia de la póliza de seguro.

© Ediciones Paraninfo

- *Fraccionamiento de la prima*: posibilidad que ofrecen determinadas compañías para que la prima se abone en varios períodos.
- *Franquicia*: cantidad pactada al formalizar la póliza de seguro, que tiene que abonar el asegurado en caso de realizar un parte, en el que el asegurado es el responsable del siniestro.
- *Hurto*: apropiación de cosas ajenas sin emplear la intimidación ni la violencia.
- *Invalidez permanente*: pérdida de las facultades o miembros de una persona sin posibilidad de recuperación previsible.
- *Liquidación de siniestro*: pago de la cantidad correspondiente a un siniestro.
- *Mora*: retraso en el cumplimiento de una obligación.
- *Parte del siniestro*: documento que se utiliza para comunicar el accidente a la compañía de seguros.
- *Perito*: técnico que comprueba y valora los daños de la colisión.
- *Plazo de aceptación*: período de tiempo para aceptar o no la cobertura de un riesgo.
- *Plazo de preaviso*: período de tiempo que se conceda a las partes.
- *Prima*: es el precio de la póliza que se ha acordado abonar por parte del asegurado a la compañía aseguradora.
- *Prima fraccionaria*: es la cuota de la prima que se abona en períodos inferiores a un año.
- *Prorrata*: cuota proporcional que se utiliza para determinar la prima que se tiene que abonar en función de los días de duración del contrato.
- *Reaseguro*: contrato por el cual un asegurador toma a su cargo total o parcialmente la cobertura de uno o varios riesgos cubiertos por otro asegurador, mediante un contrato de participación.
- *Recibo*: documento que acredita haber abonado un pago.
- *Reposición*: sustitución de los desperfectos producidos en el accidente, por otros de iguales características.
- *Robo*: sustracción de bienes ajenos, con violencia, intimidación o empleando fuerza en las cosas.
- *Tomador*: persona física o jurídica que contrata el seguro.
- *Valor venal*: valor de mercado que tiene el vehículo en la actualidad.

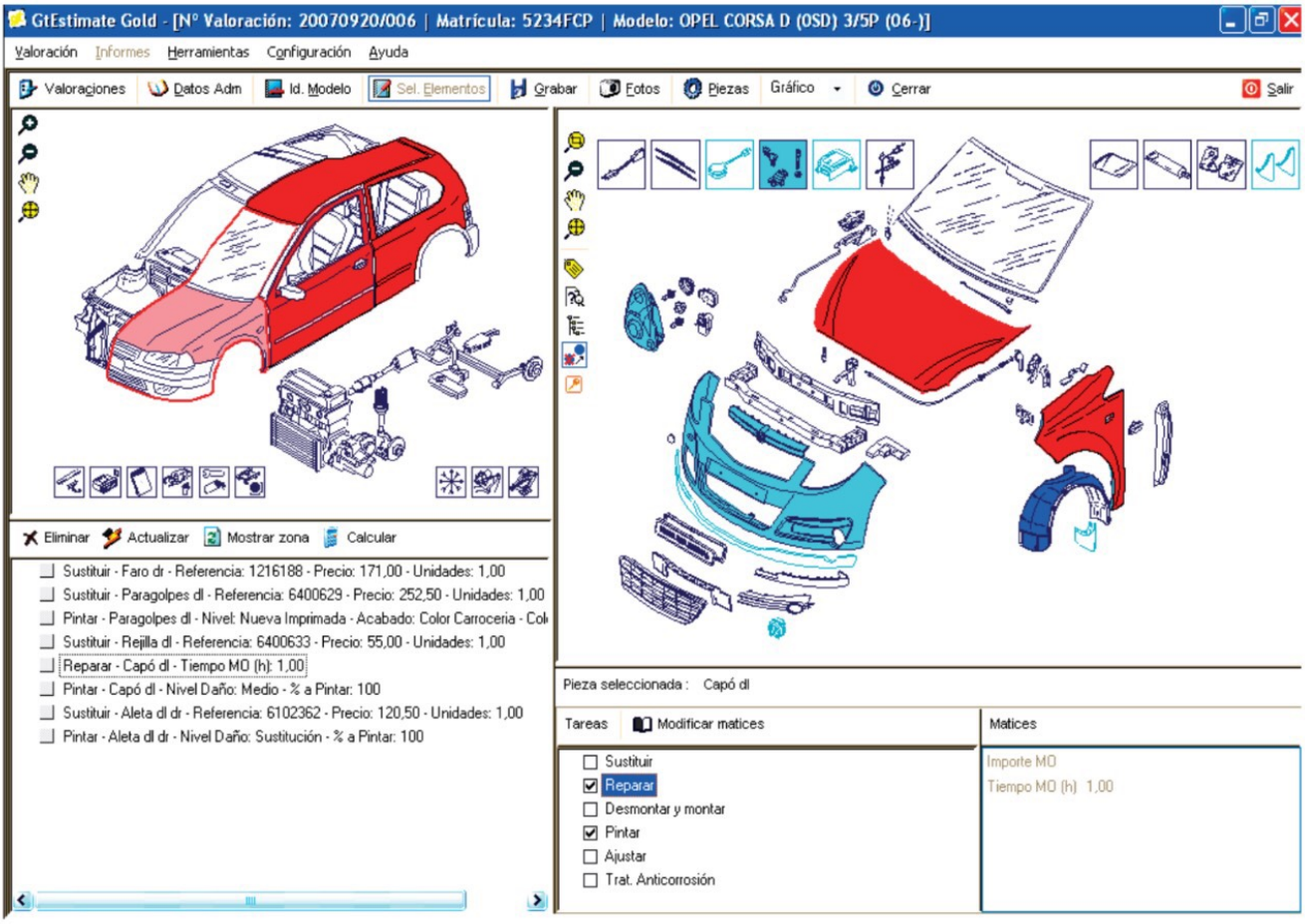


Figura 11.24. Presupuesto.

© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

Valoración de las reparaciones

CUESTIONES

11.1. Describe los principales conceptos que figuran en un presupuesto.

11.2. Indica los distintos sistemas existentes para contabilizar el tiempo de reparación.

11.3. ¿Qué es un baremo de valoración de daños?

11.4. Indica los diferentes tipos de baremos existentes.

11.5. Anota los grados de intervenciones de pintado de ciclo completo de elementos reparados mediante la conformación de la chapa.

11.6. Indica los niveles existente en un baremo de reparación.

11.7. ¿En qué consiste la fototasación?

11.8. ¿En qué consiste la vídeoconferencia?

11.9. Indica dos empresas que editen baremación de reparaciones.

11.10. Indica distintas modalidades u opciones de contratación más habituales del seguro de vehículos.

11.11. ¿Cuál es la unidad más pequeña en el sistema sexagesimal?

11.12. Si se utiliza el sistema centesimal y se dice que tiene 1,25 de tiempo de reparación, ¿en horas y minutos con qué tiempo se corresponde?

11.13. En la valoración de una reparación, indica qué es el tiempo directo.

11.14. Indica con cuántas centésimas se corresponde un minuto en el sistema centesimal.

ACTIVIDADES PROPUESTAS

11.1. Indica qué significa la siguiente terminología:

- Aceptación:
- Agente de seguros:
- Análisis de riesgos:
- Asegurado:
- Asegurador:
- Avenencia:
- Aviso de rescisión:
- Aviso de siniestro:
- Carta Verde:
- Caución:
- Coaseguro:
- Conciliación:
- Consorcio de Compensación de Seguros:
- Daño material:
- Declaración amistosa de accidentes:
- Dictamen pericial:
- Extinción del seguro:

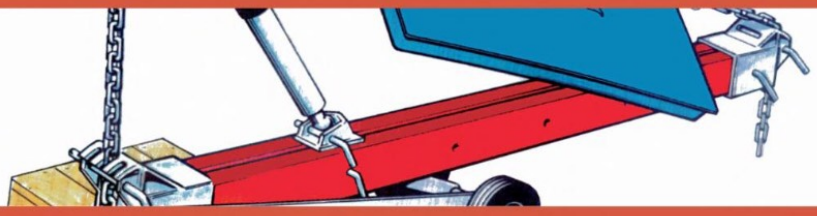
11.2. Localiza dos pólizas de seguros y compara sus prestaciones.

11.3. Analiza un vehículo con golpe y realiza la valoración de la reparación.

11.4. Localiza en un baremo de reparación el tiempo necesario para cambiar una puerta completa de un vehículo que tengas en el taller del centro educativo.

© Ediciones Paraninfo

Tiros de tracción y proceso de reparación con bancada



Unidad 12

CONTENIDOS

Introducción
12.1 Deformaciones simples en dos dimensiones
12.2 Deformaciones simples en objetos tridimensionales
12.3 Sujeción, tensiones y sobretensiones
12.4 Casos prácticos de tiros.
12.5 Planificación del trabajo
12.6 Desmontaje de los elementos que puedan impedir o dificultar la reparación
12.7 Medidas de seguridad en el proceso de estirado
12.8 Sujeción del vehículo en la bancada
12.9 Montaje y centrado del sistema de medida
12.10 Selección de los puntos a controlar en la zona dañada
12.11 Planificación de los tiros de enderezado y comprobación de las cotas
12.12 Montaje de los elementos de la carrocería que puedan servir de referencia para comprobar visualmente la correcta reparación del vehículo
Cuestiones
Actividades propuestas

OBJETIVOS

- Aprender a establecer un método para realizar los tiros de tracción en la dirección adecuada.
- Comprender los problemas de las tensiones y sobretensiones.
- Estudiar y analizar distintos tipos de tracción.
- Aprender a planificar y desarrollar el trabajo.
- Conocer y utilizar las medidas de seguridad en la reparación.
- Planificar los tiros de tracción necesarios para establecer las cotas originales.
- Conocer las diferentes situaciones de anclaje de la carrocería a la bancada.

Introducción

La reparación estructural de la carrocería es una operación que, a priori, puede parecer dificultosa pero en realidad, se trata de aplicar (como en los demás trabajos relacionados con la reparación del automóvil), un buen método de trabajo (Figura 12.1).

En reparación se denomina tiros de tracción al proceso de restituir la parte deformada de la carrocería, utilizando equipos de tracción. Cuando en una carrocería se ha producido una deformación, el trabajo de enderezado o alineación implica la utilización de los medios descritos en la Unidad 9, pero el uso exclusivo de esas herramientas no es suficiente, ya que si el enderezado se realiza de forma incorrecta, puede provocar una deformación mayor.

La fuerza que desarrollan estos equipos se tiene que realizar en el sentido y dirección correcta.

El principio básico para la alineación de la carrocería consiste en aplicar en la misma dirección una fuerza de tracción igual a la fuerza que provocó la deformación, pero en sentido contrario. Como se verá en esta unidad, para llevar las zonas deformadas a sus cotas originales, casi nunca se consigue aplicando directamente el principio básico, debido a que la carrocería no se deforma por igual, ya que está compuesta por refuerzos, nervaduras, distintos materiales, etc., siendo necesario realizar distintos tiros hasta conseguir restituir las cotas originales.

La forma más sencilla de determinar dónde realizar el tiro correctamente es aplicar el sentido común e imaginar cómo se tiraría si se hiciera con las manos. Esta unidad está dedicado a estudiar distintas posibilidades para determinar la dirección de la tracción.

En primer lugar se describen sistemas simples para localizar la dirección adecuada, para más adelante exponer ejemplos de tracción sobre vehículo.

Figura 12.1. Reparación estructural de la carrocería.

La reparación estructural de un vehículo al que previamente se ha diagnosticado su deformación y se ha decidido reparar en bancada se realiza a través de las siguientes secuencias de trabajo:

- Planificación del trabajo.
- Desmontaje de los elementos que puedan impedir o dificultar la reparación.
- Medidas de seguridad aplicables en el proceso de estirado.
- Sujeción del vehículo en la bancada.
- Vehículos con bastidor y carrocería.
- Vehículos con dificultades en el amarre a la bancada.
- Montaje y centrado del sistema de medida.
- Selección de los puntos a controlar en la zona dañada.
- Planificación de los tiros de enderezado y comprobación de las cotas.
- Montaje de los elementos de la carrocería que puedan utilizarse para comprobar visualmente la correcta reparación del vehículo (capó, puertas, aletas, etc.).

Antes de comenzar la reparación siempre es aconsejable y necesario limpiar el vehículo para evitar que la suciedad pueda ocultar pequeñas deformaciones, o que en el transcurso de la reparación se desprendan ocasionando pequeñas molestias al reparador, o dañe los útiles de medidas.

12.1. Deformaciones simples en dos dimensiones

En este ejemplo se parte de una estructura cuadrada que representa una colisión en la esquina superior izquierda, provocando la deformación de esa zona (Figura 12.2). En este caso para localizar la dirección en la que se tiene que aplicar la fuerza de tracción necesaria para alinear la estructura se procederá de la siguiente forma:

1.º Medir las cotas del punto A deformado (a).
2.º Medir las cotas de ese punto si no estuviera deformado A" (b).
3.º Trazar una línea que una los dos puntos (c).

La fuerza de tracción se podrá realizar a lo largo del vector que une los dos puntos, pero en sentido contrario a la fuerza deformadora.

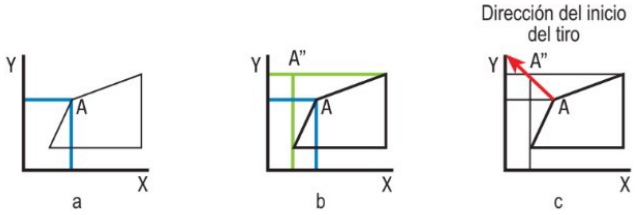


Figura 12.2. Ejemplo de tiro en una deformación simple.

© Ediciones Paraninfo

El siguiente ejemplo se basa en una barra que ha sufrido un fuerte golpe en su extremo libre provocándole su deformación, a la vez que un aplastamiento de material (Figura 12.3). El proceso de reparación es similar al caso anterior, bien entendido que en ambos casos y una vez realizados los primeros tiros es necesario comprobar la evolución del alineamiento de la estructura, por si hubiese que modificar la dirección del tiro, debido a que el material haya cedido más en una dirección que en otra (por ejemplo, más en longitud que en altura).

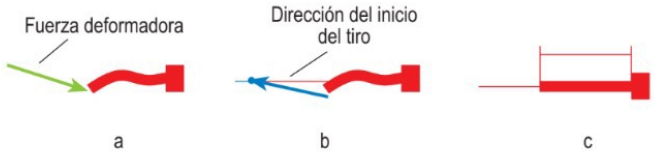


Figura 12.3. Ejemplo de tiro en una deformación simple.

En este caso, el tiro se debe realizar desde un punto que esté situado en la línea de prolongación del eje al que se quiere eliminar la deformación (b). Es importante (como en los demás casos) verificar continuamente las cotas establecidas por el fabricante (c) para no provocar otra deformación que difícilmente podría ser reparada.

Si la deformación producida en la colisión ha sido muy pronunciada es posible que sea necesario realizar varios tiros a la vez. En la Figura 12.4 se representa una deformación con hundimiento a la vez que se ha acortado su longitud. En este caso, es conveniente realizar a la vez dos tiros opuestos simultáneos (F_1 F_2), siguiendo la línea del eje para llevarlo a su cota original de longitud, pero, como se ha producido un gran hundimiento, si se intenta conformar esta estructura realizando exclusivamente estos tiros, se podría provocar un alargamiento no deseado del material. Para evitar este problema habrá que realizar a la vez otro tiro de tracción, en sentido opuesto al hundimiento (F_3), para facilitar que la estructura vuelva a su posición original, sin necesidad de forzar los tiros opuestos.

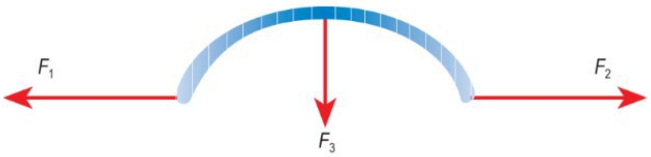


Figura 12.4. Ejemplo de realizar tres tiros a la vez.

12.2. Deformaciones simples en objetos tridimensionales

Las deformaciones explicadas anteriormente no suelen tener aplicaciones reales en las colisiones que sufren los vehículos, ya que las carrocerías son estructuras tridimensionales cuyas caras están unidas unas con otras y las fuerzas deformadoras que actúan sobre una cara influyen a su vez en las caras adyacentes, reaccionando en conjunto, produciendo una variación en las tres cotas que define cada punto (altura, longitud y anchura).

La dirección del tiro en estos casos tendrá que tener en cuenta las cotas originales y las cotas del punto o la zona deformada. A continuación se desarrollan unos ejemplos de deformación sobre un cubo para poder analizar la forma correcta de realizar los tiros.

En la Figura 12.5 se encuentra un cubo que sufre una colisión en el punto A, provocándole una deformación hacia el interior que afecta a sus tres cotas (anchura, longitud y altura). La conformación de esta estructura se realiza utilizando el mismo método explicado anteriormente, es decir, se miden las cotas del punto deformado A y se comparan con las cotas del punto B, que se corresponden con las cotas originales de ese punto. La dirección del tiro inicial se encontrará en la unión de ambos puntos, pero en sentido contrario a la fuerza que provocó la deformación.

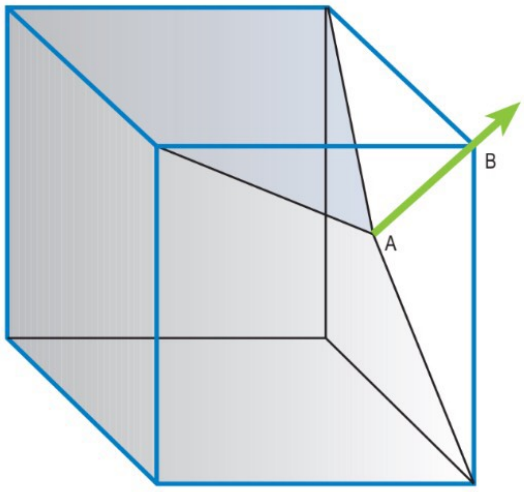


Figura 12.5. Ejemplo de tiro en deformación tridimensional.

La magnitud de la fuerza de tracción debe tener en cuenta la capacidad de recuperación del material y su límite elástico, por ello los tiros se realizan en varias fases, comprobando en cada una de ellas la reacción que han producido.

Si la deformación se ha producido en una superficie amplia, en vez de en un punto, el tiro es necesario realizarlo en varios puntos a la vez, pues si se realiza en un solo punto se puede provocar una reacción no deseada. En el ejemplo de la Figura 12.6 la dirección del tiro se localiza igual que en los casos anteriores, pero realizando a la vez dos tiros F desde dos puntos distintos. De esta forma la alineación de la estructura se realizará de manera segura y más rápidamente.

© Ediciones Paraninfo

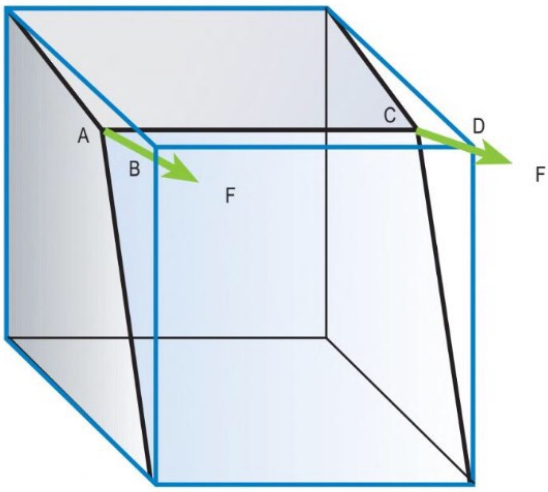


Figura 12.6. Ejemplo de tiro en deformación tridimensional.

En las deformaciones que se producen en las carrocerías es posible determinar con exactitud las cotas deformadas, pero las cotas originales se tienen que establecer en la mayoría de las ocasiones en el espacio, es decir, imaginando en dónde tendría que estar en su posición correcta (Figura 12.7), esto es debido a la dificultad que se presenta en muchas ocasiones para montar los útiles de medida en las cotas originales. La forma más sencilla de decidir el primer tiro es imaginar cómo se realizaría si se hiciera el tiro con las manos, trazando una línea imaginaria entre las cotas deformadas y las cotas originales, aplicando la fuerza en sentido contrario a la deformación. Si el impacto ha producido una deformación pequeña, seguramente realizando este tiro será suficiente para restablecer las cotas originales, pero si la deformación es grande, la conformación de la carrocería no se podrá realizar con este primer tiro, ya que su desplazamiento dependerá de la configuración espacial, solución constructiva (resistencia de los materiales, configuración, anclaje, etc.). Se tendrán que realizar varios tiros y comprobar con frecuencia las cotas y decidir la nueva dirección del tiro.

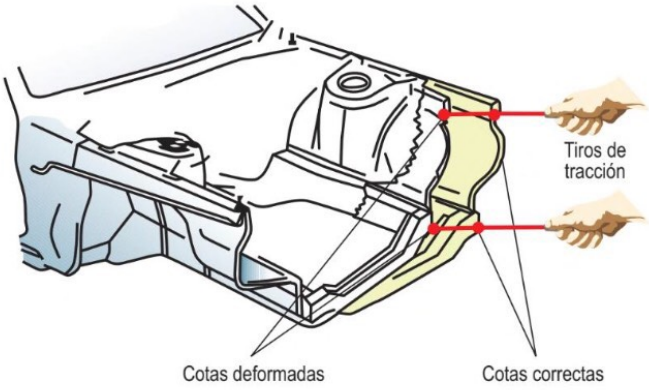


Figura 12.7. Ejemplo de cómo visualizar los tiros.

Las cotas se comprobarán siempre sin que la zona a reparar esté sometida a tensión, es decir, realice el tiro, observe su desplazamiento, afloje el tiro y compruebe las cotas, decida de nuevo la dirección del tiro y vuelva a repetir la misma operación tantas veces como sea necesario hasta restablecer las cotas originales.

Existen diversas formas de realizar los tiros de tracción y para cada una existe un equipo concreto tal y como se explicó en la Unidad 6 (escuadras, columnas y tiros vectoriales), en ocasiones se tendrá que utilizar la combinación de más de un método. Con el sistema de escuadra y columna el tiro realizado es prácticamente constante, pero para reparar determinadas deformaciones se necesita tirar progresivamente en más de una dirección, en estos casos es más práctico utilizar el sistema vectorial, que está basado en los sistemas de fuerzas angulares determinado por la configuración de un triángulo formado por un pistón hidráulico y una cadena, la cual, uno de sus extremos está anclado a la parte deformada y el otro a una zona fija indeformable. Cuando el pistón ejerce presión la cadena se tensa y uno de los lados se desplaza. Evidentemente será el lado anclado a la carrocería, llevando la zona deformada en la dirección establecida. Este desplazamiento se puede continuar hasta que el extremo anclado alcance la perpendicular, si se sigue provocando el desplazamiento la cadena estará expuesta a una sobrecarga no deseada y se cambiará la dirección del tiro.

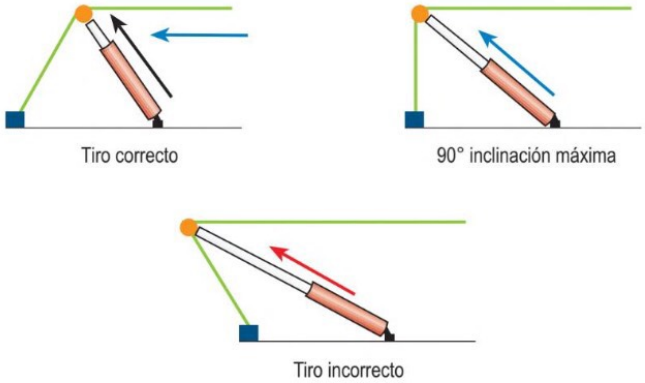


Figura 12.8. Posiciones de tiros vectoriales.

12.3. Sujeción, tensiones y sobretensiones

Analizada la deformación y determinada la dirección del tiro necesario para conformar la carrocería, es muy importante realizar una buena sujeción del útil que va a aplicar la fuerza.

© Ediciones Paraninfo

La línea de tiro debe pasar por el centro de sujeción de la pinza o útil. Si se realiza la fuerza en una posición distinta se producirá una fuerza giratoria que puede provocar la deformación del punto de anclaje o de las zonas adyacentes.

En la Figura 12.9 se muestra la forma correcta de realizar el tiro en el correspondiente útil de anclaje.

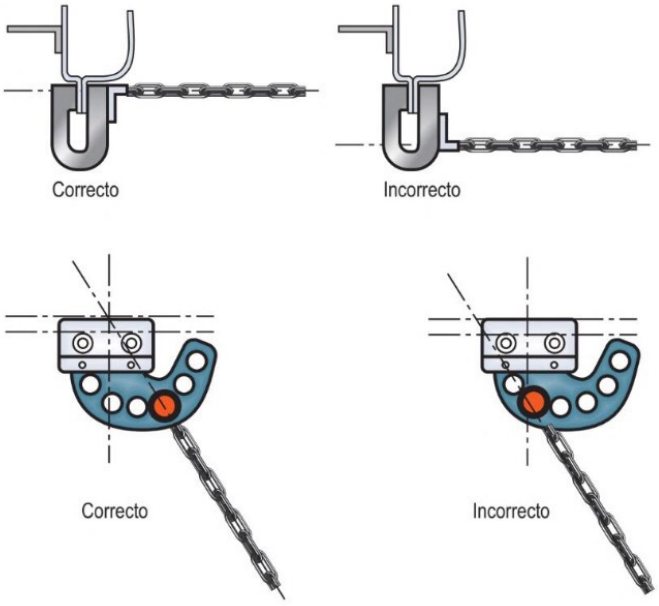


Figura 12.9. Ejemplo de cómo realizar distintos tiros.

Cuando se produce una deformación plástica, la estructura granular se desajusta con relación a su forma original.

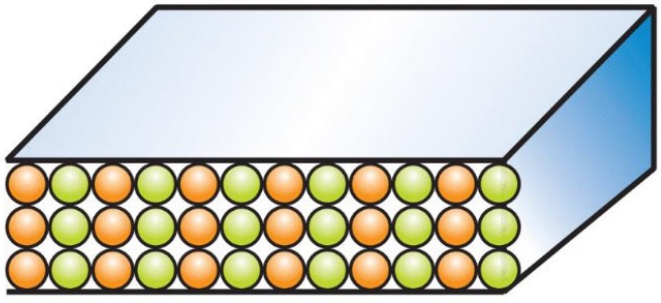


Figura 12.10. Estructura granular correcta.

En la nueva configuración de la estructura después de la colisión, los granos que están en el exterior de la chapa se distorsionan, alargándose todo lo que le permite su forma geométrica. Los granos que se encuentran en el interior también están distorsionados, pero por compresión, debido a que el espacio que ocupaban los granos se ve reducido considerablemente. Los que se encuentran entre las dos zonas también se encuentran deformados, dependiendo esta deformación de las zonas más cercanas. En definitiva, toda la estructura está sometida a unas tensiones que hacen que la deformación se mantenga.

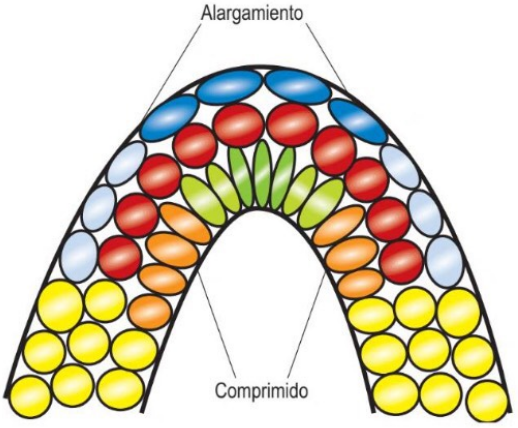


Figura 12.11. Estructura granular con tensión y deformada.

Los dibujos representados en este tema solo son esquemáticos para simular la estructura interna del material y facilitar su comprensión.

Cuando se trabaja la chapa para reparar una colisión no es suficiente con devolverle sus cotas originales, ya que lo único que se consigue es darle su forma superficial. En su interior puede que la estructura granular siga con distorsiones, o incluso que al aplicar los tiros de enderezado se provoquen otras deformaciones estructurales de los granos. En definitiva, la estructura está sometida a tensiones internas que provocan que se encuentre en un estado inestable, pudiendo tener como consecuencia que en una nueva colisión (aunque sea de una menor intensidad que la producida anteriormente) la chapa se deforme con mayor facilidad.

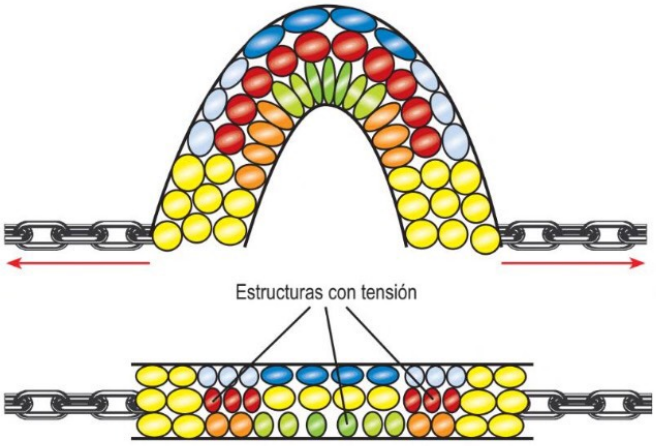


Figura 12.12. Estructuras granulares con tensión.

La eliminación total de estas tensiones se consigue con la recristalización de la estructura, proceso que consiste

© Ediciones Paraninfo

en que en el metal deformado aparecen nuevos núcleos de cristalización, alrededor de los cuales surgen nuevos granos de los fragmentos de los granos deformados o destruidos. Generalmente se considera que la temperatura óptima de recristalización es, en grados absolutos o Kelvin, la mitad de la temperatura de fusión de dicho metal. A la temperatura de recristalización, la eliminación de tensiones de los granos destruidos, así como el aumento de su tamaño, es decir, el crecimiento de los granos, se verifica muy lentamente, acelerándose al elevar la temperatura de calentamiento. En la velocidad de crecimiento de los granos influye notablemente la magnitud de la deformación anterior. Si hubo un grado de deformación considerable, el grano crece poco.

Como el metal deformado no se debe calentar, para no alterar sus propiedades, se puede disminuir la distorsión de la estructura provocada por la deformación distribuyendo la energía almacenada (tensiones y compresiones) en esa zona, golpeando el metal en frío.

En la reparación de la carrocería no es aconsejable el calentamiento del metal para su conformación, pues en principio el reparador desconoce la temperatura de fusión del material, además los aceros HSS no deben calentarse. La aplicación de calor, sobre todo si es con una llama oxiacetilénica, produce oxidación y descarburación del metal, provocando pérdida de material y su ablandamiento. El calentamiento de la carrocería solo se puede realizar en aquellos casos que está indicado por el fabricante del vehículo. En estos casos el control de la temperatura que va adquiriendo la chapa se realiza con el lápiz de calor, para ello recuerde que tiene que marcar la zona a calentar cuando aún está fría. Al llegar a la temperatura de referencia del lápiz la marca se licuará.

En el caso de aplicar calor, recuerde las siguientes recomendaciones:

- No intente realizar esta operación fijándose exclusivamente en el color del metal, pues es un método poco exacto y trabajaría con una banda de grados muy amplia.
- No realice esta operación en zonas que no se tenga acceso por el otro lado, como pueden ser los largueros, ya que nunca podrá proteger de la corrosión la zona interior.
- No enfríe bruscamente la zona calentada con agua o aire. Un enfriamiento brusco puede provocar que se endurezca el metal superficialmente y se vuelva frágil (temple) y quebradizo.

Para eliminar las tensiones internas en la conformación en frío de una carrocería es necesario golpear con el martillo la zona deformada y las zonas adyacentes, mientras el equipo de tracción aún tiene sometida la zona deformada en tensión (Figura 12.13). Estos golpes no han de ser excesivamente fuertes, para no provocar deformaciones puntuales; de igual forma se utilizará un martillo con una base amplia para que ocupe un área más grande. Esto se produce debido a que la estructura granular deformada por alargamiento o compresión tiende a recuperar su estado original. Al realizar el tiro de tracción y darle a la chapa su forma original, muchos granos recuperarán su estado inicial, otros en cambio necesitarán una energía adicional que provoque el deslizamiento de los granos para ayudarlos a volver a su estado natural. Esta energía es transmitida por el golpeteo del martillo y se ha de realizar para que sea efectivo cuando el equipo de tracción está realizando la fuerza conformadora. Por último, puede que un número indeterminado de granos, debido a su deformación o destrucción, no logre recuperar su estado original, quedándose con la tensión adquirida en la deformación.

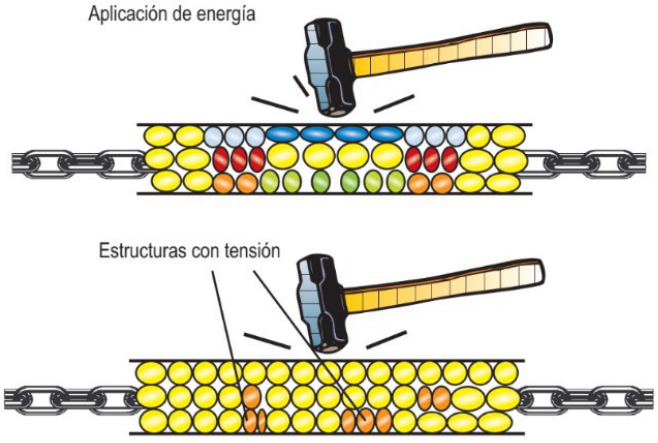


Figura 12.13. Eliminación de la tensión de la estructura granular.

El reparador no puede tener constancia de cuántos granos han quedado correctamente y cuántos deformados o destruidos al realizar la conformación de la carrocería, pero tiene la certeza que si respeta correctamente el proceso de reparación indicado por el fabricante del vehículo, la calidad del trabajo será la adecuada en función de las pruebas y ensayos que el propio fabricante ha realizado en sus laboratorios. Así pues, es imprescindible respetar paso a paso los procesos descritos en los manuales de reparación de cada fabricante para cada zona del vehículo.

Por último, y tan importante como los dos conceptos explicados anteriormente, es conocer cuándo se produce una sobretensión.

La sobretensión se produce cuando la zona sometida a esfuerzo de tracción sobrepasa las dimensiones de las cotas establecidas, el material se alarga y se estrecha (Figura 12.14) provocando una zona más débil, difícilmente recuperable. El daño de sobretensión siempre está producido por no medir con exactitud, o por no comprobar el avance de la conformación con frecuencia.

© Ediciones Paraninfo

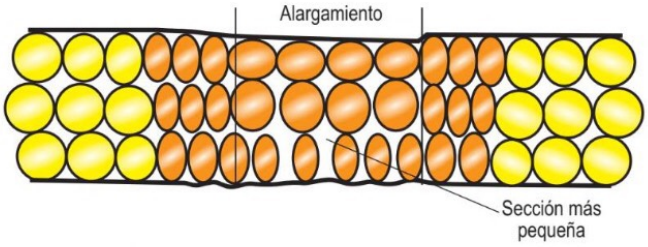


Figura 12.14. Sobretensión de la estructura.

Para evitar este problema es conveniente recordar las siguientes consideraciones al realizar el conformado de la carrocería:

- Analice detenidamente la deformación producida.
- Decida la dirección del primer tiro de tracción.
- Realice la tracción muy despacio y fíjese cómo reacciona la zona deformada y las zonas adyacentes.
- Golpee la zona deformada y la zona adyacente para eliminar tensiones internas.
- Quite la fuerza de tiro que ejerce el equipo de tracción sobre la zona deformada.
- Compruebe con el equipo de medida la evolución de la conformación.
- Analice y decida de nuevo la dirección del tiro.
- Repita las operaciones indicadas tantas veces como sea necesario hasta conseguir restituir las cotas originales.

Figura 12.16. Tracción hacia abajo en larguero utilizando reenvío.

12.4. Casos prácticos de tiros

Figura 12.15. Tracción lateral en el borde derecho.

Figura 12.17. Tracción hacia arriba en el borde del techo, utilizando gato hidráulico adicional.

© Ediciones Paraninfo

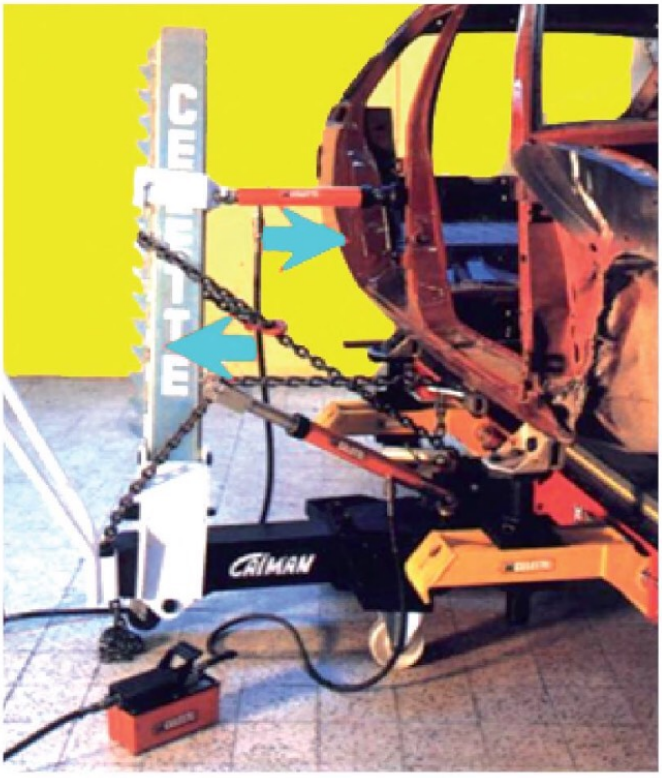


Figura 12.18. Tracción lateral del estribo con empuje en el pilar, utilizando gato hidráulico adicional.

Figura 12.20. Tiro lateral de la traviesa derecha del parabrisas.

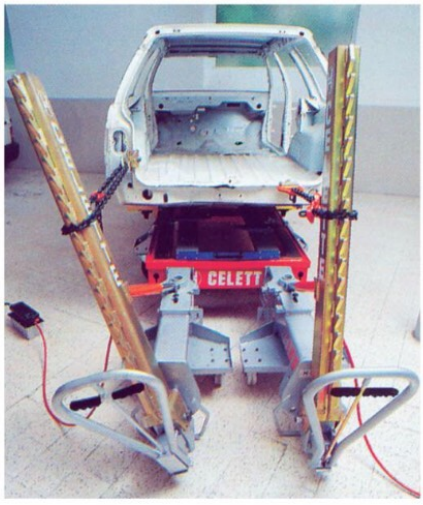


Figura 12.19. Primer tiro del lateral derecho del frontal.

Figura 12.21. Doble tiro de la parte trasera y frontal.

© Ediciones Paraninfo

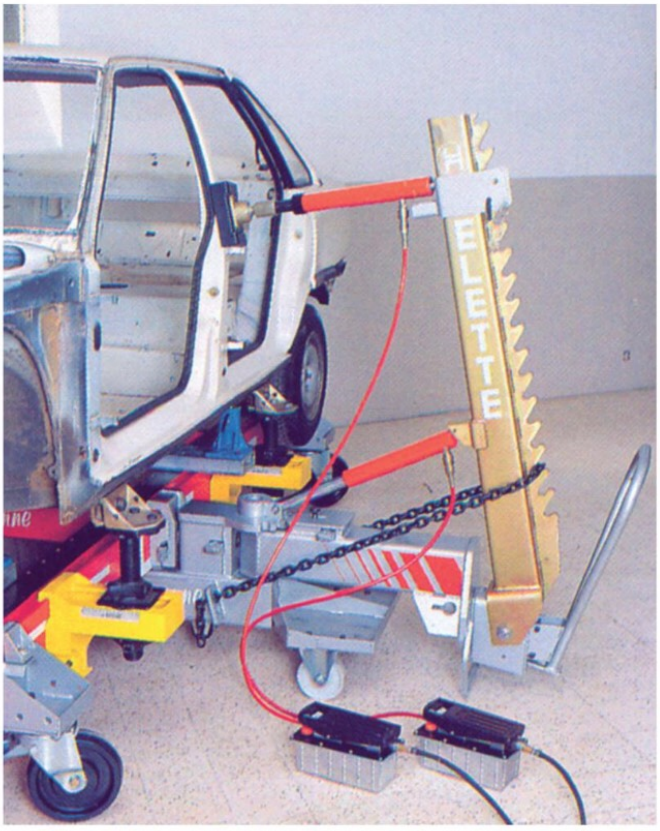


Figura 12.22. Empuje del pilar.

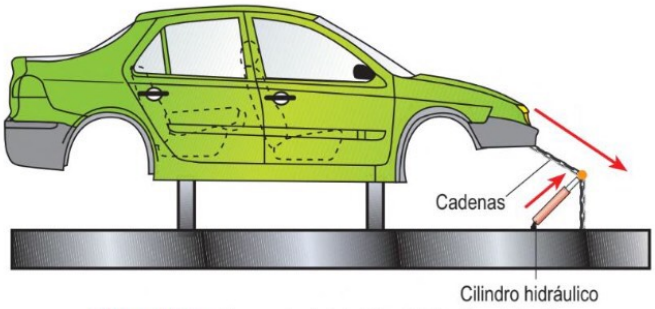


Figura 12.23. Tiro vectorial del frontal hacia adelante y hacia abajo.

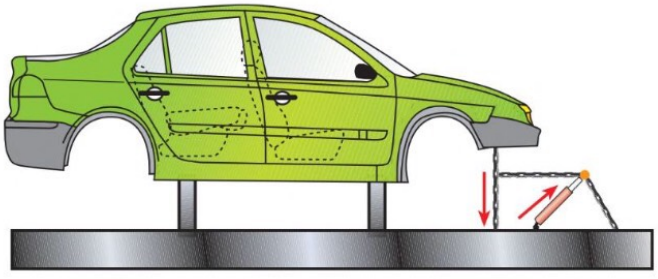


Figura 12.24. Tiro vectorial del frontal hacia abajo.

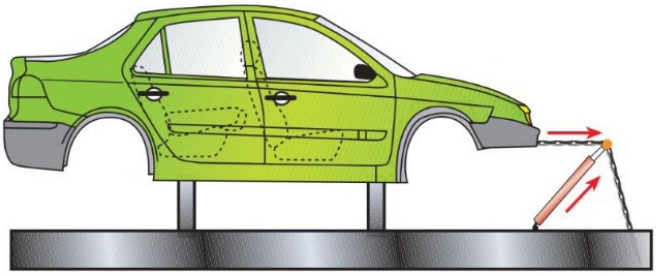


Figura 12.25. Tiro vectorial del frontal hacia adelante.

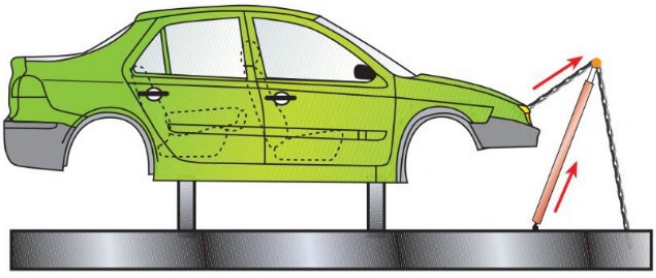


Figura 12.26. Tiro vectorial del frontal hacia arriba y hacia adelante.

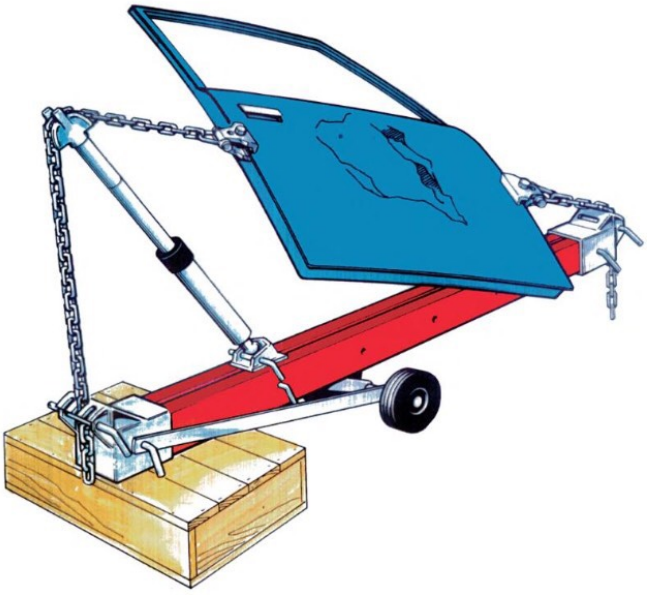


Figura 12.27. Tiro de tracción para eliminar la deformación de la puerta.

12.5. Planificación del trabajo

Una vez tomada la decisión de reparar el vehículo en la bancada, y antes de iniciar la reparación, es necesario dedicar un tiempo para trazar un plan de trabajo con el fin de

© Ediciones Paraninfo

poder prever con antelación las necesidades, ahorrar esfuerzo y tiempo. En este plan se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- Localizar el manual de reparación del vehículo.
- Localizar las fichas técnicas de la bancada.
- Analizar la extensión de la deformación que se ha producido en el vehículo. Tal y como se indicó en las unidades anteriores, se debe revisar detenidamente el alcance de la deformación, tanto el daño producido directamente por el golpe, como los que se han provocado como consecuencia del mismo. Este análisis se hace indispensable, sobre todo si el operario que va a realizar la reparación no es la misma persona que realizó el diagnóstico previo.
- Determinar qué piezas o elementos se tienen que desmontar, en función del análisis del alcance de la colisión.
- Prever dónde se van a almacenar las piezas que se desmonten.
- Localizar y verificar el estado de los puntos de anclaje de las pinzas. En la ficha técnica se especifican distintos puntos de anclaje. Por tanto, se debe evaluar cuáles serán los más idóneos en función de la deformación.
- Establecer las secuencias de cómo se van a efectuar los tiros de enderezado. Este apartado es de vital importancia y hay que dedicarle el tiempo que sea necesario, pues la colocación incorrecta de las cadenas puede provocar una mayor deformación. Cuando esté seguro, actúe, pero observando minuciosamente el desarrollo de la conformación de la carrocería.

12.6. Desmontaje de los elementos que puedan impedir o dificultar la reparación

Como norma solo se tienen que desmontar las piezas o elementos que dificulten el acceso a las zonas que se han de reparar, ya que la mayoría de las bancadas están preparadas para poder comprobar cotas y reparar el vehículo, tanto con la mecánica montada como desmontada. Por tanto, dependiendo del modelo de vehículo y de la zona dañada será necesario desmontar distintos elementos.

Para tomar esta decisión se debe analizar la deformación y su alcance, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Al observar que la deformación se ha producido en una zona en la que no hay elementos que puedan dificultar su reparación (por ejemplo, el final de uno de los largueros) no se debe desmontar nada.
- Por el contrario, si el mismo larguero tiene una deformación en una zona que sirve de soporte a otros elementos (motor, caja de cambios, radiador, etc.) y existen dudas, desmontar de momento los elementos atornillados más fáciles de desmontar y observar de nuevo la deformación. Quizá al tener más visión de la zona se tengan más elementos de juicio para decidir si se sigue desmontando o ver la posibilidad de reparar. Si realmente continúan las dudas, desmontar todos los elementos. Esta decisión irá en beneficio de la calidad de la reparación.
- En caso de tener que desmontar circuitos que contengan materiales que puedan contaminar el medio ambiente (aceites, líquidos refrigerantes, etc.) recordar la obligación de recogerlo en recipientes específicos para su posterior tratamiento o reutilización.
- No guardar las piezas y elementos desmontados dentro del vehículo. Utilizar un carro o estantería identificando el vehículo que está reparando.

Figura 12.28. Carro para almacenar elementos del vehículo.

- Anotar las piezas defectuosas que aparezcan en el desmontaje. Esta norma tan elemental ahorrará tiempo a la hora de confeccionar el pedido de material nuevo para el montaje, o para hacer un presupuesto más exacto.
- Si la deformación que tiene el vehículo impide desmontar piezas o elementos que es necesario desmontar (por ejemplo, en un golpe frontal donde se ve la necesidad de desmontar el motor, pero está siendo presionado por la traviesa del frontal). En este caso desmontar los elementos atornillados que pueda (radiador, paragolpes, faros, etc.) y más adelante, cuando se realice un primer tiro y la traviesa no presione al motor, se podrá desmontar el resto.

© Ediciones Paraninfo

12.7. Medidas de seguridad en el proceso de estirado

La falta de atención en el proceso de enderezado en la estructura de un vehículo puede originar desperfectos en la propia estructura, en el equipo de medición y estiraje, o incluso provocar accidentes a operarios y personas que están alrededor de la bancada. Por tanto, antes de iniciar la reparación, y en el transcurso de la misma, hay que tener presentes constantemente las siguientes medidas de seguridad.

- Utilizar correctamente el equipo de estiraje, acoplando para cada tiro el útil adecuado.
- Antes de realizar cualquier tiro, asegurarse siempre que el vehículo está bien anclado. Recordar que es mejor anclar el vehículo con todos los amarres posibles, que anclarlo apresuradamente por ahorrar tiempo.
- Comprobar siempre que las mordazas de anclaje y de las distintas pinzas de tiro están en buen estado.

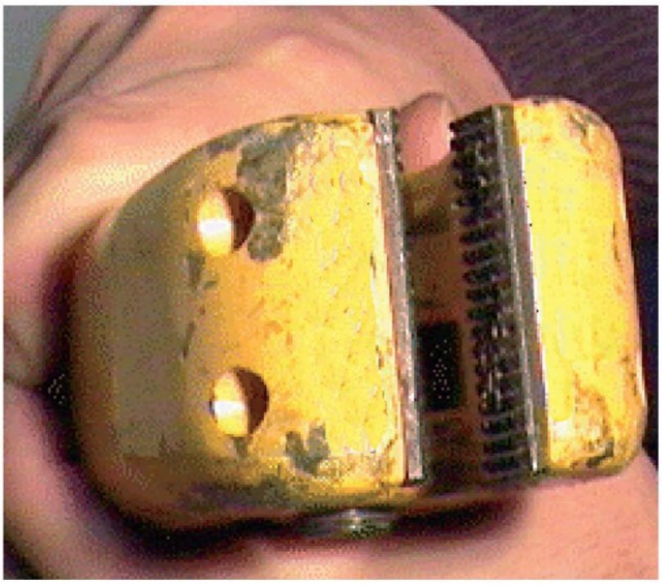


Figura 12.29. Verificación de las mordazas.

- En los vehículos con lunas pegadas, recordar que estas forman parte de la estructura del vehículo. Por tanto, no desmontarla antes de realizar los tiros previos de enderezado, más adelante, si fuese necesario, puede ser desmontada.
- Verifique que cuando las cadenas comienzan a realizar el tiro, las mordazas no resbalan.
- Utilizar en todo momento la cadena adecuada para cada tiro (recordar que no todas las cadenas están diseñadas para soportar los mismos esfuerzos).
- Es preferible no prolongar las cadenas. En caso necesario, no unirlas con tornillos (Figura 12.30), ya que desaparece la seguridad de que puedan soportar el esfuerzo. Utilizar los útiles de prolongación adecuados.

Figura 12.30. Nunca empalmar las cadenas.

- Verificar que la cadena no está retorcida cuando realiza el esfuerzo.
- No olvidar nunca conectar adecuadamente la cadena de seguridad antes de realizar el tiro.
- Si en el proceso de reparación se tiene que realizar un cambio de sección parcial de una pieza, proceder tal y como indique el manual de reparación del vehículo. De lo contrario, puede que se esté cambiando el reparto de fuerzas en la estructura.
- Cuando se realiza un tiro de tracción nadie debe colocarse en la misma dirección de las cadenas que realizan el tiro, ya que si se suelta por rotura o resbalamiento puede ocasionar un accidente grave.
- Como norma, no situarse nunca dentro del habitáculo cuando se estén realizando los tiros de enderezamiento.
- Utilizar guantes de cuero y calzado adecuado.
- Evitar que las cadenas rocen con aristas pronunciadas o aristas cortantes.
- Si se realizan reparaciones sin haber desmontado parte de la mecánica, o se tiene que trabajar cerca del tapizado del habitáculo, proteger estas zonas adecuadamente.
- Muchos de los útiles que se tienen que utilizar tienen un peso considerable y, en ocasiones, dependiendo del modelo de bancada, del vehículo a reparar o de ambas cosas, las posiciones del operario resultan inadecuadas, pudiendo provocar lesiones si no se realizan correctamente. Para evitar estos accidentes, que muchas veces son irreversibles, recordar la forma correcta de levantar peso sin forzar posturas del cuerpo.

© Ediciones Paraninfo

Figura 12.31. Trabajar siempre utilizando los medios más adecuados.

- Comprobar con frecuencia las dimensiones de la reparación para evitar pasarse de las cotas establecidas.
- Iniciar los tiros de tracción lentamente, observando los movimientos que se producen en la estructura y en las cadenas.
- Utilizar gafas de seguridad cuando se manipule con el martillo la cuña de bloqueo.

12.7.1. Símbolos de seguridad en los útiles de enderezado

En ocasiones, en el equipamiento y en los manuales descriptivos de las bancadas, además de los rótulos de seguridad, aparecen una serie de símbolos con el objeto de recordar los riesgos inherentes a la realización de determinados trabajos o impedir el uso incorrecto del equipo.

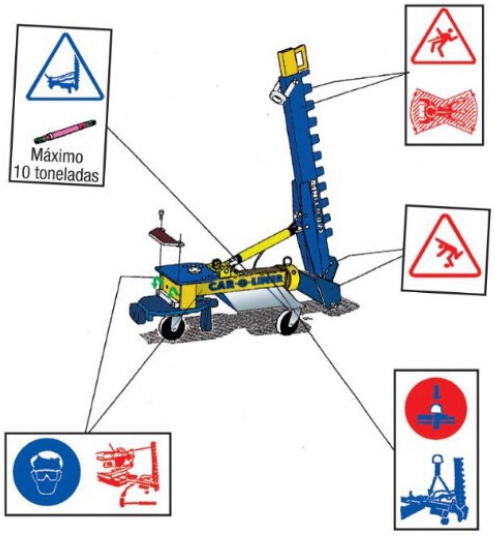


Figura 12.32. Símbolos de seguridad de la escuadra de tiro.

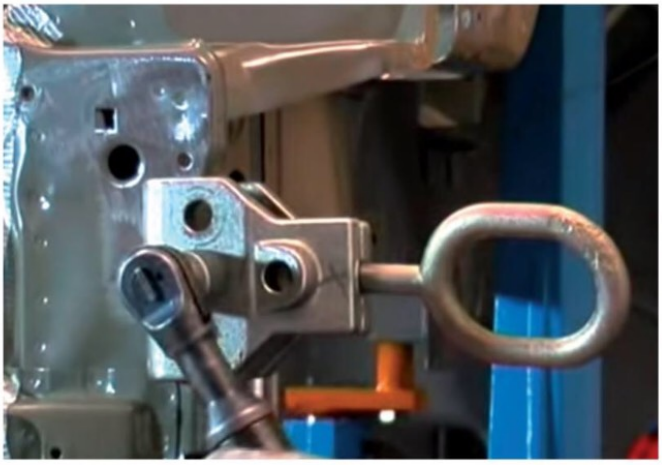


Figura 12.33. Sujetar correctamente las mordazas.

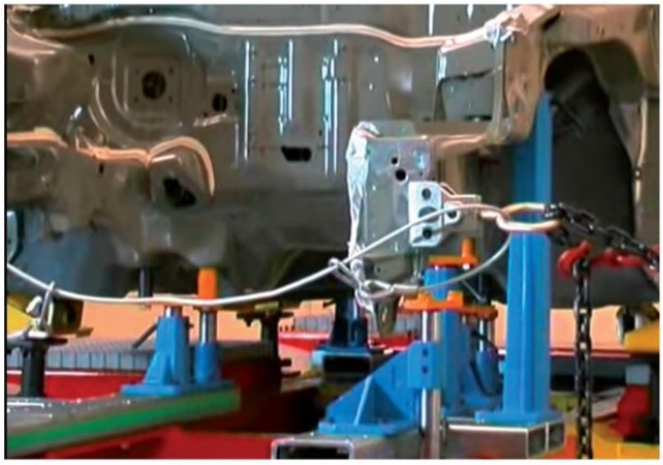


Figura 12.34. Colocar siempre cable de seguridad.

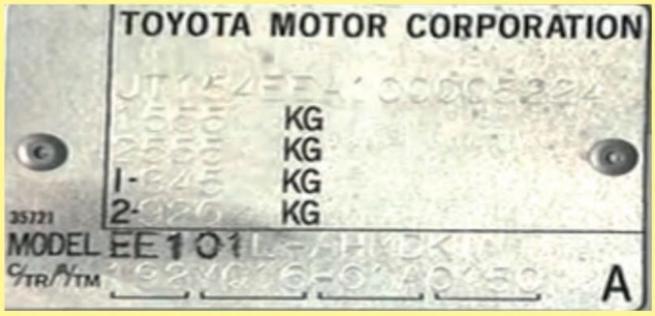
© Ediciones Paraninfo

Los símbolos más usuales son:

	Utilizar gafas de seguridad cuando se golpee sobre la cuña de bloqueo.
	Asegurarse de que los pernos de seguridad están colocados correctamente.
Máximo 10 toneladas	Equipo de tracción preparado para un cilindro de 10 toneladas de potencia máxima.
	Prestar atención a la posible proyección de objetos durante los trabajos de enderezamiento. No situarse detrás o cerca del enderezador por tracción durante una operación de enderezado.
	Tener precaución para no tropezar con las mangueras de conexión.

© Ediciones Paraninfo

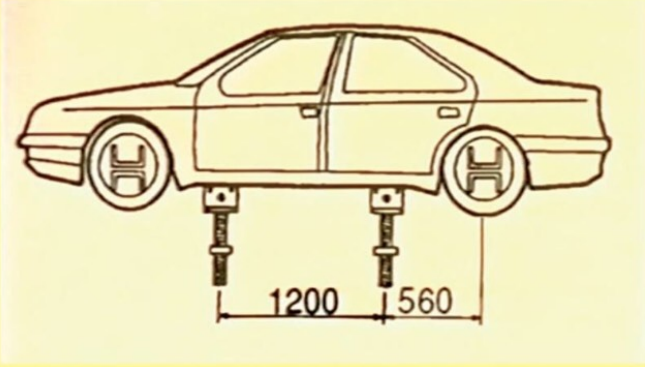
12.8. Sujeción del vehículo en la bancada



Se iniciará la reparación localizando y anotando los datos de la placa identificativa del vehículo.

En el índice de las fichas técnicas que proporciona el fabricante de la bancada, localizar el vehículo y anotar el número de la ficha técnica que corresponda.

Localizadas las fichas, es conveniente introducirlas en una funda de plástico y, con unos imanes o cinta adhesiva, sujetarla en la carrocería del vehículo o en otro sitio donde siempre esté al alcance del operario para su consulta rápida.



La primera información que se necesita es la distancia a la que se deben colocar las mordazas de sujeción, ya que para realizar tiros de tracción es indispensable que el vehículo esté fuertemente sujeto sobre la bancada.

La sujeción de las mordazas de agarre se realiza en zonas resistentes indicadas en las fichas técnicas, normalmente en las pestañas de los estribos. Aunque dependiendo de la bancada, también se pueden anclar utilizando unos útiles que sirven a la vez de soporte y de control de las cotas, tanto con mecánica montada como desmontada.

© Ediciones Paraninfo

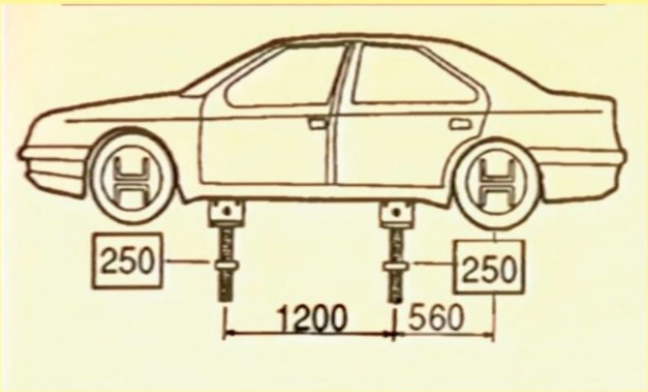
Partiendo del centro del eje trasero del vehículo, marcar con una tiza o un trozo de cinta de enmascarar la distancia a la que se debe sujetar la primera mordaza. A continuación y partiendo de la última marca, tal y como indica la ficha del ejemplo, marcar la distancia a la que debe sujetarse la segunda mordaza.

Realizar esta operación en ambos lados del vehículo.

Una vez marcada la posición de las mordazas, limpiar la zona donde han de ir ancladas.

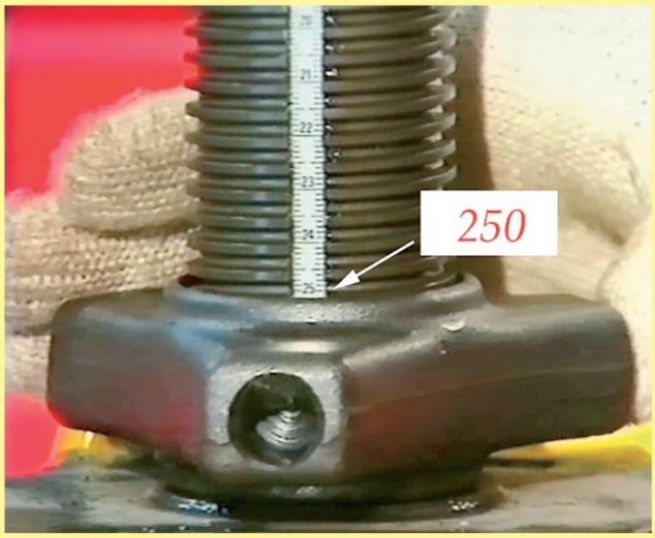
Montar los brazos que sujetan las mordazas en la bancada y posicionarlas a la medida indicada en la ficha.

En algunos modelos de bancadas las mordazas guardan posición de lado (izquierda/derecha). En tal caso, vendrá indicado en la ficha técnica.



Volver a mirar la ficha y comprobar la altura a la que deben estar las mordazas. En este caso a 250 mm.

© Ediciones Paraninfo



La medida viene indicada normalmente en una escala graduada en milímetros que tiene el brazo de sujeción de las mordazas. El punto de referencia para su medida suele ser la parte superior de la tuerca de bloqueo del brazo.

De nuevo revisar la ficha y comprobar la medida de anchura a la que deben estar los brazos.

En el ejemplo son 660 mm, que se conseguirá desplazando el brazo sobre el soporte hasta la medida indicada.

© Ediciones Paraninfo

Una vez colocados los soportes de amarre a las medidas indicadas en las fichas, abrir totalmente las mordazas y subir el vehículo a la bancada utilizando los medios de que se disponga.

Caballete fijo.

Caballete con ruedas.

Elevador fijo o móvil.

Pantógrafo con ayuda de plataforma, etc.

© Ediciones Paraninfo

Las marcas realizadas anteriormente en el vehículo deben coincidir con el centro de las mordazas.

Apretar las mordazas.

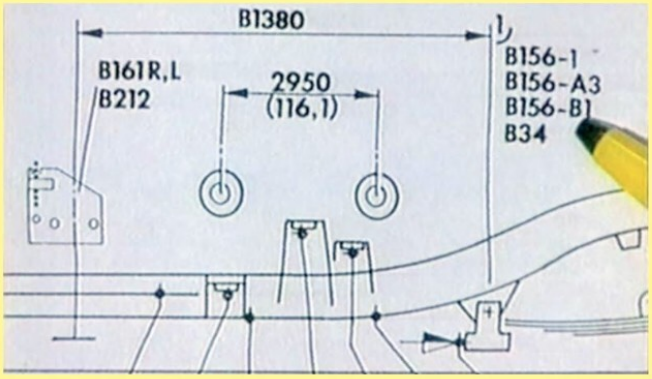
Las mordazas pueden tener distintas formas o aprietes, en función del fabricante de la bancada.

Con dobles mordazas.

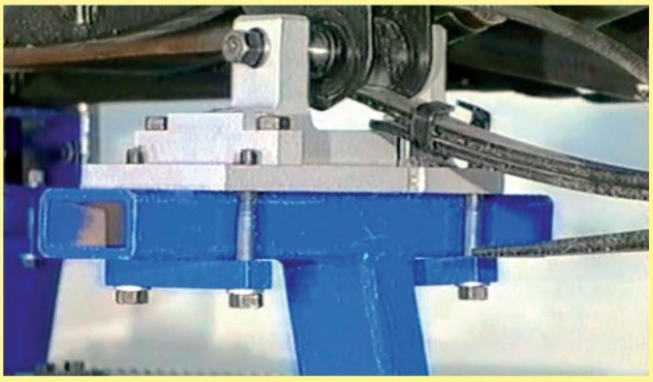
Con soportes que son, a la vez, puntos de amarre y de control de cotas, utilizándose las mordazas solo para sujetar mejor la carrocería a la hora de realizar los tiros de enderezados, para que no se produzcan deformaciones en los puntos de control/amarre.

© Ediciones Paraninfo

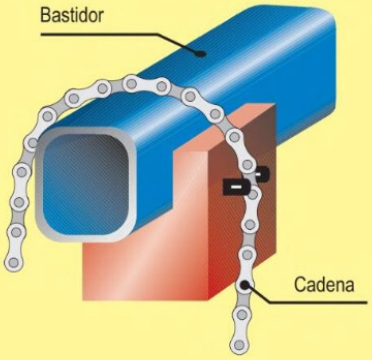
12.8.1. Sujeción de vehículos con bastidor y carrocería



En los vehículos con bastidor y carrocería separada, la sujeción a la bancada no se puede realizar en las pestañas de los estribos. En estos vehículos el amarre suele hacerse con útiles distintos. Como en los demás casos, vienen indicados en la ficha técnica de la bancada.



En el ejemplo de la foto, la sujeción en la parte trasera se realiza en uno de los soportes de la suspensión con los útiles y suplementos indicados en la ficha.



A la medida indicada en la ficha (1380 mm) se monta un útil que, a través de una cadena, abraza el bastidor sujetándolo fuertemente.

De esta forma se suple la carencia de pestaña en los estribos.

Dependiendo del vehículo, el fabricante tiene diseñada la mejor forma de sujeción. Así pues, es muy importante no adoptar métodos de sujeción sin consultar con las fichas técnicas y, en caso de su ausencia, consultar con el fabricante de la bancada para evitar posibles deformaciones no deseadas.

Al bordear el bastidor con la cadena, asegurarse de que no ha pinzado ningún cable eléctrico o tubería.

© Ediciones Paraninfo

12.8.2. Vehículos con dificultades en el amarre a la bancada

La reparación estructural de la carrocería implica la utilización de grandes fuerzas, por lo que el vehículo debe anclarse fuertemente a la bancada. Como ya se ha indicado anteriormente, las pestañas inferiores de los estribos son los apoyos más utilizados en las carrocerías autoportantes.

Estos puntos de sujeción son de total fiabilidad cuando se realizan tiros longitudinales, tanto hacia adelante como hacia atrás. Pero si se necesita aplicar tiros de tracción laterales o verticales con grandes fuerzas, se corre el riesgo de que los agarres instalados no sean suficientes para garantizar que no se produzcan daños en zonas que no estaban deformadas.

Por otro lado, si la deformación de la carrocería se ha producido en la zona donde se ha de amarrar una pinza, la reparación debe de iniciarse por esta zona, hasta conseguir que se sitúe en sus cotas originales y la mordaza de agarre se pueda anclar correctamente.

A continuación, se exponen distintos ejemplos que se pueden presentar en el proceso de anclar el vehículo a la bancada, proponiendo distintas soluciones para cada caso. No obstante, pueden presentarse deformaciones distintas a los ejemplos que se presentan, que requieran aplicar la fusión de los distintos métodos presentados.

En el ejemplo de la Figura 12.35, el vehículo se puede agarrar por tres mordazas, la cuarta mordaza no se puede anclar porque la zona está deformada como consecuencia de la colisión.

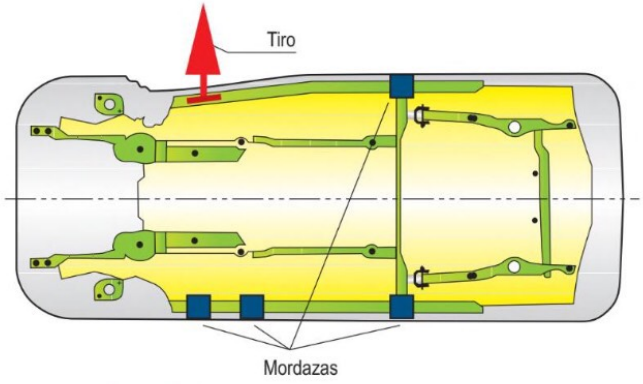


Figura 12.35. Carrocería anclada con tres mordazas en un lado.

En este caso, si la deformación no es muy pronunciada, sería suficiente con utilizar otro amarre en el lado opuesto y realizar los primeros tiros con el fin de llevar a su cota original la zona del cuarto punto de anclaje y así amarrar correctamente la carrocería para seguir reparando el resto de la deformación.

Si la deformación es tan pronunciada que ha afectado al larguero delantero izquierdo, pero sin afectar ningún punto del lado opuesto (Figura 12.36), no es suficiente con poner más puntos de anclaje en el lado no deformado, como en el caso anterior.

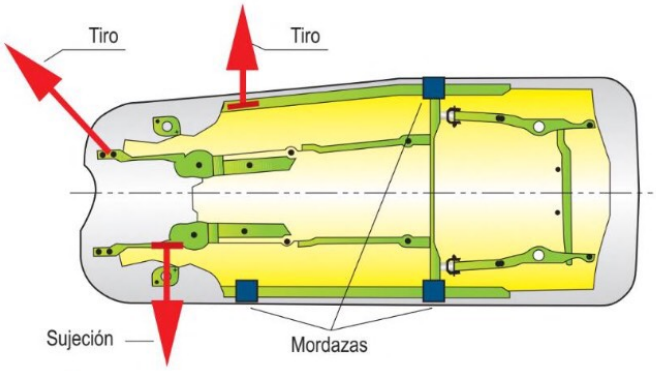


Figura 12.36. Carrocería anclada con tres mordazas y cadena de sujeción.

En este caso es necesario sujetar el vehículo en el lateral no deformado con las dos mordazas que se pueden anclar correctamente y, a continuación, montar una cadena de sujeción en el larguero derecho, en una zona un poco más elevada que las mordazas de agarre, para evitar que se pueda desplazar cuando se realicen los tiros de tracción en el lado opuesto.

En el ejemplo de la Figura 12.37, la deformación alcanza todo el lateral y el lado opuesto tiene afectados los extremos delanteros y traseros, pero se puede anclar correctamente en la zona central, por las dos mordazas de anclaje.

En este tipo de deformación no es suficiente con sujetar lateralmente el vehículo, puesto que está deformado. La solución consistirá en realizar distintos tiros simultáneos, hasta llevar la zona central a las cotas en las que se pueden amarrar correctamente las mordazas y dejar la carrocería bien anclada para continuar con el resto de la reparación.

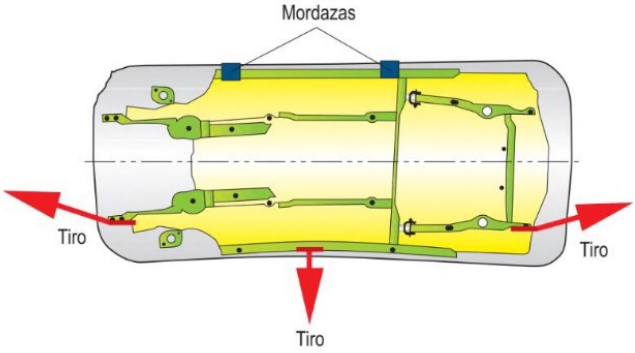


Figura 12.37. Carrocería anclada con dos mordazas y tres tiros a la vez.

© Ediciones Paraninfo

En el caso de que la carrocería se pueda anclar correctamente por sus cuatro mordazas y la deformación haya producido una variación en la altura del larguero, es aconsejable instalar un soporte adicional en la zona más cercana a la deformación que esté dentro de cotas para realizar tiros verticales, tanto hacia arriba como hacia abajo, sin el temor de provocar otras deformaciones (Figura 12.38).

Este amarre puede ser en ocasiones un gato adicional, para provocar esfuerzos hacia arriba.

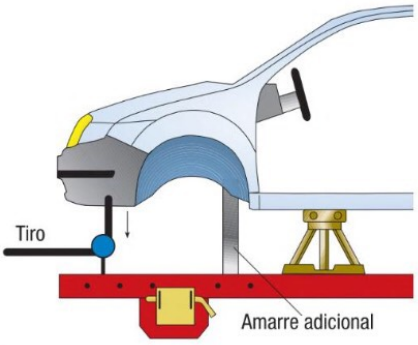
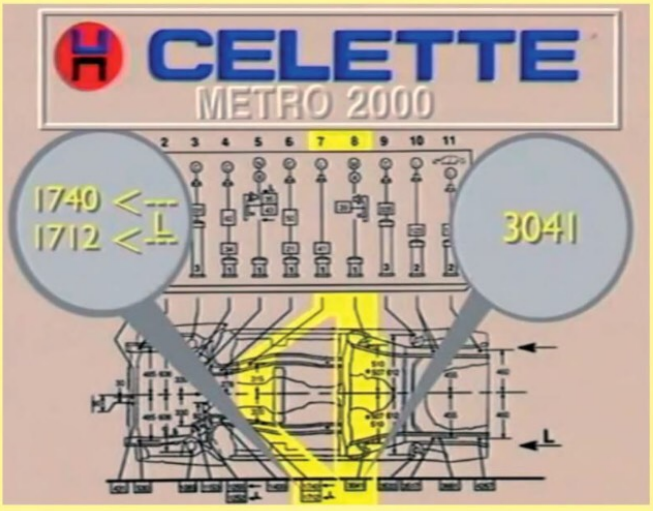


Figura 12.38. **Carrocería anclada con soporte adicional para realizar tiro hacia abajo.**

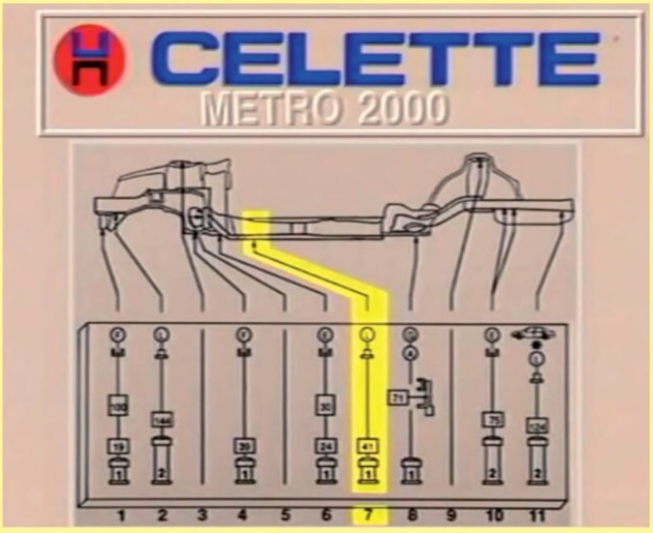
12.9. Montaje y centrado del sistema de medida



Instalar en la bancada el sistema de medida, salvo que sea un modelo que lo tenga instalado de forma permanente.

Con la ficha delante y observando los bajos del vehículo, elegir distintos puntos simétricos que no hayan sufrido daños en la colisión, para centrar el equipo de medida respecto del vehículo.

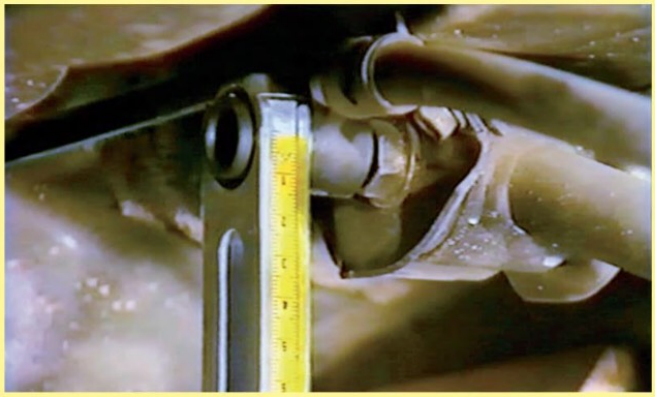
Es recomendable un mínimo de tres o cuatro puntos lo más alejados posible unos de otros.



Sobre la ficha, elegir las torres, los distanciales y los terminales necesarios para comprobar los puntos elegidos.

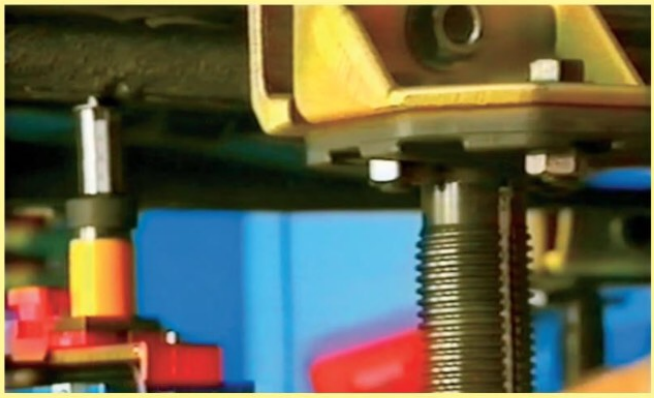
© Ediciones Paraninfo

Montar las torres en los puntos elegidos y comprobar las medidas de cada punto.

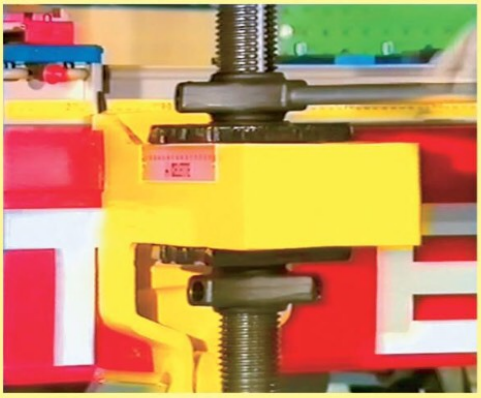


Si alguno de los puntos elegidos son tornillos de la suspensión, instalar los adaptadores adecuados.

Es muy importante cerciorarse de que los adaptadores y prolongadores son los indicados en la ficha. De lo contrario, las medidas serían incorrectas.



Una vez instaladas todas las torres de medida, si se comprueba que no tienen la cota de altura indicada en la ficha se pueden subir o bajar las mordazas (por tanto, el vehículo), girando la tuerca de bloqueo del brazo, hasta conseguir la medida indicada en la ficha.



Tras comprobar que las cotas son las correctas, inmovilizar los brazos apretando las tuercas de bloqueo.

La medidas de anchura y longitud deben coincidir con las indicadas en la ficha. En caso contrario, indicaría que ese o esos puntos también han sido afectados por la colisión.

© Ediciones Paraninfo

12.10. Selección de los puntos a controlar en la zona dañada

Centrado definitivamente el equipo de medida, seleccionar distintos puntos que a simple vista hayan sido afectados por la colisión.

Es importante revisar de nuevo el vehículo partiendo de la zona que ha sido controlada para el centrado del equipo de medida, observando la existencia de arrugas o pliegues, antes de decidirse por los puntos a controlar. En caso de dudas, comenzar controlando los puntos más cercanos a la zona utilizada para el centrado y avanzar hacia la zona que sí se ve que está afectada por el golpe.

En cada punto seleccionado comprobar la medida de altura, anchura y longitud y compararlo con las medidas indicadas en la ficha. Las variaciones existentes permitirán cuantificar la deformación y cómo se han de realizar los tiros para restablecer las cotas originales.

12.11. Planificación de los tiros de enderezado y comprobación de las cotas

Realizado el diagnóstico de la deformación, montar la escuadra de tiro en la zona elegida para iniciar la reparación.

© Ediciones Paraninfo

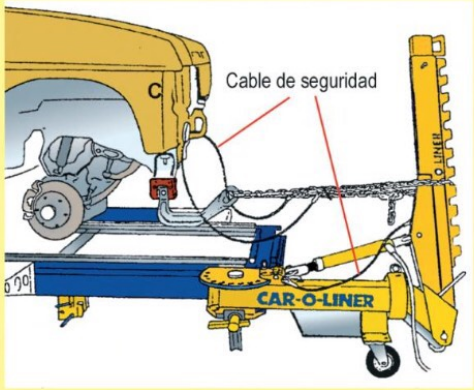
Sujetar la escuadra de tiro a la bancada de la forma indicada por el fabricante.

En muchos casos, para bloquear la escuadra se utiliza una cuña, la cual, una vez introducida, hay que golpearla para su bloqueo total. Estos golpes se han de dar con un mazo de cobre para evitar la deformación de la cuña.

El mazo de cobre puede proyectar pequeñas virutas al ser golpeado, por lo que es necesario utilizar gafas y guantes de protección.

Montar las mordazas de tiro en los puntos seleccionados para iniciar la reparación, observando cómo se desarrolla el enderezado de las arrugas y pliegues.

No realizar ningún tiro sin montar antes correctamente el cable de seguridad.



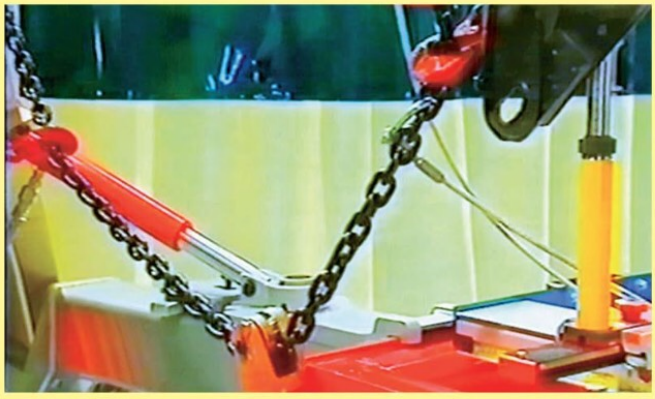
El cable de seguridad se ha de colocar tanto en la cadena que realiza el tiro, como entre el brazo de la escuadra y el cuerpo del enderezador, para impedir que el brazo se desplace excesivamente hacia atrás si se produce un deslizamiento de las mordazas de agarre o rotura de la cadena.

© Ediciones Paraninfo

Recordar que una vez realizado el tiro y antes de quitar la presión en la escuadra, es necesario dar unos golpes en la zona que se está enderezando para eliminar o disminuir las tensiones internas del material.

Después de cada tiro, aflojar la tensión de la escuadra y comprobar la evolución de la carrocería en los puntos de control.

Es mejor realizar diversos tiros e ir avanzando poco a poco, para evitar rebasar las medidas indicadas en la ficha.



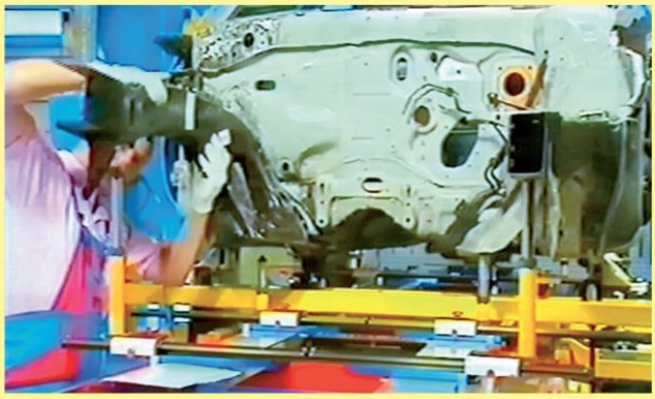
Los tiros, tal y como se indicó, se han de realizar en sentido contrario a la deformación, pero como la carrocería no se deforma por igual, debido a su configuración y refuerzos, a veces es necesario realizar tiros siguiendo direcciones diferentes para que la estructura recupere su forma original. De aquí la importancia de ir comprobando después de cada tiro la evolución de los puntos de control.

Utilizar siempre los útiles adecuados para cada tiro.

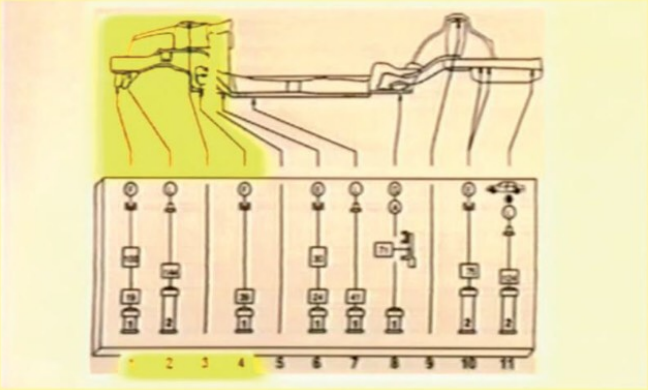
© Ediciones Paraninfo

Algunas zonas pueden presentar deformaciones que no sean reparables. En estos casos, una vez realizado un primer estiraje, para conseguir un enderezado previo, la reparación se realiza sustituyendo las piezas o con un cambio de sección parcial. En ambos casos, los cortes se han de realizar de acuerdo con el manual de reparación del fabricante del vehículo.

No obstante, es necesario comprobar siempre que la zona anterior a la zona afectada está dentro de las cotas establecidas en la ficha.



Una vez preparadas las piezas nuevas (en este ejemplo, larguero y pase de rueda derecho) para su anclaje, tal y como establece el manual de reparación, realizar un montaje previo para comprobar su correcta ubicación.

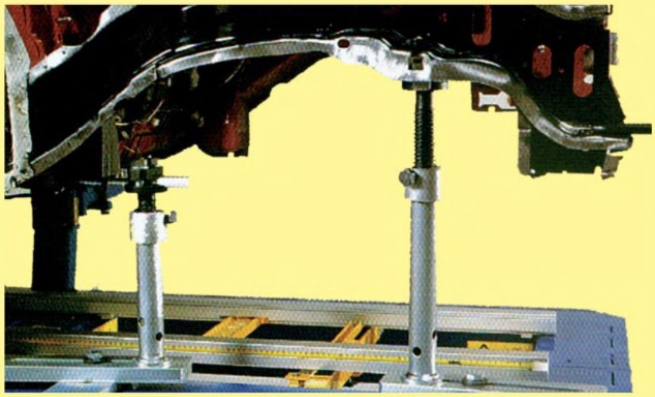


Acudir de nuevo a la ficha técnica y comprobar las torres que se tienen que instalar en el equipo de medida para que las nuevas piezas queden ancladas correctamente.

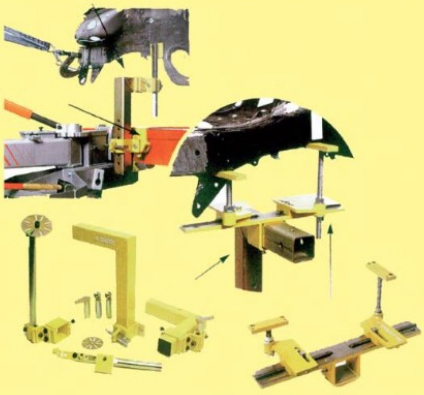
Montar de nuevo el larguero e inmovilizarlo con los útiles adecuados (brazo de anclaje, etc.), y comprobar de nuevo las cotas.

Es importante no proceder a la unión definitiva de las piezas cuando solo están sujetas por las torres de medición, ya que en el transcurso de la soldadura pueden producirse desviaciones.

© Ediciones Paraninfo



Cada fabricante de bancada tiene un juego de accesorios para inmovilizar las piezas en las cotas indicadas en la ficha mientras se realiza su unión.



Estos accesorios pueden combinarse entre sí para adaptarse a las necesidades de cada unión y vehículo.

Comprobado definitivamente que las cotas son las correctas y que todo está bien sujeto, proceder a la soldadura utilizando los medios adecuados según el fabricante del vehículo y las protecciones personales y ambientales necesarias.

No olvidar aplicar los tratamientos anticorrosivos necesarios en cada unión.

Terminada la unión de las piezas, retirar el brazo de anclaje y comprobar de nuevo todas las cotas.

La comprobación reiterada de las cotas garantiza que el proceso de reparación se está efectuando correctamente y, por tanto, la calidad del trabajo realizado.

Recordar siempre que “para después, puede ser tarde”.

Comprobar siempre las tres cotas: altura, anchura y longitud.

© Ediciones Paraninfo

Para verificar la parte superior del frontal también se puede utilizar el compás de simetría, con el que se pueden comprobar distintos puntos que han de ser equidistantes entre sí.

12.12. Montaje de los elementos de la carrocería que puedan servir de referencia para comprobar visualmente la correcta reparación del vehículo

Montar el capó y las aletas comprobando que la separación entre ambos es la adecuada y que la separación entre aleta y puerta también es la correcta (Figuras 12.39 y 12.40).

Si todas las verificaciones son positivas, el vehículo está listo para pasar al proceso de preparación para el pintado.

Figura 12.39. Montaje final de los elementos y verificación de la correcta reparación.

Figura 12.40. Montaje final de los elementos y verificación de la correcta reparación.

© Ediciones Paraninfo

CUESTIONES

12.1. ¿Qué diferencia fundamental hay entre las deformaciones simples y tridimensionales explicado en esta unidad?

12.2. Explica los conceptos de tensiones y sobretensiones.

12.3. Desarrolla los pasos necesarios para realizar el conformado de la carrocería.

12.4. En un tiro vectorial, ¿cuál es la inclinación máxima que debe haber entre el extremo de la cadena anclado y el punto de tiro?

12.5. Explica por qué dando unos golpes desaparecen las tensiones internas en las zonas que están sometidas a tiro.

12.6. Anota todos los pasos necesarios para planificar correctamente el conformado de la carrocería cuando se ha tenido una fuerte deformación como consecuencia de una colisión.

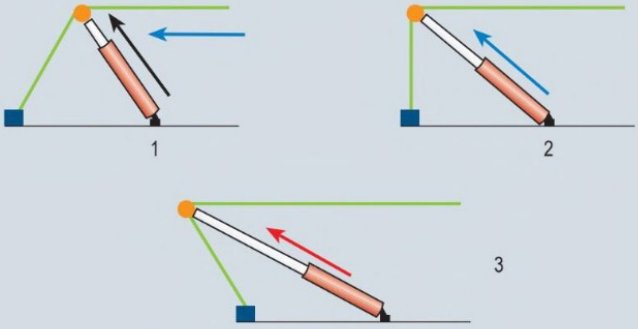
12.7. Indica cuál es el proceso adecuado para anclar una carrocería al bastidor, cuando solo se puede sujetar en un lateral, debido a que el lado opuesto tiene una gran deformación.

12.8. Indica un mínimo de cuatro medidas de seguridad en el proceso de enderezado de la carrocería.

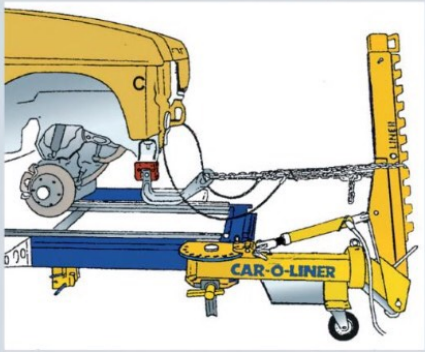
12.9. ¿Qué diferencia fundamental existe entre los vehículos autoportantes y con bastidor a la hora de anclarlos?

12.10. Una vez localizada la ficha del vehículo a reparar y para instalar y centrar el sistema de medida, ¿qué es lo primero que hay que hacer?

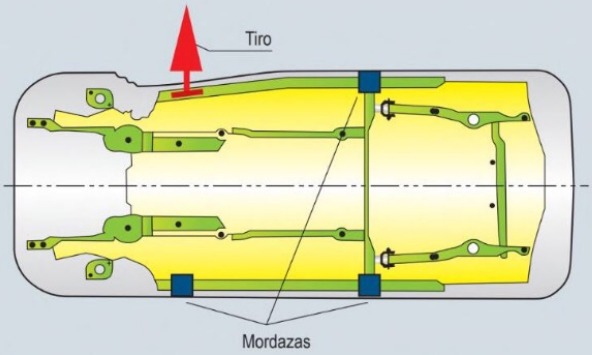
12.11. Indica cuál de las tres figuras siguientes está realizando un tiro incorrecto.



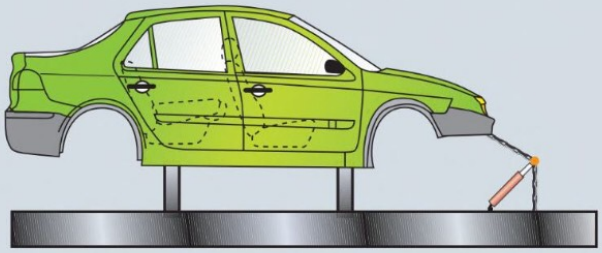
2.12. Indica qué fallo tiene este montaje para realizar un tiro.



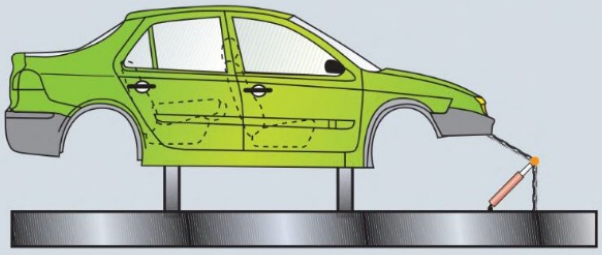
12.13. Sobre la carrocería que se muestra en la siguiente figura, se va a realizar un tiro muy fuerte, ¿tiene la figura algún error?



12.14. Sobre el vehículo que se muestra en la siguiente figura, indica cómo se realizaría un tiro frontal recto hacia delante, utilizando un gato y una cadena.



12.15. Sobre el vehículo que se muestra en la siguiente figura, indica cómo se realizaría un tiro frontal hacia adelante y hacia abajo, utilizando un gato y una cadena.



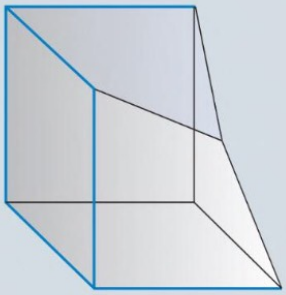
© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

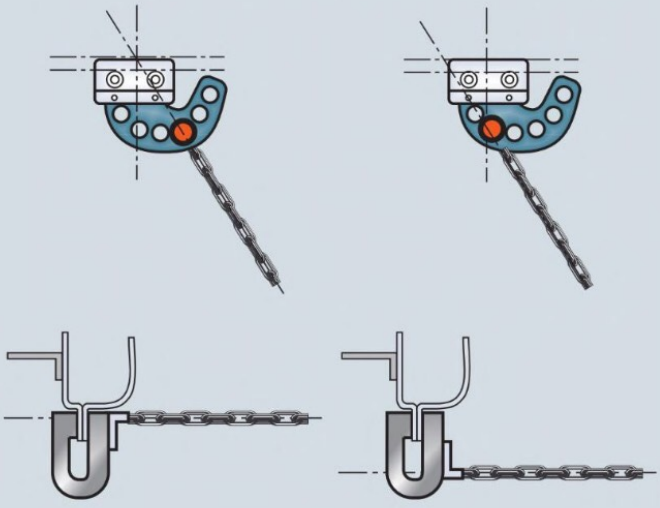
Tiros de tracción y proceso de reparación con bancada

ACTIVIDADES PROPUESTAS

12.1. Dibuja la dirección y sentido de las fuerzas de tracción necesarias para conformar la deformación del dibujo.



12.2. ¿Cuál es el tiro correcto en los siguientes dibujos?

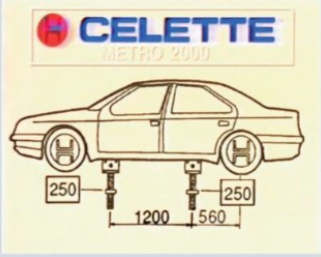


12.3. Un vehículo ha sufrido una colisión frontal contra un árbol cuando circulaba a gran velocidad. Realiza el proceso completo de la reparación, desde su prediagnóstico hasta su total reparación, anotando las partes deformadas, los útiles necesarios, localización de la ficha técnica, los tiros, etcétera.

12.4. Anota qué indican estos símbolos.

Máximo 10 toneladas

12.5. ¿Qué está indicando el siguiente esquema?



© Ediciones Paraninfo

Reformas de importancia en los vehículos

Unidad 13

CONTENIDOS

Introducción

13.1 Clasificación de los vehículos y definiciones de conceptos utilizados en las reformas de los vehículos

13.2 Tarjeta de inspección técnica del vehículo (ITV)

13.3 La inspección técnica de vehículos

13.4 Tipos de reformas de importancia

13.5 Procedimiento para realizar reformas de importancia

13.6 Manual sobre reformas de importancia de vehículos de carretera

13.7 Ejemplo de descripción de una reforma tipificada, su codificación y la documentación precisa para su tramitación

Cuestiones

Actividades propuestas

OBJETIVOS

- Conocer la normativa relacionada con las reformas de importancia en los vehículos.
- Aprender a interpretar el contenido de la normativa.
- Saber el proceso adecuado para gestionar una propuesta de modificación de las características originales del vehículo.
- Obtener la suficiente información como para asesorar una propuesta de reforma.

Introducción

Todos los vehículos deben de cumplir las normativas establecidas por las administraciones, inclusive antes de estar matriculados, con ello se consigue una mayor seguridad para los ocupantes y viandantes así como una eficiencia mínima en relación al tipo de vehículo, entre otros, ser respetuoso con el medio ambiente, tema cada vez más preocupante y donde se están dando avances considerables en este sector.

Sin embargo, suele ser cada vez más habitual que una vez fabricado en serie el vehículo, sea necesario realizar distintas adaptaciones, bien por necesidad, como puede ser el caso de las adaptaciones para personas minusválidas, o bien para personalizar nuestro vehículo, que puede ser desde poner un alerón hasta modificar totalmente la suspensión (Figura 13.1) o el motor (*tuning*). Las reformas necesarias para realizar las adaptaciones puestas como ejemplos anteriormente pueden variar las características originales del vehículo y, por tanto, deben de realizarse con total seguridad y garantía.

Los profesionales del sector de automoción deben de conocer esta reglamentación y asesorar a todas las personas que quieran realizar estas modificaciones.

Figura 13.1. **Vehículo con reforma de importancia.**

En el estado español, estas reformas están reguladas en el Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, y las revisiones realizadas en marzo del 2012 y junio del 2014, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos, unificando criterios de la legislación española en la materia y la emitida por la Unión Europea.

Asimismo, establece la documentación que se debe presentar ante los órganos de la Administración competente en materia de inspección técnica de vehículos, la tramitación y los requisitos específicos exigibles. Todos estos contenidos están recogidos en el Manual de reformas de vehículos.

Se entiende por reforma de importancia a toda modificación o sustitución efectuada en un vehículo, previa o no a su matriculación, y que, no estando incluida en su homologación de tipo, o bien cambia alguna de las características indicadas en la tarjeta Inspección Técnica del Vehículo (ITV), o es susceptible de alterar las características fundamentales y/o las condiciones de seguridad reglamentariamente definidas.

Existen dos tipos de reformas importantes:

- **Reforma de importancia individualizada:** que se refiere a toda modificación o sustitución efectuada en *un vehículo* que no está incluida en su homologación, o bien cambia alguna de las características indicadas en la tarjeta ITV.
- **Reforma de importancia generalizada:** son las reformas de importancia que han de realizarse *en más de un vehículo de un mismo tipo*.

Las reformas más comunes suelen ser: instalaciones de grúas, cambio de neumáticos, vehículos vivienda, vehículos basculantes, *tuning*, ganchos para remolques, adaptaciones para minusválidos, etcétera.

En el caso de vehículos preparados para *rally*, el vehículo deberá presentarse a la inspección técnica a fin de modificar la tarjeta ITV. En dicha tarjeta se indicará: «Este vehículo está preparado para *rally* y no cumple totalmente las exigencias del Código de la Circulación. Solo puede ser conducido por un conductor provisto del correspondiente permiso de competición».

Los vehículos adaptados para *rally* que no tengan montados los silenciosos de los tubos de escape y las placas de matrícula reglamentarias no podrán circular por las vías públicas fuera de competición.

Otro aspecto importante necesario para asesorar a las personas interesadas en realizar estas reformas, es la realización de un presupuesto previo. La forma de confeccionar este presupuesto es similar a la desarrollada en la Unidad 11, basado en la valoración del material y las horas necesarias para desarrollar la modificación, donde solo habría que sumarle los costes administrativos de gestión, los distintos informes y los certificados necesarios.

13.1. Clasificación de los vehículos y definiciones de conceptos utilizados en las reformas de los vehículos

Con el fin de familiarizarse y comprender mejor los documentos relacionados con la reformas de los vehículos, es necesario conocer la siguiente clasificación de los vehículos y conceptos.

© Ediciones Paraninfo

- **Categoría M:** vehículos a motor destinados al transporte de personas y que tengan por lo menos cuatro ruedas o tres ruedas y un peso máximo superior a una tonelada.
- **Categoría M1:** vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, ocho plazas sentadas como máximo.
- **Categoría M2:** vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, más de ocho plazas sentadas y que tengan un peso máximo que no supere las cinco toneladas.
- **Categoría M3:** vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, más de ocho plazas sentadas y que tengan un peso máximo que supere las cinco toneladas.
- **Categoría N:** vehículos a motor destinados al transporte de mercancías y que tengan por lo menos cuatro ruedas, o tres ruedas y un peso máximo superior a una tonelada.
- **Categoría N1:** vehículos destinados al transporte de mercancías con un peso máximo inferior a las 3,5 toneladas.
- **Categoría N2:** vehículos destinados al transporte de mercancías con un peso máximo superior a 3,5 toneladas pero inferior a 12 toneladas.
- **Categoría N3:** vehículos destinados al transporte de mercancías con un peso máximo superior a 12 toneladas.
- **Categoría O:** remolques (incluidos los semirremolques).
- **Categoría O1**: remolques cuyo peso máximo sea inferior a 0,75 toneladas.
- **Categoría O2:** remolque con un peso máximo superior a 0,75 toneladas pero inferior a 3,5 toneladas (Figura 13.2).

Figura 13.2. Camión con remolque.

- **Categoría O3:** remolques con un peso máximo superior a 3,5 toneladas pero inferior a 10 toneladas.
- **Categoría O4:** remolques con un peso máximo superior a 10 toneladas.
- **Bastidor:** la estructura compuesta por largueros y travesaños que forma un conjunto resistente independiente de la carrocería sobre la que se fijan de algún modo los sistemas, conjuntos o mecanismos de propulsión, dirección, suspensión, frenado y demás elementos esenciales del vehículo, así como la carrocería y otros elementos auxiliares.
- **Estructura autoportante:** conjunto resistente de la carrocería sobre el que se fijan de algún modo los sistemas, conjuntos o mecanismos de propulsión, dirección, suspensión, frenado y demás elementos esenciales del vehículo, así como los auxiliares.
- **Número de bastidor:** conjunto de signos grabados o marcados a troquel por el fabricante o por el órgano competente de la Administración Pública, sobre el bastidor o sobre la estructura autoportante, que identifica al vehículo.
- **Motor del mismo tipo:** motor en el que, además de la marca, coincidan las características esenciales que definen un mismo tipo de motor según lo establecido en los diferentes anexos del Real Decreto 2140/1985, de 9 de octubre, para cada una de las categorías de vehículos.
- **Homologación de tipo, tipo de vehículo, variante:** la establecida en el Real Decreto 2140/1985, de 9 de octubre y la Orden IET/2556/2014, de 26 de diciembre, por la que se actualizan los anexos I y II d por los que se dictan normas de homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos.
- **Reforma de importancia individualizada:** es toda modificación o sustitución efectuada en un vehículo, previa o no a su matriculación, y que, no estando incluida en su homologación de tipo, o bien cambia alguna de las características indicadas en la tarjeta ITV del mismo, o es susceptible de alterar las características fundamentales y/o las condiciones de seguridad reglamentariamente definidas.
- **Reforma de importancia generalizada:** reforma de importancia que ha de realizarse en más de un vehículo de un mismo tipo.

13.2. Tarjeta de inspección técnica del vehículo (ITV)

Es un documento que acredita la identidad del vehículo y que está homologado para circular por las carreteras de nuestro país, además, recoge la información técnica del vehículo, inspecciones técnicas realizadas e información sobre su homologación. Se puede considerar como las escrituras del coche, es única, independientemente de los dueños que tenga el vehículo.

La tarjeta de inspección técnica de vehículos está regulada por el Real Decreto 750/2010, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.

© Ediciones Paraninfo

En el interior (Figura 13.3) y en la parte superior de la tarjeta técnica se encuentra el número de identificación o número de bastidor del vehículo, su clasificación (turismo, camión, autobús...), matrícula, número de certificado del fabricante del vehículo y otros datos técnicos del vehículo, como la potencia, el peso, la capacidad, etcétera.

Figura 13.3. Interior tarjeta ITV.

En la parte inferior se encuentra la información relativa a la homologación del vehículo. Cuando un nuevo vehículo se va a poner en circulación, su fabricante debe homologar un «ejemplar o tipo» del mismo en el Ministerio de Industria, es decir, que el vehículo tiene que superar una serie de pruebas en un laboratorio acreditado por Industria que verifiquen que cumple las distintas normativas del país. Al superar las pruebas, al fabricante le asignan una **contraseña de homologación** que será válida para todos los vehículos de su marca y tipo que se vendan en España.

Esta homologación «tipo» no es necesaria en casos como:

- Series de un modelo inferiores a 50 unidades.
- Réplicas de coches antiguos.
- Prototipos o preseries en fase de desarrollo, y casos similares.

La estructura de la contraseña de homologación es la siguiente:

Por ejemplo, en la contraseña e9*93/81*0023*00.

e	significa Unión Europea.
9	identifica el país de homologación: 1 Alemania, 2 Francia, 3 Italia, 4 Países Bajos, 5 Suecia, 6 Bélgica, 9 España, 11 Reino Unido, 12 Austria, 13 Luxemburgo, 17 Finlandia, 18 Dinamarca, 21 Portugal, 23 Grecia, 24 Irlanda.
93/81	directiva de aplicación.
0023	número de homologación.
00	número de modificación o de revisión de homologación inicial.

La parte trasera de la tarjeta ITV (Figura 13.4) refleja las inspecciones técnicas por las que ha pasado el vehículo.

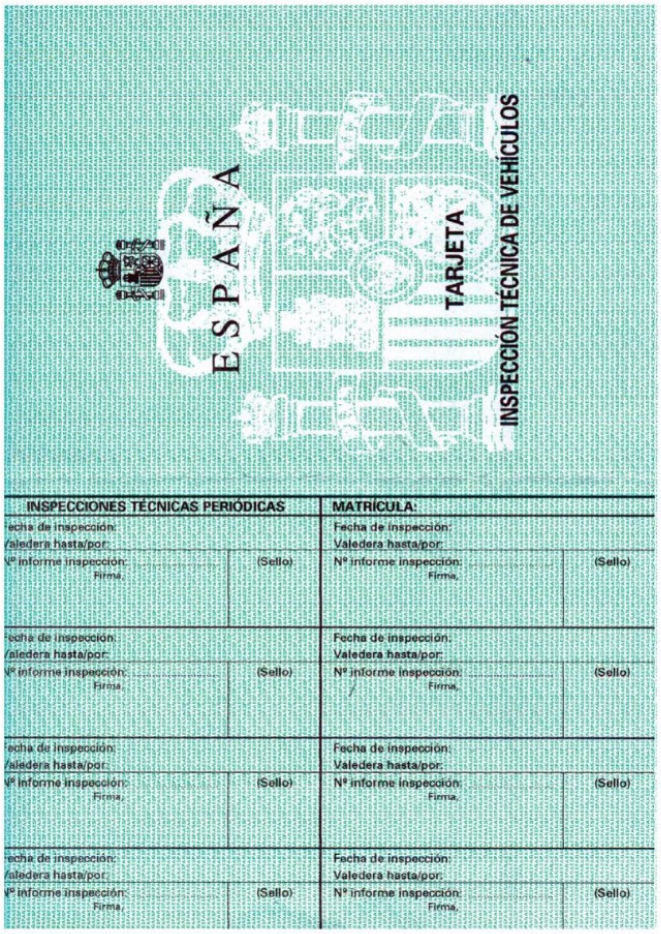


Figura 13.4. Exterior tarjeta ITV.

© Ediciones Paraninfo

El titular de un vehículo que haya sufrido una reforma de importancia está obligado a presentar el vehículo a Inspección Técnica, en el plazo máximo de una semana después de la realización de la misma, aportando el certificado de ejecución de obra, según se exija para cada caso.

Si el resultado de la inspección prevista fuera favorable, el órgano de la Administración competente en materia de industria diligenciará la tarjeta ITV o, en su caso, expedirá una nueva, informando a la Jefatura Provincial de Tráfico correspondiente.

Si en la inspección se apreciaran deficiencias subsanables, se dará un plazo de tiempo para subsanarlo y, una vez corregidas, se presentará de nuevo a inspección. Si del resultado de la inspección se apreciase que la reforma efectuada ha sido realizada defectuosamente, en tal grado que la utilización del vehículo constituyese un peligro, sea para sus ocupantes o para los demás usuarios de la vía pública, se retendrá la tarjeta ITV y se expedirá certificación negativa.

13.3. La inspección técnica de vehículos

Es el mecanismo de inspección realizado por la Administración para verificar las condiciones técnicas de los vehículos matriculados. Estas inspecciones técnicas se efectúan en unas instalaciones específicas denominadas Estaciones de Inspección Técnica del Vehículo (ITV), que son gestionadas por las comunidades autónomas. Las ITV están reguladas a nivel estatal por el RD 224/2008.

La estación ITV debe garantizar que los vehículos sometidos a inspección son correctamente identificados comprobando la coincidencia del vehículo con su documentación y en especial la matrícula, número de bastidor, marca y modelo.

13.3.1. La ITV previa a la matriculación

Todo vehículo de motor, sus remolques y semirremolques que vayan a ser matriculados deben corresponder a los tipos previamente homologados en España o en un país de la Unión Europea o del Espacio Económico Europeo.

La homologación es el procedimiento por el que la Administración certifica que un elemento de un vehículo, o un vehículo en su totalidad se ajusta a lo exigido por las prescripciones técnicas respectivas y cumpla básicamente:

- Garantizar niveles de seguridad vial activa y pasiva.
- Garantizar una adecuada protección medioambiental.

Si el fabricante obtiene la homologación de un tipo de vehículo determinado, quedará autorizado para expedir una tarjeta ITV por cada unidad que fabrique; dicha tarjeta ITV se denomina certificado de características técnicas si se refiere a un ciclomotor.

Existen determinados vehículos que no se encuentran homologados total o parcialmente por la Administración competente, por lo que deberán superar una inspección con carácter previo a su matriculación, como son los vehículos:

- Que corresponden a tipos homologados incompletos.
- No homologados.
- Matriculados anteriormente en otro país.
- Usados procedentes de subastas oficiales realizadas en España.
- Nuevos adquiridos directamente en otro país.
- Que se quieren catalogar como «vehículos históricos».

13.3.2. Las ITV periódicas

Como norma general, todos los vehículos matriculados o puestos en circulación deberán someterse a inspección técnica con la periodicidad, requisitos y excepciones que se establecen en la reglamentación vigente. De esta norma, están exentos de someterse a inspección periódica:

- Los motocultores agrícolas y máquinas equiparadas.
- Los vehículos especiales destinados a obras y servicios y maquinaria autopropulsada, cuya velocidad por construcción sea menor de 25 km/h.

El Real Decreto 711/2006 establece el régimen de inspección técnica de vehículos incluyendo los ciclomotores, vehículos de tres ruedas y cuadriciclos, asignándoles frecuencias de inspección.

La inspección técnica periódica de los vehículos, que dependerá del tipo de vehículo y de su antigüedad, se hará con la siguiente frecuencia:

Motocicletas, vehículos de tres ruedas, cuadriciclos, *quads,* ciclomotores de tres ruedas y cuadriciclos ligeros.	
Exento	Bienal
Hasta cuatro años	De más de cuatro años

Ciclomotores de dos ruedas.	
Exento	Bienal
Hasta tres años	De más de tres años

© Ediciones Paraninfo

Vehículos de uso privado dedicados al transporte de personas, excluidos los que figuran en los epígrafes a) y b), con capacidad de hasta nueve plazas, incluido el conductor, autocaravanas y vehículos vivienda.		
Exento	Bienal	Anual
Hasta cuatro años	De más de cuatro años	De más de diez años

Ambulancias y vehículos de servicio público dedicados al transporte de personas, incluido el transporte escolar, con o sin aparato taxímetro, con capacidad de hasta nueve plazas, incluido el conductor.	
Anual	Semestral
Hasta cinco años	De más de cinco años

Vehículos de servicio de alquiler con o sin conductor y de escuela de conductores, dedicados al transporte de personas con capacidad de hasta nueve plazas, incluido el conductor, incluyendo las motocicletas, vehículos de tres ruedas, cuadriciclos, *quads*, ciclomotores y cuadriciclos ligeros.		
Exento	Anual	Semestral
Hasta dos años	De dos a cinco años	De más de cinco años

Vehículos dedicados al transporte de personas, incluido el transporte escolar y de menores, con capacidad para diez o más plazas, incluido el conductor.	
Anual	Semestral
Hasta cinco años	De más de cinco años

Vehículos y conjuntos de vehículos dedicados al transporte de mercancías o cosas, de MMA ≤ 3,5 Tm (masa máxima autorizada menor o igual a 3,5 Tm).			
Exento	Bienal	Anual	Semestral
Hasta dos años	De dos a seis años	De seis a diez años	De más de diez años

Vehículos dedicados al transporte de mercancías o cosas de MMA > 3,5 Tm.	
Anual	Semestral
Hasta diez años	De más de diez años

Caravanas remolcadas de MMA > 750 kg.	
Exento	Bienal
Hasta seis años	De más de seis años

Tractores agrícolas, maquinaria agrícola autopropulsada, remolques agrícolas y otros vehículos agrícolas especiales, excepto motocultores y máquinas equiparadas.		
Exento	Bienal	Anual
Hasta ocho años	De ocho a dieciséis años	De más de dieciséis años

Vehículos especiales destinados a obras y servicios y maquinaria autopropulsada, con exclusión de aquellos cuya velocidad por construcción sea menor de 25 km/h.		
Exento	Bienal	Anual
Hasta cuatro años	De cuatro a diez años	De más de diez años

© Ediciones Paraninfo

Estaciones transformadoras móviles y vehículos adaptados para la maquinaria de circo o ferias recreativas ambulantes.		
Exento	Bienal	Anual
Hasta cuatro años	De cuatro a seis años	De más de seis años

Los vehículos catalogados como históricos se someterán a inspecciones periódicas en las condiciones que señale el órgano competente de la comunidad autónoma donde resida el propietario, exceptuando los vehículos de colección, que se someterán a inspección técnica periódica según las frecuencias que le correspondan según el tipo de vehículo y la antigüedad.

La antigüedad del vehículo deberá ser computada a partir de la fecha de matriculación que conste en el permiso de circulación.

En el caso de vehículos ya matriculados con anterioridad, tanto en territorio nacional como en el extranjero, la antigüedad del vehículo deberá ser computada a partir de la fecha de primera matriculación o puesta en servicio que conste en el permiso de circulación del vehículo o documento equivalente.

En el caso de vehículos mixtos, la frecuencia de inspección aplicable será la más restrictiva entre los correspondientes al transporte de personas o mercancías aplicable al vehículo de que se trate.

Para que un vehículo quede exento de superar las inspecciones técnicas periódicas por razón de su NO utilización es requisito necesario obtener la baja temporal del vehículo en la Jefatura de Tráfico correspondiente.

Para transmitir la titularidad de un vehículo es preciso acreditar la vigencia de la inspección periódica respectiva; si el vehículo a transferir tuviera la ITV caducada, la Jefatura de Tráfico anota el cambio de titular, es decir, acepta la transmisión del vehículo pero NO expide el nuevo permiso de circulación hasta que el nuevo titular acredite la superación de la ITV pendiente.

13.3.3. Las ITV extraordinarias

Existen diversos tipos de inspección extraordinarias motivadas por hechos, circunstancias o supuestos determinados, como:

- Inspecciones previas a la matriculación de vehículos correspondientes a tipos no homologados.
- Inspecciones previas al cambio de servicio del vehículo. Al matricular un vehículo se le asigna un servicio al que se destina el vehículo: público, particular, alquiler sin conductor, autoescuelas…; si se produce un cambio de servicio al que se destinaba, es necesario proceder a la renovación del permiso de circulación.
- Inspecciones realizadas con ocasión de la ejecución de reformas de un vehículo. Cuando se realice una reforma en un vehículo, de acuerdo con lo que establece el Real Decreto 866/2010, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos, habrá que pasar una inspección técnica para verificar que la reforma realizada se ajusta a las prescripciones establecidas en la normativa.
- Inspecciones realizadas para la expedición de tarjetas ITV y certificados de características, en todos aquellos casos previstos en la reglamentación vigente.
- Inspecciones que sean requeridas al titular del vehículo por cualquiera de los organismos competentes sobre esta materia.
- Previas a la calificación de idoneidad de los autocares destinados al transporte escolar.
- Inspecciones a vehículos históricos.
- Inspecciones voluntarias solicitadas por los titulares de los vehículos.
- Inspección como consecuencia de accidente u otra causa, que el vehículo haya sufrido un daño importante que pueda afectar a algún elemento de los sistemas de dirección, suspensión, transmisión, frenado, bastidor o estructura autoportante, debe ser presentado a inspección técnica antes de su nueva puesta en circulación.

13.3.4. Resultado de las inspecciones

El resultado de la inspección técnica se hará constar en la tarjeta ITV o certificado de características. Este resultado puede ser de tres tipos:

- **Favorable.** En el caso de que la ITV sea favorable, la estación anotará el resultado en la tarjeta ITV, copia en papel de la tarjeta ITV emitida en soporte electrónico, o certificado de características, precisando la fecha de la inspección y la fecha límite de vigencia.
- **Desfavorable.** Si el resultado es desfavorable, la estación ITV concederá a su titular un plazo inferior a dos meses para subsanar los defectos observados. Si transcurre el plazo ofrecido y el vehículo no se presenta a inspección, la estación lo comunicará a la Jefatura de Tráfico proponiendo la baja del vehículo.
- **Negativa.** Si la estación aprecia que un vehículo tiene deficiencias o desgastes de tal gravedad que la utilización del mismo constituyese un peligro para la circulación, calificará la inspección como negativa. En este caso, el vehículo no podrá circular por sus propios medios ni siquiera para salir de la estación a su destino o a un taller.

© Ediciones Paraninfo

13.4. Tipos de reformas de importancia

Se consideran reformas de vehículos las modificaciones relativas a las funciones siguientes:

- Identificación.
- Unidad motriz.
- Transmisión.
- Ejes.
- Suspensión.
- Dirección.
- Frenos.
- Carrocería.
- Dispositivos de alumbrado y señalización.
- Uniones entre vehículos tractores y sus remolques o semirremolques.
- Modificaciones de los datos que aparecen en la tarjeta de ITV.

13.5. Procedimiento para realizar reformas de importancia

Las reformas de importancia podrán ser tramitadas por particulares, fabricantes de vehículos o talleres, bien sea antes o después de la matriculación y podrán realizarse por el fabricante del vehículo o por talleres legalmente autorizados.

En el caso de que una misma reforma vaya a ser efectuada de forma repetitiva en más de un vehículo del mismo tipo, el fabricante y sus concesiones, o los talleres de reparación de vehículos, podrán solicitar la realización de reformas de importancia generalizadas, siguiendo el procedimiento establecido. En este caso, cada uno de los vehículos reformados deberá pasar después individualmente la inspección correspondiente.

Si una modificación de un vehículo entraña simultáneamente varias de las reformas consideradas como de importancia, su tramitación exigirá el cumplimiento de los requisitos fijados para cada una de estas.

Todas las reformas de importancia deben realizarse según lo prescrito en el «Manual sobre reformas de vehículos de carretera».

El titular de un vehículo al que se haya efectuado una reforma está obligado a presentar el mismo a inspección técnica en el plazo máximo de quince días, aportando la documentación según se determina en el Manual de reformas de vehículos.

Para cada tipo de reforma de importancia, podrán requerirse todos o alguno de los siguientes requisitos:

- **Proyecto técnico** detallado de la reforma a efectuar, y certificación de obra en el que se indique que la misma se ha realizado según lo establecido en dicho proyecto, suscritos ambos por técnico titulado competente. En la certificación de obra se hará constar de forma expresa el taller y la fecha en la que se efectuó la misma.
- **Informe de conformidad** de la empresa fabricante del vehículo o, dictamen de un laboratorio de automóviles acreditado, en el que se indique que la reforma no disminuye las condiciones de seguridad del vehículo, según el modelo recogido en la normativa.
- **Certificado del taller** en que se efectuó la reforma según el modelo recogido en la normativa. En el caso de que la reforma que se pretende efectuar esté cubierta por una homologación, se acompañará a la documentación el certificado de homologación que ampare esta opción. En tal caso, no se tendrá que aportar el estudio técnico.

13.6. Manual sobre reformas de importancia de vehículos de carretera

Este manual establece los criterios, procedimientos y requisitos que se deben cumplir para la tramitación de las reformas de vehículos. Para este propósito se ha dividido en cuatro secciones:

I. Vehículos de las categorías M, N y O.
II. Vehículos de categorías L, *quads* y UTV.
III. Vehículos agrícolas.
IV. Vehículos de obras y/o servicios.

Cada una de estas secciones está dividida en las siguientes funciones o grupos:

1. Identificación.
2. Unidad motriz.
3. Transmisión.
4. Ejes.
5. Suspensión.
6. Dirección.
7. Frenos.
8. Carrocería.
9. Dispositivos de alumbrado y señalización.
10. Uniones entre vehículos tractores y sus remolques o semirremolques.
11. Modificaciones de los datos que aparecen en la tarjeta de ITV.

Cada una de estas funciones o grupos están divididos en códigos de reformas (en adelante CR) que identifican las modificaciones realizadas sobre un vehículo.

Para la restitución, el nivel de cumplimiento de los actos reglamentarios que le sean de aplicación serán los co-

© Ediciones Paraninfo

INFORME DE CONFORMIDAD

El/los abajo firmante(s) .....
expresamente autorizado/s por: .....

INFORMA

Que el vehículo, marca ....., tipo .....,
variante....., denominación comercial .....
contraseñas de homologación (*) ….....……., matrícula ….....…….....,
y número de bastidor....., es técnicamente
apto para ser sometido a la(s) reforma(s) consistente(s) en:

_____
_____
_____
_____
_____

Tipificada/s con el/los Código de Reforma/s …….....
.....

Especificaciones técnicas o reglamentarias:

— Contraseña de homologación o número de informe que avale el cumplimiento de la reglamentación aplicable afectada por las transformaciones realizadas en el vehículo.
— Reglamentación aplicable, contraseña de homologación o informe que avala su cumplimiento.
— El vehículo reformado cumple con los actos reglamentarios que son de aplicación a las reformas tipificadas en el anexo I y en el Manual de reformas de vehículos y es conforme con las condiciones exigibles de seguridad y de protección al medio ambiente.

Y para que así conste, a los efectos oportunos, firmo el presente en .....
.....…, a .....… de .....… de .....…

Firma y sello

Fdo.: _____

(*) Si el vehículo no dispone de contraseña se rellenará este campo con N.P. cve: BOE-A-2010-11154 Boletín Oficial del Estado.

© Ediciones Paraninfo

CERTIFICADO DEL TALLER

D....., expresamente autorizado por la Empresa ....., domiciliada en ..... provincia de ....., calle ....., n.º..... teléfono ....., dedicada a la actividad de ....., con n.º de Registro Industrial ..... y n.º de Registro Especial .....

CERTIFICA

Que la mencionada empresa ha realizado la/s Reforma/s consistente en: (1)

Que la mencionada empresa ha realizado la/s reforma/s, y asume la responsabilidad de la ejecución, sobre el vehículo marca ....., tipo ....., variante ....., denominación comercial ....., matrícula ..... y n.º de bastidor ....., de acuerdo con:

— La normativa vigente en materia de reformas de vehículos.
— Las normas del fabricante del vehículo aplicables a la/s reforma/s llevadas a cabo en dicho vehículo.
— El proyecto técnico de la/s reforma/s, adjunto al expediente.

OBSERVACIONES:

_____

_____

_____

_____

Se garantiza que los equipos o sistemas modificados cumplen lo previsto en el artículo 6 del Reglamento General de vehículos y, en su caso, en el artículo 9 del Real Decreto 1457/1986, de 10 de enero, por el que se regula la actividad industrial en talleres de vehículos automóviles, de equipos y sus componentes, modificado por 455/2010, de 16 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 1457/1986, de 10 de enero, por el que se regulan la actividad industrial y la prestación de servicios en los talleres de reparación de vehículos automóviles, de sus equipos y componentes.

_____ a _____ de _____ de _____

Firma y sello

Firmado.: _____

© Ediciones Paraninfo

rrespondientes en la fecha de la matriculación del vehículo. Además, se tramitará por el/los código/s de reforma/s que se vieran implicados en la instalación, salvo casos específicos, que se desarrollarán en los códigos de reformas correspondientes.

La variación de color de los vehículos no tendrá consideración de reforma. En el caso de vehículos de categoría M1, cuando se detecte en la inspección técnica periódica obligatoria, se diligenciará en la tarjeta ITV si el dato ya estaba reflejado en ella, y existe una variación.

No todos los códigos de reformas aparecerán en las cuatro secciones, puesto que no todas las reformas son viables en las distintas categorías de vehículos.

Cada función o grupo está compuesto por fichas pertenecientes a los grupos citados, que incluyen el análisis de las posibles transformaciones efectuadas en el vehículo mediante CR.

Cada ficha incluye los siguientes apartados:

1. **Grupo.** Identifica de forma general la parte o sistema del vehículo afectado por las posibles transformaciones, enumeradas mediante CR.
2. **Descripción.** Se describen las transformaciones que se realizan en el vehículo y que afectan al grupo indicado. Se identificarán según CR.
3. **Campo de aplicación.** Se indica por categoría de vehículos en la que puede o no realizarse la reforma (SÍ/NO).
4. **Actos reglamentarios (en lo sucesivo AR).** Incluye tabla resumen de los AR aplicables para cada CR, teniendo en cuenta su campo de aplicación y la categoría del vehículo al que se realiza la transformación.
   La lista de AR se aplicará según columna 3 o requisitos alternativos de la columna 4 del Anexo I del Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, teniendo en cuenta los siguientes criterios de aplicación:
   - El AR se aplica en su última actualización en vigor, a fecha de tramitación de la reforma.
   - El AR se aplica en la actualización en vigor en la fecha de la primera matriculación del vehículo, si la homologación del mismo exige el AR incluido en la tabla. En caso que el AR no fuera exigido para la homologación del vehículo en la fecha de su primera matriculación, se deberá aplicar al menos el AR en la primera versión incluida en el Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, como obligatoria (A).
   - **(-)** El AR no es aplicable.
   - **(X)** Indica que no se puede realizar la reforma para esta categoría de vehículo.

En el caso de que la reforma implique cambio de categoría, los AR no afectados por la/las reforma/s, se aplicarán en la actualización en vigor en la fecha de la primera matriculación del vehículo para la nueva categoría.

Para la correcta aplicación del AR se analizarán por el Servicio Técnico designado todos los puntos del mismo que se vean afectados por la reforma.

En el caso de que la transformación afecte al cumplimiento de varios CR, se aplicará siempre el nivel más restrictivo de los AR implicados en la misma.

Cuando la reforma no afecte al cumplimiento de alguno de los actos reglamentarios especificados en cada uno de los códigos de reformas descritos en el Manual, se especificará explícitamente en el correspondiente informe de conformidad que el acto reglamentario no se ve afectado por la misma, indicando el número de informe donde se justifica o el número de la homologación de tipo.

13.6.1. Documentación exigible

En este apartado se relaciona la documentación necesaria para la tramitación de la reforma, particularizando para cada una de ellas la información que debe contener.

Toda la documentación, que en cada caso se requiera, se podrá presentar en papel o formato electrónico validado, surtirá efectos de solicitud y será requisito previo al inicio de la tramitación de las reformas. Las fechas de la solicitud y de la documentación aportada deberán cumplir los plazos establecidos en la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y de Procedimiento Administrativo Común.

La no correspondencia de la documentación con la reforma efectuada dará lugar a la paralización del expediente hasta que la correspondencia quede acreditada. En tanto no se acredite dicho extremo no se podrá solicitar la legalización de la reforma en otra estación ITV salvo autorización expresa del organismo competente.

1. PROYECTO TÉCNICO

Deberá identificarse: técnico competente, vehículo (marca, tipo, variante, denominación comercial, número de identificación, matrícula) y las reformas realizadas.

En el caso de correspondencia del vehículo reformado con un tipo homologado, se podrá realizar la reforma sin proyecto técnico. Del mismo modo no será necesaria la presentación del proyecto técnico cuando se trate de una restitución/desinstalación de elementos si el vehículo resultante está amparado por una homologación de tipo.

El proyecto debe estar identificado de forma inequívoca en todo su contenido, con todas las páginas numeradas e indicando en todas ellas el número final de páginas, incluyendo los anexos.

El contenido mínimo del proyecto técnico, además de lo que se determine en cada una de las fichas de este Manual, deberá incluir:

© Ediciones Paraninfo

2. MEMORIA

2.1. Objeto

Incluyendo los datos que identifiquen al vehículo.

2.2. Antecedentes

Identificación de acuerdo con el RD 866/2010, de 2 de julio, de la reforma a realizar y, en su caso, motivos que originan dicha realización y normativa aplicable en relación con los AR que puedan verse afectados por la reforma.

2.3. Características del vehículo antes de la reforma*

Utilizando el formato de ficha reducida de características técnicas correspondiente al tipo de vehículo de que se trate contemplado en el RD 750/2010.

2.4. Características del vehículo después de la reforma*

Utilizando el formato de ficha reducida de características técnicas correspondiente al tipo de vehículo de que se trate contemplado en el RD 750/2010.

2.5. Descripción de la reforma

Describiendo el proceso de realización de la reforma según los siguientes apartados:

1.5.1. Desmontajes realizados.
1.5.2. Variaciones y sustituciones.
1.5.3. Materiales empleados.
1.5.4. Montajes realizados.

3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

En este apartado deberá justificarse el reparto de masas por eje con la reforma efectuada.

Como norma general, deberá justificarse el cálculo del sistema de fijación de cualquier elemento añadido y en el caso de sustituciones solo cuando no se utilicen los sistemas de fijación originales, análisis de esfuerzos sobre el bastidor (cortantes, flectores, etc.) y resistencia del mismo, en el caso de elementos fijados a él.

Cuando el elemento sustituido, añadido o modificado tenga una función específica sobre la seguridad activa o pasiva o el comportamiento sobre la protección al medio ambiente, deberá analizarse de manera integral el resultado de la misma en el vehículo reformado, y deberá comprobarse que se mantienen las condiciones exigibles de dicha función con el nuevo elemento.

4. PLIEGO DE CONDICIONES

Calidad de los materiales empleados, normas de ejecución y certificados y autorizaciones.

* Solo será necesario identificar el vehículo e indicar las características que cambian antes y después de la reforma.

5. PRESUPUESTO

6. PLANOS

Aquí se incluye:

- Esquema del vehículo y sus características fundamentales antes de la reforma.
- Esquema del vehículo y sus características fundamentales después de la reforma.
- Detalles constructivos.
- Cualquier equipo o sistema modificado, sustituido o incorporado, debe ser identificado indicando sus referencias (marca, modelo, número de homologación o marcaje), si estas existen, en el informe de conformidad, en el proyecto técnico y en el certificado del taller debiendo coincidir con la modificación, sustitución o incorporación que se haya realizado.

7. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN FINAL DE OBRA

Deberá identificarse: técnico competente, vehículo (marca, tipo, variante, denominación comercial, número de identificación, matrícula y una o varias fotografías del vehículo después de la reforma), reformas realizadas y taller/es donde se ha/n ejecutado la/s reforma/s. Las fotografías deben mostrar el aspecto general del vehículo y los detalles de la reforma realizada.

El certificado de dirección final de obra debe estar identificado de forma inequívoca en todas sus páginas, con las páginas numeradas e indicando en todas ellas el número final de páginas, incluyendo los anexos. Además, hará referencia a la identificación inequívoca del proyecto.

Se certificará que se han efectuado la/s reforma/s en el vehículo referenciado, de acuerdo a los actos reglamentarios aplicables a cada una/s de ella/s y según el informe de conformidad, el proyecto técnico y la documentación adicional correspondientes.

8. INFORME DE CONFORMIDAD

Si la transformación de un vehículo implica distintas reformas, el emisor del informe deberá identificarlas mediante los códigos de reformas asignados en este Manual.

Ejemplo:

Tipificada/s con el/los Código/s de Reforma/s: 8.1 y 8.4.

A los efectos de la firma del informe de conformidad para vehículos completados, se entenderá por fabricante tanto el del vehículo base como el/los fabricante/s del vehículo completado. El fabricante del vehículo base informará exclusivamente sobre las reformas que afecten a los AR de los que es titular, pudiendo usar información de actos reglamentarios, conjuntos funcionales o informes H de los que no sea titular.

Para vehículos completos, cuando el emisor del informe de conformidad sea el fabricante del vehículo de últi-

© Ediciones Paraninfo

ma fase, se basará en otro/s informe/s emitido/s por el/los fabricante/s de sucesiva/s fase/s o de un servicio técnico cuando las reformas afecten a AR de los que no es titular. Para la tramitación de las reformas, el usuario presentará ante los órganos de la Administración competente en materia de inspección técnica de vehículos el informe emitido por el/los fabricante/s de fase/s anterior/es que mantendrá el formato del informe de conformidad establecido en el Anexo II del Real Decreto 866/2010, de 2 de julio.

Para vehículos homologados CE de tipo, se podrá seguir realizando el carrozado inicial hasta las fechas de obligatoriedad indicadas en el Anexo XIX de la Directiva 2007/46/CE, siempre que el vehículo cumpla con todos los datos especificados en el certificado de carrozado o CoC del vehículo base.

Para vehículos homologados según Homologación Nacional de Tipo, también se podrá realizar el carrozado inicial hasta las fechas de obligatoriedad indicadas en el Anexo XIX de la Directiva 2007/46/CE. Si en el proceso de carrozado se sobrepasara alguno de los datos especificados en el certificado de carrozado, se realizarán las correspondientes reformas de acuerdo al Real Decreto 866/2010 y se justificarán todos los AR modificados del vehículo base y los derivados del carrozado inicial.

En el informe de conformidad, deberán describirse, en todos los casos, los equipos o sistemas modificados, sustituidos o incorporados indicando las características esenciales de cada uno para que permitan identificarlos durante la inspección y, en especial, lo indicado para cada CR.

Cualquier equipo o sistema modificado, sustituido o incorporado debe ser identificado indicando sus referencias (marca, modelo, número de homologación o marcaje), si estas existen, en el informe de conformidad, en el proyecto técnico y en el certificado del taller, debiendo coincidir con la modificación, sustitución o incorporación que se haya realizado.

Ejemplo:

Especificaciones técnicas afectadas: en la columna de la izquierda deben identificarse los AR base como aparecen detallados en las fichas del Manual según los códigos de reformas afectados. En la columna de la derecha debe indicarse la contraseña de homologación o número de informe que avale el cumplimiento de la reglamentación aplicable afectada por las transformaciones realizadas en el vehículo.

9. CERTIFICADO DE TALLER (según modelo del Anexo III del Real Decreto 866/2010)

Debe especificar, en el apartado de Observaciones, la identificación de los equipos o sistemas modificados, garantizando que se cumple lo previsto en el artículo 6 del Reglamento General de Vehículos y, en su caso, en el artículo 5 del Real Decreto 1457/1986, de 10 de enero, por el que se regula la actividad industrial en talleres de vehículos automóviles, de equipos y sus componentes, modificado por 455/2010, de 16 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 1457/1986, de 10 de enero, por el que se regulan la actividad industrial y la prestación de servicios en los talleres de reparación de vehículos automóviles, de sus equipos y componentes.

Cualquier equipo o sistema modificado, sustituido o incorporado debe ser identificado indicando sus referencias (marca, modelo, número de homologación o marcaje), si estas existen, en el informe de conformidad, en el proyecto técnico y en el certificado del taller, debiendo coincidir con la modificación, sustitución o incorporación que se haya realizado.

10. DOCUMENTACIÓN ADICIONAL

Indica la documentación necesaria para completar la información sobre la reforma realizada en el vehículo.

11. CONJUNTO FUNCIONAL

El firmante del informe de conformidad, según el Anexo II, verificará que la reglamentación objeto de evaluación del conjunto funcional se encuentra actualizada en la fecha de ejecución de la reforma. En caso contrario, no se autorizará la reforma mientras no se actualice la vigencia de dicho conjunto funcional.

Previa solicitud del fabricante del conjunto funcional, la autoridad de homologación, previo informe del servicio técnico que realizó los ensayos previos a la autorización inicial, podrá realizar una extensión del conjunto funcional que haya perdido su vigencia, actualizándolo.

En el caso de una reforma amparada por un conjunto funcional autorizado por la autoridad de homologación, no será necesaria la presentación del proyecto técnico y la certificación final de obra.

Los *kits* en los vehículos que hayan sido autorizados por la autoridad de homologación y cumplan con los AR marcados en la columna 3 del Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, seguirán siendo válidos. Se admitirán extensiones de los mismos, adaptándose al formato de conjunto funcional.

12. INSPECCIÓN ESPECÍFICA. PUNTOS A VERIFICAR

Se incluyen los puntos a verificar por la estación ITV y su correspondencia con las unidades del Manual de procedimientos de inspección de las estaciones ITV.

En todos los casos será obligatoria la identificación del vehículo según la Unidad 1 de dicho Manual. Además de la identificación del vehículo, deberán verificarse según los apartados del Manual de procedimientos indicados para cada CR, aquellos subapartados que hayan podido verse afectados por la reforma. Si el CR requiere alguna unidad que comporta la utilización de equipo de la línea de inspección, deberá realizarse la prueba correspondiente.

Será responsabilidad del titular presentar el vehículo a inspección en las condiciones que permitan el correcto tarado del mismo y, por tanto, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

© Ediciones Paraninfo

- El vehículo deberá encontrarse frenado, sin carga ni ocupantes.
- El depósito de combustible deberá estar lleno. En caso contrario, y cuando se pueda estimar fácilmente el volumen que realmente se halla en el depósito, y el volumen total del depósito, se estimará la cantidad de combustible que falta. La masa correspondiente se calculará utilizando las siguientes densidades: gasolina, 740 kg/m^3; gasoil, 850 kg/m^3.
- El vehículo deberá disponer de todos los elementos y accesorios necesarios para su funcionamiento, o que formen parte del vehículo. En el caso de autocaravanas, los depósitos de agua limpia deberán estar llenos. Se puede aplicar el mismo criterio de estimación de masa, aplicando una densidad de 1000 kg/m^3.
- El vehículo deberá estar provisto, en su caso, de rueda(s) de repuesto.
- Los vehículos industriales deberán estar provistos, en su caso, de caja de herramientas, extintores y cuñas.

13. NORMALIZACIÓN DE LA ANOTACIÓN DE LA REFORMA EN LA TARJETA ITV

Se incluye la anotación tipo para cumplimentar las tarjetas ITV tras la legalización de la reforma.

En general, cualquier variación de las características técnicas del vehículo, como resultado de la reforma (masas, dimensiones, tara, etc.) deberá indicarse en la tarjeta ITV. Estas indicaciones se adaptarán a los modelos que se especifican, de forma no exhaustiva, en cada uno de los CR.

14. INFORMACIÓN ADICIONAL

Aclaraciones o requisitos adicionales a cada CR.

13.7. Ejemplo de descripción de una reforma tipificada, su codificación y la documentación precisa para su tramitación

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS
I. Vehículos de categorías M, N y O
Grupo N.º 1. Identificación
(1.1)

1. IDENTIFICACIÓN

Código de reforma	Modificaciones que afecten a la identificación del vehículo (CR)
1.1	Sustitución total o parcial del bastidor o de la estructura autoportante, cuando la parte sustituida sea la que lleva grabado el número de identificación del vehículo.
1.2	Retroquelado por ausencia, deterioro, desaparición o modificación.
1.3	Cambio de emplazamiento de la placa de matrícula.

DESCRIPCIÓN: Modificaciones que afecten a la identificación del vehículo

1.1. Sustitución total o parcial del bastidor o de la estructura autoportante, cuando la parte sustituida sea la que lleva grabado el número de identificación del vehículo.

CAMPO DE APLICACIÓN

Categorías de vehículos									
M1	M2	M3	N1	N2	N3	O1	O2	O3	O4
SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SI

© Ediciones Paraninfo

ACTOS REGLAMENTARIOS (AR)											
Sistema afectado	Referencia	Aplicable a:									
		M1	M2	M3	N1	N2	N3	O1	O2	O3	O4
Placas e inscripciones reglamentarias	76/114/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Ver Apartado 4 del preámbulo.											
(2) El AR se aplica en la actualización en vigor en la fecha de la primera matriculación del vehículo, si la homologación del mismo exige el AR incluido en la tabla. En caso que el AR no fuera exigido para la homologación del vehículo en la fecha de su primera matriculación, se deberá aplicar al menos el AR en la primera versión incluida en el Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, como obligatoria (A).											

DOCUMENTACIÓN NECESARIA				
Proyecto técnico	Certificación final de obra	Informe de conformidad	Certificado del taller	Documentación adicional
NO	NO	NO*	SÍ	SÍ

Informe de conformidad

* Solo será necesario cuando se modifique la estructura o chasis.
Se consignará el nuevo número de identificación cuando la pieza está marcada en origen.

Certificado del taller

Cuando la nueva pieza tenga grabado en origen el número de identificación, se indicará esta numeración en el certificado del taller.

Documentación adicional

- **Certificación de fabricación o de procedencia del bastidor o estructura autoportante, la cual podrá incluirse en el informe de conformidad.**
  Se indicará expresamente que la pieza, o conjunto suministrado, es idéntica a la sustituida, identificándose ambas.
- **Acta de destrucción de la pieza sustituida.**
  Este documento, contendrá al menos los siguientes datos:
  — Nombre del responsable del taller que destruye la pieza.
  — Razón social del taller y número del registro integrado.
  — Marca, matrícula y número de identificación original del vehículo.
  — Nombre y organización a la que pertenece el técnico que levanta el acta de destrucción.

© Ediciones Paraninfo

ACTIVIDADES FINALES

Reformas de importancia en los vehículos

CUESTIONES

13.1. Anota los tipos existentes de reformas importantes.

13.2. Identifica las siguientes clasificaciones vehículos:

- Categoría M.
- Categoría M1.
- Categoría N.
- Categoría N2.
- Categoría O2.
- Categoría O3.

13.3. Define los siguientes conceptos:

- Bastidor.
- Estructura autoportante.
- Número de bastidor.
- Motor del mismo tipo.

13.4. ¿Qué significa la siguiente contraseña de homologación?

e9*93/81*0023*00.

13.5. ¿Qué es la tarjeta de ITV?

13.6. En una reforma de importancia, ¿qué documentos principales es necesario tramitar?

13.7. ¿Cuál es el Real Decreto que regula las reformas de los vehículos?

13.8. La tarjeta de inspección técnica de vehículos, ¿por qué Real Decreto está regulada?

13.9. El Manual de reformas de vehículos establece los criterios, procedimientos y requisitos que se deben cumplir para la tramitación de las reformas de vehículos. Para este propósito se ha dividido en cuatro secciones. ¿Cuáles son estas secciones?

13.10. ¿Qué significan las siglas CR?

13.11. ¿Qué significan las siglas AR?

13.12. Indica qué apartados deben aparecer en el pliego de condiciones.

13.13. ¿Cuáles son los tres resultados posibles que pueden figurar en una tarjeta ITV?

13.14. ¿Cuándo tienen que pasar la ITV las caravanas remolcadas de MMA > 750 kg?

13.15. ¿Cuándo tienen que pasar la ITV los vehículos dedicados al transporte de mercancías o cosas de MMA > 3,5 Tm?

13.16. ¿Cuándo se debe pasar la ITV de forma extraordinaria?

13.17. ¿Qué vehículos deben pasar la ITV previa a su matriculación?

13.18. ¿Cuáles son los CR sobre las modificaciones que afectan a la identificación del vehículo?

13.19. En un vehículo se quiere realizar la instalación o desinstalación de mamparas de separación entre asientos, ¿cuál sería su CR?

13.20. ¿Qué define el Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, en su artículo 3, punto 20?

ACTIVIDADES PROPUESTAS

13.1. Localiza la documentación necesaria para realizar la modificación de elementos en la zona de equipaje.

13.2. Localiza la documentación necesaria para realizar la modificación de un autobús para utilizarse como servicio médico.

13.3. Localiza la documentación necesaria para realizar el cambio de emplazamiento de la placa de matrícula en un vehículo.

13.4. Localiza el Manual de reformas de vehículos publicado en febrero de 2015 (revisión 2.ª, corrección 1.ª).

13.5. Localiza el Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.

13.6. Desarrolla una memoria completa para realizar una reforma que te gustaría hacer en un vehículo.

© Ediciones Paraninfo

Estructuras del vehículo

El presente texto desarrolla los contenidos del módulo profesional de Estructuras del Vehículo, del Ciclo Formativo de grado superior correspondiente al título de Técnico Superior en Automoción, de la familia profesional de Transporte y Mantenimiento de Vehículos, establecido por el Real Decreto 1796/2008, de 3 de noviembre. Para su elaboración también se han tenido en cuenta las cualificaciones y las Unidades de Competencia del Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales incluidas en dicho título.

La obra, estructurada en trece unidades, está organizada en diversos bloques de contenidos, que se detallan a continuación.

En un primer bloque se estudian los procedimientos habituales utilizados en la creación de un nuevo modelo, desde los cálculos preliminares de viabilidad del diseño hasta la producción en serie del vehículo. Además, se pone un énfasis especial en las diferentes fases del proceso de fabricación y en las nuevas técnicas empleadas en él.

En un segundo bloque se analizan de forma detallada las características constructivas de la carrocería, para lo que se estudian cuestiones como las pruebas de choque *(crash test),* los conceptos aerodinámicos o los diferentes tipos de carrocerías, según su construcción.

A continuación, en un tercer bloque, se examinan las principales características y propiedades de los materiales, tanto de los tradicionales como de los de última generación, para la construcción de carrocerías. También se incluye una descripción detallada de los ensayos y los tratamientos más frecuentes a los que son sometidos dichos materiales.

En un cuarto bloque se analizan los sistemas de seguridad, tanto activa como pasiva, cuyo objetivo es crear condiciones óptimas de conducción, contribuir a evitar los accidentes y reducir al máximo las consecuencias de un choque.

Finalmente, en el quinto y último bloque temático se repasan algunos conceptos relativos a los sistemas de fuerzas y los efectos de una colisión. Además, se describe el proceso de valoración de los daños provocados por esta, se detallan los pasos necesarios para la correcta reparación de la bancada, se explican las tensiones y las sobretensiones que se pueden dar en el transcurso de la reparación, se señalan las herramientas necesarias para diagnosticar y reparar los efectos de las colisiones en la estructura de un vehículo y se dedica una unidad completa a las reformas de importancia.

Asimismo, las explicaciones, desarrolladas con un lenguaje claro y asequible, se combinan con gran número de fotografías, esquemas y figuras que las ilustran y apoyan para una mejor comprensión del texto. De igual modo, al final de cada unidad se incluyen variadas actividades finales que, en forma de cuestiones y actividades propuestas, permiten al alumno repasar y afianzar sus conocimientos. Todo ello otorga a este manual un enorme valor didáctico.

Los autores, profesores de Enseñanza Secundaria, poseen una amplia experiencia en la docencia y la investigación y actualmente trabajan como profesores de Ciclos Formativos de la familia profesional de Transporte y Mantenimiento de Vehículos. Además, son autores de otras obras dirigidas a la formación en este ámbito publicadas por esta editorial.

ISBN: 978-84-283-3555-3

9 788428 335553

www.paraninfo.es

Paraninfo
ciclos formativos

AUTOMOCIÓN